



**ANALISIS SOLUSI NUMERIK MODEL GERAK PLANET
DENGAN METODE RUNGE-KUTTA**

SKRIPSI

Oleh

**Moh. Ba'its Sulthon
NIM 081810101058**

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



**ANALISIS SOLUSI NUMERIK MODEL GERAK PLANET
DENGAN METODE RUNGE-KUTTA**

SKRIPSI

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

Oleh

**Moh. Ba'its Sulthon
NIM 081810101058**

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Umi Uus Rozalina dan Abah H. Sulthon Aziz tercinta yang telah mendoakan dan memberi kasih sayang serta pengorbanan untuk putra tercintanya;
2. adik-adikku Elok Aini Sulthon dan Ilma Kamila Sulthon yang telah mendoakan untuk kesuksesanku;
3. guru-guru sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
4. almamater Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.

MOTTO

“ Ia (Ilmu) menjadi bendera yang menunjukkan kepada jalan menuju tujuan, Ia (Ilmu) menjadi benteng yang menyelamatkan dari segala kesesatan.” *)

“ Barang siapa mengharap putra (keturunan) nya menjadi orang alim, hendaklah ia memelihara, memuliakan dan mengharap ridho kepada para ahli ilmu (Guru) yang mengembara.” **)

*) Muhammad bin Hasan bin Abdillah

**) Syekh al-Imam Sadiduddin asy-Syairazi

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Moh. Ba'its Sulthon

NIM : 081810101058

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Analisis Solusi Numerik Model Gerak Planet dengan Metode Runge-Kutta” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun serta 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 manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 23 Januari 2013

Yang menyatakan,

Moh. Ba'its Sulthon

NIM 081810101058

SKRIPSI

**ANALISIS SOLUSI NUMERIK MODEL GERAK PLANET
DENGAN METODE RUNGE-KUTTA**

Oleh

Moh. Ba'its Sulthon
NIM 081810101058

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Kosala Dwidja Purnomo, S.Si, M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Solusi Numerik Model Gerak Planet dengan Metode Runge-Kutta” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Rusli Hidayat, M.Sc.
NIP 19661012 199303 1 001

Kosala Dwidja Purnomo, S.Si, M.Si
NIP 19690828 199802 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D.
NIP 19610108 198602 1 001

Kiswara Agung Santoso, M.Kom
NIP 19720907 199803 1 003

Mengesahkan
Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D.
NIP 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

Analisis Solusi Numerik Model Gerak Planet dengan Metode Runge-Kutta;
Moh. Ba'its Sulthon; 081810101058; 2013; 31 halaman; Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Jember

Seorang ilmuwan bernama Johannes Kepler menemukan hukum yang mengatur pergerakan bumi mengelilingi matahari, khususnya yang menyangkut perubahan jarak bumi ke matahari. Hukum-hukum Kepler tentang peredaran bumi mengelilingi matahari dapat dinyatakan sebagai berikut: pertama, bahwa lintasan setiap planet dalam sistem tata surya ketika mengelilingi matahari membentuk ellips. Kedua, bahwa vektor radius akan bergerak membentuk luasan yang sama untuk setiap waktu yang sama. Dan ketiga, bahwa waktu mengorbit satu perioda putaran mengelilingi matahari memiliki relasi terhadap sumbu semimayor dari masing-masing planet yang besarnya konstan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelesaikan model gerak planet secara numerik dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat. Selain itu, tujuan akhir adalah mengetahui profil gerak planet melalui solusi numerik yang diperoleh.

Untuk mendapatkan solusi numerik dan mengetahui profil gerak planet, dilakukan beberapa langkah, yaitu menyelesaikan secara numerik model gerak planet dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat. Setelah itu membuat program dari solusi numerik yang telah didapatkan. Langkah berikutnya adalah mensimulasi program tersebut dengan memvariasikan nilai parameter stabilitas lintasan dan parameter jarak planet ke matahari. Dan langkah terakhir adalah menganalisis hasil simulasi program tersebut diatas.

Hasil yang akan dianalisis adalah hasil estimasi kecepatan gerak planet dalam arah x dan y terhadap waktu. Analisis yang dilakukan adalah dengan melihat pengaruh parameter stabilitas lintasan dan parameter jarak planet ke matahari melalui grafik yang dihasilkan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa parameter stabilitas

lintasan dan parameter jarak planet ke matahari berpengaruh pada grafik lintasan planet dan grafik kecepatan planet dalam arah x dan y terhadap waktu. Untuk grafik lintasan planet, pengaruh parameter jarak planet ke matahari terasa pada nilai *Aphelion*, sumbu minor dan mayor yang dihasilkan. Dengan artian semakin dekat jarak antara planet dengan matahari semakin dekat pula orbit/lintasan planet dalam mengelilingi matahari. Hal ini berlaku untuk sebaliknya. Sedangkan untuk grafik kecepatan planet dalam arah x dan y terhadap waktu, ketika nilai stabilitas lintasan = 2, maka planet mengorbit tetap pada lintasannya dalam keadaan paling stabil dibandingkan dengan ketika nilai stabilitas lintasan = 1; 1,5; 3 maupun ketika nilai stabilitas lintasan = 4. Hal ini dilihat dari output yang dihasilkan sesuai dengan hukum Newton tentang gravitasi. Dengan demikian, penelitian ini sejalan dengan hukum Newton tentang gravitasi.

PRAKATA

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Solusi Numerik Model Gerak Planet dengan Metode Runge-Kutta”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Matematika Fakultas MIPA Universitas Jember.

Dalam penyelesaian karya tulis ilmiah ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dan dorongan baik secara langsung maupun tak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. Rusli Hidayat, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Kosala Dwidja Purnomo, S.Si, M.Si, selaku Dosen Pembimbing anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini;
2. Bapak Prof. Drs. Kusno, DEA, Ph.D dan Bapak Kiswara Agung Santoso, M.Kom., selaku Dosen Penguji yang telah memberi kritik dan saran dalam penyusunan skripsi ini;
3. Alm. Prof. DR. KH. Sahilun A Natsir, M.PdI dan Bu Nyai Hj. Lilik Istiqomah, SH, MH., selaku pengasuh Pondok Pesantren Al-Jauhar yang telah membimbing penulis dalam menjalani kehidupan serta memaknainya. Ridho beliau selalu penulis harapkan;
4. mahasiswa angkatan 2008 (Arif R, Laily, Rafiantika, Mifta, Ria, Vianda, rido dll) yang telah memberikan dukungan positif selama penyusunan tugas akhir ini;
5. HIMATIKA “Geokompstat” dan UKMS TITIK bersama kalian penulis berproses di kampus tercinta ini;
6. santri pondok pesantren Al-Jauhar (Al-Jauhar Music Orchestra dan Kamar 6) kalian adalah saudaraku;
7. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 23 Januari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Persamaan Diferensial Biasa	4
2.2 Hukum 1 Kepler	5
2.3 Hukum 2 Kepler	7
2.4 Hukum 3 Kepler	8
2.5 Model Gerak Planet	10
2.6 Metode Runge-Kutta Orde Empat	11

BAB 3. METODE PENELITIAN.....	13
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1 Penyelesaian Numerik	16
4.2 Simulasi dan Analisis Program	17
4.3 Hasil Simulasi Program.....	28
BAB 5. PENUTUP.....	30
5.1 Kesimpulan	30
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN.....	33

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Data planet yang berada pada cincin dalam galaksi bimasakti	18
4.2 Hasil simulasi program profil gerak planet	28
4.3 Hasil simulasi program fungsi kecepatan planet.....	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Posisi matahari dan planet dalam lintasan ellips.....	6
2.2 Luas daerah yang disapu oleh garis matahari dan planet.....	7
3.1 Langkah-langkah Penelitian.....	13
4.1 Grafik lintasan planet Merkurius	19
4.2 Grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah x terhadap waktu dengan variasi β	20
4.3 Grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah y terhadap waktu dengan variasi β	21
4.4 Grafik lintasan planet Venus.....	22
4.5 Grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah x terhadap waktu dengan variasi β	23
4.6 Grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah y terhadap waktu dengan variasi β	24
4.7 Grafik lintasan planet Bumi	25
4.8 Grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah x terhadap waktu dengan variasi β	26
4.9 Grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah y terhadap waktu dengan variasi β	27

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Planet Merkurius	33
A.1 Grafik lintasan planet Merkurius	33
A.2 Grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah x terhadap waktu dengan variasi β	34
A.3 Grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah y terhadap waktu dengan variasi β	34
B. Planet Venus	35
B.1 Grafik lintasan planet Venus	35
B.2 Grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah x terhadap waktu dengan variasi β	35
B.3 Grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah y terhadap waktu dengan variasi β	36
C. Planet Bumi	37
C.1 Grafik lintasan planet Bumi	37
C.2 Grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah x terhadap waktu dengan variasi β	37
C.3 Grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah y terhadap waktu dengan variasi β	38
D. Skrip Program	39

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seorang ilmuwan bernama Johannes Kepler menemukan hukum yang mengatur pergerakan bumi mengelilingi matahari, khususnya yang menyangkut perubahan jarak bumi ke matahari. Hukum-hukum Kepler tentang peredaran bumi mengelilingi matahari dapat dinyatakan sebagai berikut: pertama, bahwa lintasan setiap planet dalam sistem tata surya ketika mengelilingi matahari membentuk ellips. Kedua, bahwa vektor radius akan bergerak membentuk luasan yang sama untuk setiap waktu yang sama. Dan ketiga, bahwa waktu mengorbit satu perioda putaran mengelilingi matahari memiliki relasi terhadap sumbu semimayor dari masing-masing planet yang besarnya konstan (Hidayat, 2006).

Pada era modern, hukum Kepler digunakan untuk mengaproksimasi orbit satelit dan benda-benda yang mengorbit matahari, yang semuanya belum ditemukan pada saat Kepler hidup (planet luar dan asteroid). Hukum ini kemudian diaplikasikan untuk semua benda kecil yang mengorbit benda lain yang jauh lebih besar, walaupun beberapa aspek seperti gesekan atmosfer (gerakan di orbit rendah), atau relativitas dan keberadaan benda lainnya dapat membuat hasil hitungan tidak akurat dalam berbagai keperluan.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk topik planet mengelilingi matahari. Hidayati (2010) meneliti pola lintasan gerak planet yang mengelilingi matahari. Penelitian tersebut lebih ditekankan pada membuat (simulasi) pola lintasan gerak planet yang mengelilingi matahari dan dilakukan dengan menggunakan program simulasi dengan variasi nilai masukan banyaknya lintasan dan variasi jari-jari tengah antar lintasan. Supardi (Tanpa Tahun) membuktikan bahwa hukum 2 Kepler pada lintasan setiap planet yang mengelilingi matahari berbentuk ellips. Dan penelitian

yang berkaitan dengan metode Runge-Kutta orde empat juga telah banyak dilakukan, diantaranya seorang peneliti yang bernama Rafiantika. Rafiantika (2012) membandingkan keakuratan antara metode Runge-Kutta orde empat dengan metode Prediktor-Korektor orde tiga. Adapun hasil dari penelitian tersebut adalah nilai kesalahan yang dihasilkan skema metode Runge-Kutta orde empat lebih kecil dibandingkan dengan skema Prediktor-Korektor orde tiga. Sehingga, metode Runge-Kutta lebih akurat dibandingkan dengan metode Prediktor-Korektor.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, penulis tertarik untuk menganalisis solusi numerik gerak planet dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa masalah, antara lain:

1. bagaimana penyelesaian model gerak planet secara numerik dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat?
2. bagaimana profil gerak planet melalui solusi numerik yang diperoleh?

Simulasi yang akan dilakukan pada skripsi ini menggunakan *software* Matlab R2009a.

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan penulisan skripsi ini adalah:

1. mendapatkan penyelesaian model gerak planet secara numerik dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde empat.
2. mengetahui profil gerak planet melalui solusi numerik yang diperoleh.

1.4. Manfaat

Adapun Manfaat yang diharapkan dari penulisan skripsi ini adalah mendapatkan solusi numerik dari model gerak planet dan mengetahui profil dari model gerak planet melalui analisis solusi numeriknya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini dibahas mengenai dasar-dasar teori yang digunakan untuk menganalisis solusi numerik model gerak planet dengan metode Runge-Kutta orde empat. Dasar-dasar teori tersebut antara lain: persamaan diferensial biasa, hukum 1 kepler, hukum 2 kepler, hukum 3 kepler, model gerak planet dan metode Runge-Kutta orde empat.

2.1 Persamaan Diferensial Biasa

Persamaan diferensial adalah persamaan yang didalamnya terdapat turunan-turunan. Persamaan diferensial terbagi menjadi dua, yakni persamaan diferensial biasa (PDB) dan persamaan diferensial parsial (PDP). Perbedaan keduanya adalah apabila suatu persamaan diferensial memuat satu variabel bebas, maka persamaan diferensial tersebut dinamakan persamaan diferensial biasa (PDB). Namun, apabila suatu persamaan diferensial memuat dua atau lebih variabel bebas, maka persamaan diferensial tersebut dinamakan persamaan diferensial parsial (PDP) (Hidayat, 1997).

Orde suatu persamaan diferensial adalah derajat atau pangkat tertinggi dari turunan yang muncul dalam persamaan tersebut. Secara umum orde ke- n suatu persamaan diferensial biasa dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F(y, y', y'', y''', \dots, y^n) = f(t).$$

Notasi diatas menyatakan hubungan variabel bebas t dan nilai-nilai dari fungsi $y, y', y'', y''', \dots, y^n$. Jika $f(t) = 0$ maka persamaan tersebut dinamakan persamaan biasa homogen. Namun, jika $f(t) \neq 0$ maka persamaan tersebut dinamakan persamaan biasa nonhomogen (Hidayat, 1997).

Selain itu, dalam persamaan diferensial terdapat istilah linier dan nonlinier. Suatu persamaan diferensial dikatakan linier jika variabel terikat dan turunan-

turunannya dapat dinyatakan sebagai kombinasi linier dengan koefisien yang bebas dari variabel terikat. Secara umum persamaan diferensial biasa linier orde- n diberikan dengan,

$$a_0(t)y^n + a_1(t)y^{n-1} + \dots + a_n(t)y = f(t).$$

Persamaan yang tidak dalam bentuk persamaan diatas merupakan persamaan diferensial biasa tak linier (Waluyo, 2006).

Secara umum solusi persamaan diferensial biasa dapat dituliskan seperti persamaan berikut :

$$F(t, y, c) = 0$$

dengan c merupakan suatu konstanta (Hidayat, 1997).

Suatu persamaan diferensial adalah suatu sistem yang memuat n buah persamaan diferensial, dengan n buah fungsi yang tidak diketahui, dimana $n \geq 2$. Bentuk umum dari sistem n persamaan orde pertama mempunyai bentuk sebagai berikut :

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= g_1(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \frac{dx_2}{dt} &= g_2(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \\ &\vdots \\ \frac{dx_n}{dt} &= g_n(t, x_1, x_2, \dots, x_n) \end{aligned} \right\}$$

dengan $\frac{dx_n}{dt}$ merupakan turunan fungsi x_n terhadap t , g_n adalah fungsi yang bergantung pada variabel x_1, x_2, \dots, x_n dan t .

2.2 Hukum 1 Kepler

Hukum 1 Kepler (*The Conic Section Law*) berbunyi “Lintasan planet ketika mengelilingi matahari berbentuk potongan kerucut (*ellips/conic section*), dimana matahari terletak pada salah satu fokusnya”. Eksentrisitas adalah kelonjongan atau kepipihan lintasan ellips yang dimiliki oleh setiap planet pada saat berputar mengelilingi matahari. semakin besar eksentrisitas yang dimiliki oleh suatu planet,

maka lintasan (orbit)nya menjadi semakin pipih. Adapun eksentrisitas dari kerucut adalah

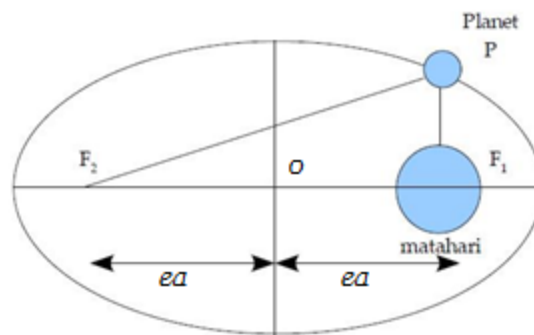
$$e = \frac{r_0 v_0^2}{G.M} - 1.$$

Dan persamaan polarnya adalah

$$r = \frac{(1 + e)r_0}{1 + e \cos \theta}$$

(Hidayat, 2005).

Hukum 1 Kepler dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini,



Gambar 2.1 posisi matahari dan planet dalam lintasan ellips

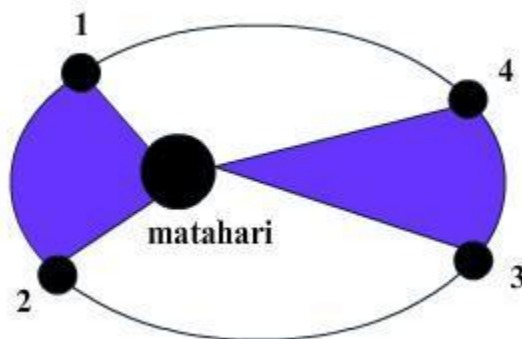
Gambar 2.1 menjelaskan lintasan planet yang berupa ellips, orbit ellips yang dijelaskan pada hukum 1 Kepler adalah sumbu panjang pada orbit ellips disebut sumbu mayor (utama), sedangkan sumbu pendek dikenal dengan sumbu semi utama (semimayor).

Gambar 2.1 juga menjelaskan posisi matahari dan planet dalam lintasan ellips, dimana F_1 dan F_2 adalah titik fokus. Ketika matahari berada pada posisi F_1 dan planet berada pada P tidak ada benda langit lainnya yang berada pada F_2 . Jarak pusat ellips O dan titik fokus (F_1 dan F_2) adalah ea (sumbu mayor), dimana e merupakan angka tak berdimensi yang besarnya berkisar antara 0 dan 1 disebut eksentrisitas. Jika $e = 0$, maka ellips berubah menjadi lingkaran. Kenyataannya, orbit planet berupa

ellips alias mendekati lingkaran. Dengan demikian besar eksentrisitas tidak pernah sama dengan nol. Nilai e untuk orbit planet bumi adalah 0.017. Pada persamaan hukum gravitasi Newton, di formulasikan bahwa gaya tarik gravitasi berbanding terbalik dengan kuadrat jarak ($\frac{1}{r^2}$), dimana hal ini hanya dapat terjadi pada orbit yang berbentuk ellips atau lingkaran saja (Supardi, tanpa tahun).

2.3 Hukum 2 Kepler

Hukum 2 Kepler (*The Equal Area Law*) mengatakan “setiap periode waktu sama luas daerah yang disapu oleh garis antara matahari dengan planet adalah sama” (Hidayat, 2005). Hal ini tergambar pada gambar 2.2 dibawah ini,



Gambar 2.2. Luas daerah yang disapu oleh garis antara matahari dengan planet

Pada selang waktu yang sangat kecil, garis yang menghubungkan matahari dengan planet melewati sudut $d\theta$. Garis tersebut melewati daerah yang diarsir yang berjarak r , dan luas $dA = \frac{1}{2}r^2d\theta$. Laju planet ketika melewati daerah itu adalah $\frac{dA}{dt}$ disebut dengan kecepatan sektor (bulan vektor).

Hal yang paling utama dalam hukum 2 Kepler adalah kecepatan sektor mempunyai harga yang sama pada semua titik sepanjang orbit yang berbentuk ellips. Ketika planet berada di perihelion (planet dititik terdekat dengan matahari) nilai r kecil, sedangkan $\frac{d\theta}{dt}$ bernilai besar. Ketika planet berada di aphelion (planet dititik terjauh dengan matahari) nilai r besar, sedangkan $\frac{d\theta}{dt}$ kecil (Supardi, tanpa tahun).

2.4 Hukum 3 Kepler

Hukum 3 Kepler (*The Time Distance Law*) mengatakan bahwa “Kuadrat waktu yang diperlukan oleh planet untuk menyelesaikan satu kali orbit sebanding dengan pangkat tiga jarak rata-rata planet-planet tersebut dari matahari” (Hidayat, 2005).

Apabila T_1 dan T_2 menyatakan periode dua planet dan r_1 dan r_2 menyatakan jarak rata-rata dari matahari, maka

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2 = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^3. \quad (2.1)$$

Persamaan (2.1) dituliskan kembali, sehingga menjadi

$$\frac{r_1^3}{T_1^2} = \frac{r_2^3}{T_2^2}.$$

Hal ini menunjukkan bahwa $\frac{r^3}{T^2}$ harus sama untuk setiap planet.

Newton menunjukkan bahwa hukum 3 Kepler juga dapat di turunkan secara otomatis dari hukum gravitasi universal, hukum newton tentang gerak dan gerak melingkar. Dengan menggunakan pendekatan newton (ditinjau dari orbit lingkaran yang merupakan kasus khusus dari orbit ellips).

Jika ditulis kembali persamaan hukum II Newton,

$$\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}. \quad (2.2)$$

Pada ruas kiri terdapat $\sum \mathbf{F}$ yang dimaksudkan untuk menekankan bahwa percepatan (\mathbf{a}) ditentukan oleh resultan semua gaya luar yang bekerja pada benda tersebut. Pada kasus gerak melingkar beraturan, hanya terdapat percepatan sentripetal yang besarnya sama dengan kuadrat laju dibagi oleh jari-jari. Arahnya menuju kedalam disepanjang jari-jari yang mengarah kepusat, dengan

$$a_{orbit} = \frac{v^2}{r}. \quad (2.3)$$

Dan hukum Newton tentang Gravitasi dapat diungkapkan setiap partikel materi di jagad raya melakukan tarikan terhadap setiap partikel lainnya dengan suatu gaya yang berbanding langsung dengan hasil kali massa partikel-partikel itu dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak yang memisahkannya. Jika ditulis dengan persamaan maka,

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}. \quad (2.4)$$

Dengan cara mensubstitusi persamaan (2.3) dan (2.4) ke persamaan (2.2) maka diperoleh

$$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 \frac{v_1^2}{r_1}. \quad (2.5)$$

Dengan G adalah konstanta gravitasi universal, m_1 adalah massa planet, m_2 adalah massa matahari, r_1 adalah jarak rata-rata planet dari matahari dan v_1 adalah laju planet pada orbitnya.

Waktu yang diperlukan sebuah planet untuk menyelesaikan satu orbit adalah T_1 dimana jarak tempuhnya sama dengan keliling lingkaran $2\pi r$. dengan demikian besar v_1 adalah

$$v_1 = \frac{2\pi r_1}{T_1}. \quad (2.6)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (2.6) ke persamaan (2.5) maka diperoleh,

$$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 \frac{\left(\frac{2\pi r_1}{T_1}\right)^2}{r_1}$$

$$G \frac{m_1 m_2}{r^2} = m_1 \frac{4\pi^2 r_1}{T_1^2}$$

$$\frac{T_1^2}{r_1^3} = \frac{4\pi^2}{G m_2}.$$

(Supardi, tanpa tahun).

2.5 Model Gerak Planet

Menurut Supardi (tanpa tahun), hukum Newton tentang gravitasi dinyatakan bahwa gaya yang ditimbulkan oleh dua benda didefinisikan sebagaimana persamaan (2.8). Diasumsikan bahwa massa matahari (m_1) sangat besar dibandingkan dengan massa bumi (m_2) sehingga gerakannya diabaikan. Untuk menghitung posisi bumi sebagai fungsi waktu, melalui hukum kedua Newton tentang gerak diperoleh bahwa

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{F_{G,x}}{m_1}$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{F_{G,y}}{m_1}.$$

Dimana $F_{G,x}$ adalah gaya gravitasi pada komponen x , $F_{G,y}$ adalah gaya gravitasi pada komponen y dan β adalah stabilitas lintasan. Selanjutnya $F_{G,x}$ dan $F_{G,y}$ dapat dinyatakan kembali sebagai

$$F_{G,x} = -\frac{Gm_1m_2}{r^\beta} \cos \theta = -\frac{Gm_1m_2x}{r^\beta}$$

$$F_{G,y} = -\frac{Gm_1m_2}{r^\beta} \sin \theta = -\frac{Gm_1m_2y}{r^\beta}. \quad (2.7)$$

Dari persamaan (2.7) diatas kita peroleh persamaan differensial orde satu sebagai berikut :

$$\frac{dv_x}{dt} = -\frac{GMx}{r^\beta}$$

$$\frac{dx}{dt} = v_x$$

$$\frac{dv_y}{dt} = -\frac{GM y}{r^\beta} \quad (2.8)$$

$$\frac{dy}{dt} = v_y$$

Selanjutnya persamaan (2.8) diatas akan dicari solusi numeriknya dengan metode Runge-Kutta orde empat.

2.6 Metode Runge-Kutta Orde Empat

Metode numerik adalah teknik yang digunakan untuk memformulasikan persoalan matematik sehingga dapat diselesaikan dengan operasi hitungan atau aritmatik biasa. Metode numerik digunakan apabila persoalan matematik tidak bisa diselesaikan dengan cara analitik. Perbedaan antara metode analitik dengan metode numerik salah satunya adalah pada metode analitik hanya bisa menyelesaikan permasalahan yang sederhana dan menghasilkan solusi yang sebenarnya, sedangkan metode numerik dapat menyelesaikan permasalahan yang cukup rumit serta nonlinier tetapi solusi yang dihasilkan merupakan solusi hampiran (aproksimasi). Oleh karena itu, hasil dari solusi numerik dan analitik mempunyai rentang atau selisih dimana selisih tersebut sering disebut dengan kesalahan (*error*).

Metode Runge-Kutta merupakan metode satu langkah yang memberikan ketelitian hasil yang lebih besar dan tidak memerlukan turunan dari fungsi. Bentuk umum dari metode Runge-Kutta yang sering digunakan untuk menyelesaikan persoalan persamaan diferensial adalah

$$r_{i+1} = r_i + \phi(t_i, r_i, \Delta t)\Delta t$$

dengan $\phi(t_i, r_i, \Delta t)$ adalah fungsi inkremen/pertambahan yang merupakan kemiringan rerata pada interval Δt . Fungsi inkremen/pertambahan dapat dituliskan secara umum:

$$\phi = a_1 k_1 + a_2 k_2 + a_3 k_3 + \dots + a_n k_n$$

Metode Runge-Kutta yang sering digunakan adalah Runge-Kutta orde 4. Karena metode ini memberikan ketelitian yang lebih akurat dibandingkan dengan metode Runge-Kutta yang berorde dibawahnya. Metode ini mempunyai bentuk sebagai berikut:

$$r(t_{i+1}) = r(t_i) + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)\Delta t \quad (2.9)$$

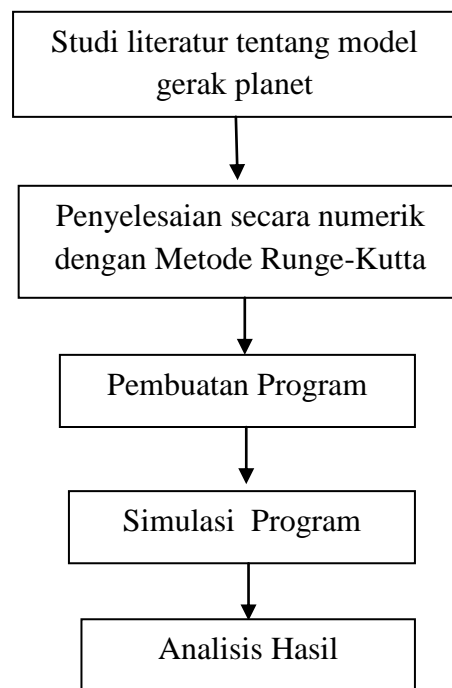
dengan

$$\begin{aligned}k_1 &= f(t_i, r(t_i)) \\k_2 &= f\left(t_i + \frac{1}{2}\Delta t, r(t_i) + \frac{1}{2}k_1\Delta t\right) \\k_3 &= f\left(t_i + \frac{1}{2}\Delta t, r(t_i) + \frac{1}{2}k_2\Delta t\right) \\k_4 &= f(t_i + \Delta t, r(t_i) + k_3\Delta t)\end{aligned}$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa nilai k mempunyai hubungan berurutan. Nilai k_1 muncul dalam persamaan k_2 , yang keduanya juga muncul dalam persamaan k_3 dan seterusnya. Hubungan berurutan inilah yang membuat metode Runge-Kutta menjadi efisien (Triatmodjo, 2002).

BAB 3. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah untuk menyelesaikan permasalahan skripsi ini adalah studi literatur terlebih dahulu mengenai model gerak planet. Kemudian, menyelesaikan secara numerik model gerak planet tersebut dengan Metode Runge-Kutta orde empat. Setelah mendapatkan solusi numerik, langkah selanjutnya yaitu membuat program dari solusi numerik yang telah didapatkan. Selanjutnya, mensimulasi program tersebut dengan memvariasikan nilai parameter. Dan langkah terakhir adalah menganalisis hasil simulasi. Secara sistematis, langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Langkah-langkah penelitian

Dari skema pada Gambar 3.1, langkah-langkah penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

a. Studi literatur tentang model gerak planet.

Model gerak planet yang digunakan dalam skripsi ini berupa persamaan fungsi kecepatan planet dalam mengitari matahari yang merupakan hasil penelitian Supardi (Tanpa Tahun) dalam skripsinya. Dilihat dari variabel terikatnya, persamaan (2.8) termasuk persamaan diferensial biasa linier orde satu. Sehingga persamaan tersebut dapat diselesaikan secara numerik dengan Metode Runge-Kuta orde empat.

b. Penyelesaian secara numerik dengan Metode Runge-Kutta orde empat

Persamaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah persamaan (2.8). Pada proses ini, persamaan (2.8) dicari solusi numeriknya menggunakan metode runge-kutta orde empat serta mendefinisikan variabel k_1, k_2, k_3 dan k_4 dengan cara sesuai skema umum (2.9).

c. Pembuatan Program

Seperti yang telah dijelaskan pada subbab 1.2 bahwa *Software* yang akan digunakan dalam pembuatan program adalah *Software* Matlab R2009a. Adapun prosedur untuk membuat program analisis model gerak planet adalah sebagai berikut:

1) Penentuan nilai parameter

Penentuan parameter ini diambil dari beberapa literatur yang berkaitan dengan pergerakan planet dalam mengelilingi matahari. Nilai-nilai parameter tersebut diantaranya posisi awal $(x), (y)$, konstanta gravitasi universal (G) , massa planet (m) , jarak planet ke matahari (r) , nilai eksentrisitas (e) dan stabilitas lintasan planet (β) .

2) proses

Proses yang dimaksud disini adalah membuat program untuk metode Runge-Kutta orde empat.

3) Output

Output yang akan dihasilkan dari program ini berupa grafik profil gerak planet dan grafik fungsi kecepatan arah x dan y terhadap waktu .

d. Simulasi Program

Setelah pembuatan program selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi dengan cara memvariasikan parameter-parameter yang mempengaruhi gerak planet. Dalam simulasi ini ada beberapa parameter yang akan divariasikan yaitu posisi awal $(x), (y)$, konstanta gravitasi universal (G) , massa planet (m) , jarak planet ke matahari (r) , nilai eksentrisitas (e) dan stabilitas lintasan planet (β) . Selanjutnya dari hasil simulasi tersebut akan divisualisasikan pada dimensi dua.

e. Analisis hasil

Pada langkah ini, akan dilakukan analisis hasil yang diperoleh dari simulasi program. Analisis dilakukan dengan memperhatikan pengaruh parameter terhadap grafik yang dihasilkan oleh program yang telah dihasilkan pada langkah sebelumnya. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui profil gerak planet.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang dijelaskan pada bab 3 subbab a, persamaan yang dicari solusi numeriknya dengan metode Runge-Kutta adalah persamaan (2.8). Setelah diidentifikasi persamaan (2.8) merupakan persamaan diferensial biasa orde satu, hal ini dilihat dari variabel terikatnya (v) yang bergantung pada satu variabel bebasnya (t). Sehingga penyelesaian numerik dari persamaan (2.8) menggunakan skema umum (2.9). Setelah didapatkan solusi numerik, dilakukan pembuatan program. Kemudian dilanjutkan dengan simulasi serta analisis hasil dari program yang dijalankan.

4.1 Penyelesaian Numerik

Dari persamaan (2.8) yang diselesaikan dengan metode Runge-Kutta orde empat (2.9), maka didapat formula :

untuk arah x ,

$$v_{x_{i+1}} = v_{x_i} + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)\Delta t \quad (4.1)$$

$$x_{i+1} = x_i + v_{x_{i+1}}\Delta t$$

dengan,

$$k_1 = -\frac{GMx}{r^\beta}$$

$$k_2 = \left(-\frac{GMx}{r^\beta} - 0,5 k_1\Delta t\right)$$

$$k_3 = \left(-\frac{GMx}{r^\beta} - 0,5 k_2\Delta t\right)$$

$$k_4 = \left(-\frac{GMx}{r^\beta} + k_3\Delta t\right).$$

Sedangkan untuk arah y ,

$$v_{y_{i+1}} = v_{y_i} + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)\Delta t \quad (4.2)$$

$$y_{i+1} = y_i - v_{y_{i+1}}\Delta t$$

dengan,

$$k_1 = -\frac{GM_y}{r^\beta}$$

$$k_2 = \left(-\frac{GM_y}{r^\beta} - 0,5 k_1\Delta t\right)$$

$$k_3 = \left(-\frac{GM_y}{r^\beta} - 0,5 k_2\Delta t\right)$$

$$k_4 = \left(-\frac{GM_y}{r^\beta} + k_3\Delta t\right).$$

Dari persamaan (4.1) dan (4.2) selanjutnya dilakukan simulasi profil gerak planet berikut.

4.2 Simulasi dan Analisis Program

Program yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari persamaan (4.1) dan (4.2) yang akan menghasilkan 2 grafik, diantaranya grafik profil gerak planet dan grafik fungsi kecepatan arah x dan y . Tatacara penggunaan program profil gerak planet adalah diinputkan parameter jarak planet ke matahari (r) dan nilai eksentrisitas (e) yang mengeluarkan hasil program berupa nilai *perihelion*, *aphelion*, sumbu minor dan sumbu mayor. Nilai-nilai tersebut divisualisasikan dalam bentuk lintasan gerak planet dengan titik di tengah dimaknai sebagai matahari.

Untuk tatacara penggunaan program grafik fungsi kecepatan arah x dan y adalah diinputkan parameter posisi awal (x), (y), konstanta gravitasi universal (G), massa planet (m), jarak planet ke matahari (r), stabilitas lintasan (β) dan kecepatan planet arah (x), (y). Program ini mengeluarkan hasil program berupa nilai kecepatan planet arah (x), (y). Nilai-nilai tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik osilasi fungsi kecepatan arah x dan y .

Dalam simulasi ini data yang penulis gunakan adalah data yang diharapkan dapat menjawab permasalahan dalam skripsi ini yakni untuk mengetahui profil gerak planet. Adapun data planet yang dimaksud adalah data yang berada cincin dalam galaksi bimasakti pada tatasurya yakni Merkurius, Venus dan Bumi. Pemilihan data planet ini didasarkan karena pada penelitian ini lebih memperhatikan seberapa besar pengaruh parameter stabilitas lintasan planet (β), sehingga data ini sudah menjawab permasalahan pada skripsi ini.

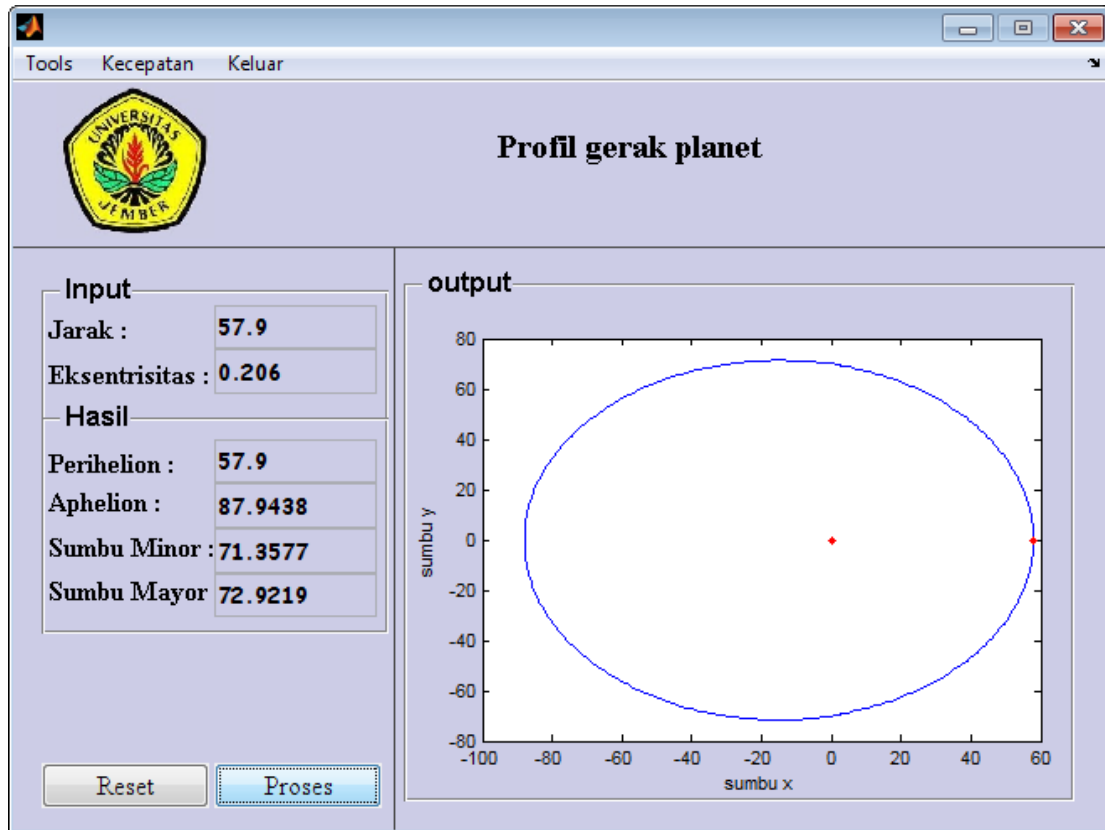
Beberapa parameter yang divariasikan yaitu posisi awal (x), (y), konstanta gravitasi universal (G), massa planet (m), jarak planet ke matahari (r), nilai eksentrisitas (e) dan stabilitas lintasan (β). Beberapa parameter yang akan di inputkan tersaji dalam tabel 4.1 berikut:

Tabel 4.1 Data planet yang berada pada cincin dalam tatasurya

Planet	Jarak planet ke matahari (r) $\times 10^9$ m	Konstanta gravitasi (G) $\times 10^{-11} \text{m}^3/\text{s}^2 \cdot \text{kg}$	Massa planet (M) $\times 10^{24}$ Kg	Nilai eksentrisitas (e)
Merkurius	57,9	6,67	3,289	0,206
Venus	108,2	6,67	48,737	0,007
Bumi	149,6	6,67	5,98	0,017

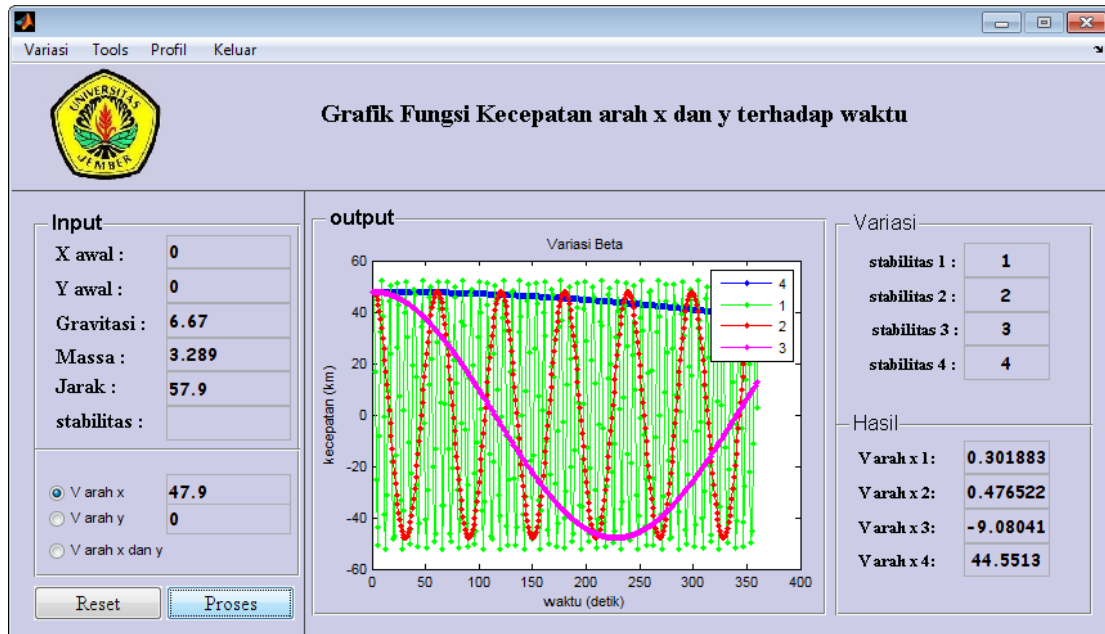
*sumber : Halliday & Resnick (1986).

Adapun hasil simulasi program dengan data dalam tabel 4.1 tersebut ditunjukkan dalam gambar 4.1 sampai 4.9 berikut:



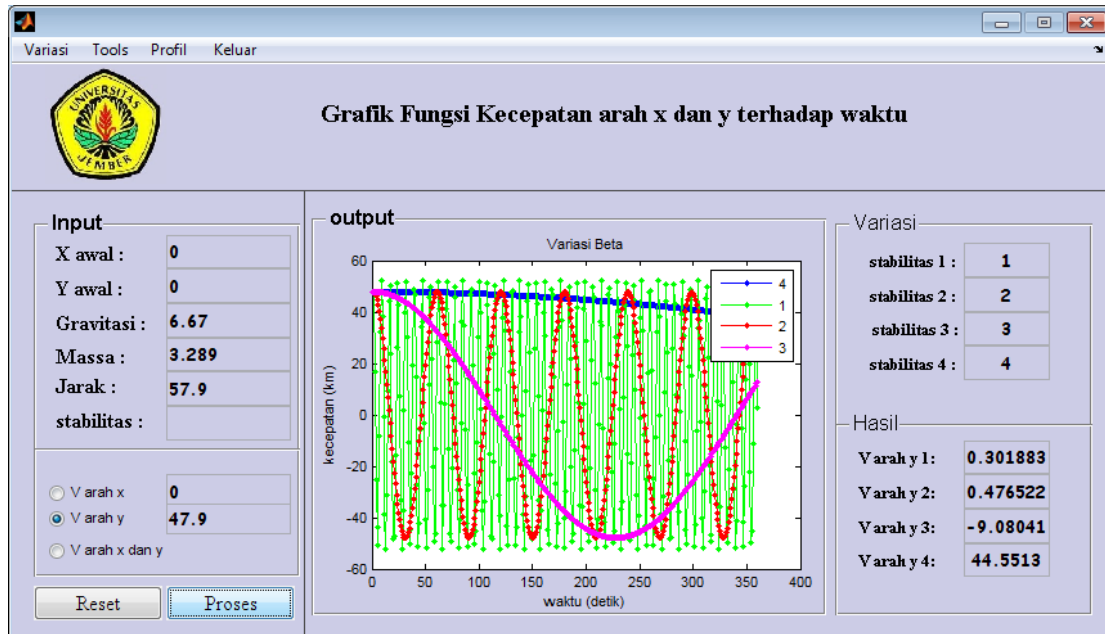
Gambar 4.1 Grafik lintasan planet Merkurius

Gambar 4.1 menjelaskan grafik lintasan planet Merkurius dengan nilai masukan yang diberikan antara lain jarak planet ke matahari (r) = 57.9×10^9 m dan nilai eksentrisitas = 0.206. Dari simulasi program didapatkan *perihelion* (titik terdekat dari matahari) = 57.9×10^9 m, *aphelion* (titik terjauh dari matahari) = 87.9438×10^9 m, sumbu minor planet Merkurius = 71.3577×10^9 m dan sumbu mayor planet Merkurius = 72.9219×10^9 m.



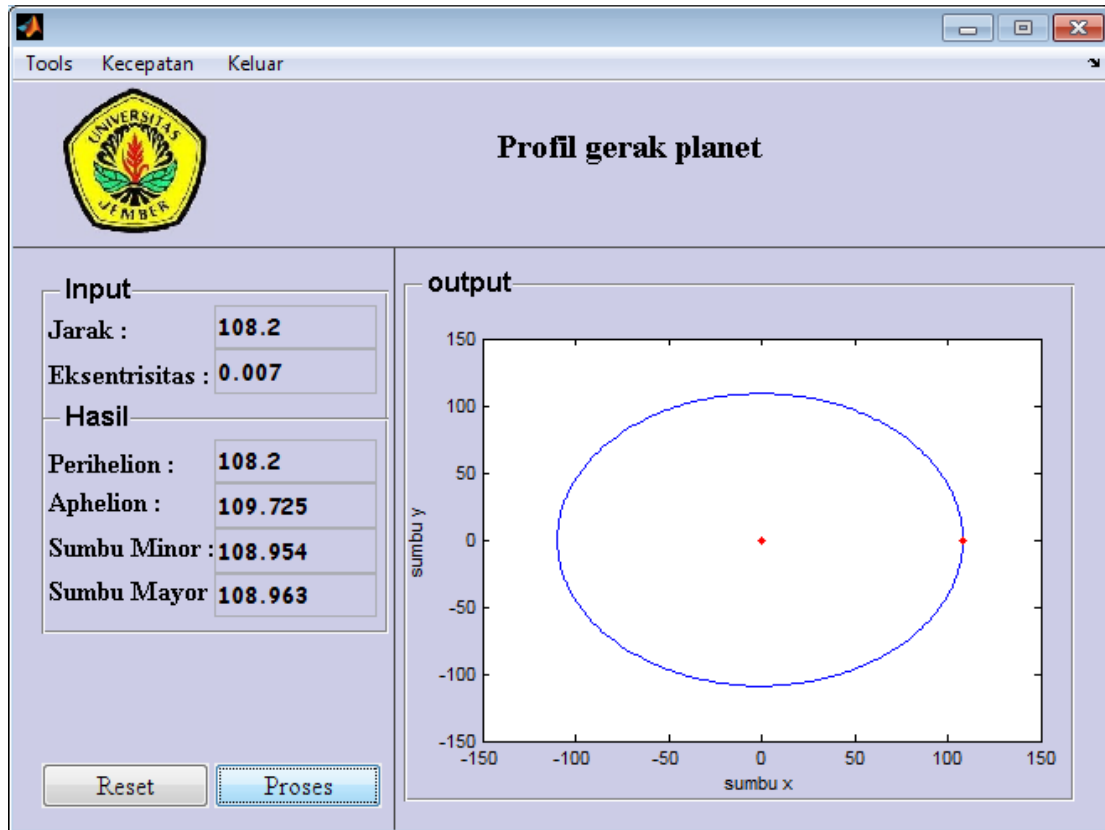
Gambar 4.2 Grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah x terhadap waktu dengan variasi beta (β)

Gambar 4.2 menjelaskan grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah x terhadap waktu dengan nilai masukan konstanta gravitasi = $6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}^2 \cdot \text{kg}$, massa planet = $3.289 \times 10^{24} \text{ kg}$, jarak dari matahari ke planet = $57.9 \times 10^9 \text{ m}$, dengan variasi stabilitas (β_1) = 1, stabilitas (β_2) = 2, stabilitas (β_3) = 3, variasi stabilitas (β_4) = 4 dan kecepatan awal Merkurius $v_{0x} = 47.9 \text{ km/s}$ menghasilkan nilai kecepatan planet arah x sesuai dengan variasi stabilitas (β) yakni $v_{x1} = 0.301883 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{x2} = 0.476522 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{x3} = -9.08041 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ dan $v_{x4} = 44.5513 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Dari grafik dan nilai kecepatan yang dihasilkan simulasi program tersebut diatas dapat diartikan grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah x sesuai dengan hukum Newton tentang gravitasi adalah nilai variasi (β_2) = 2.



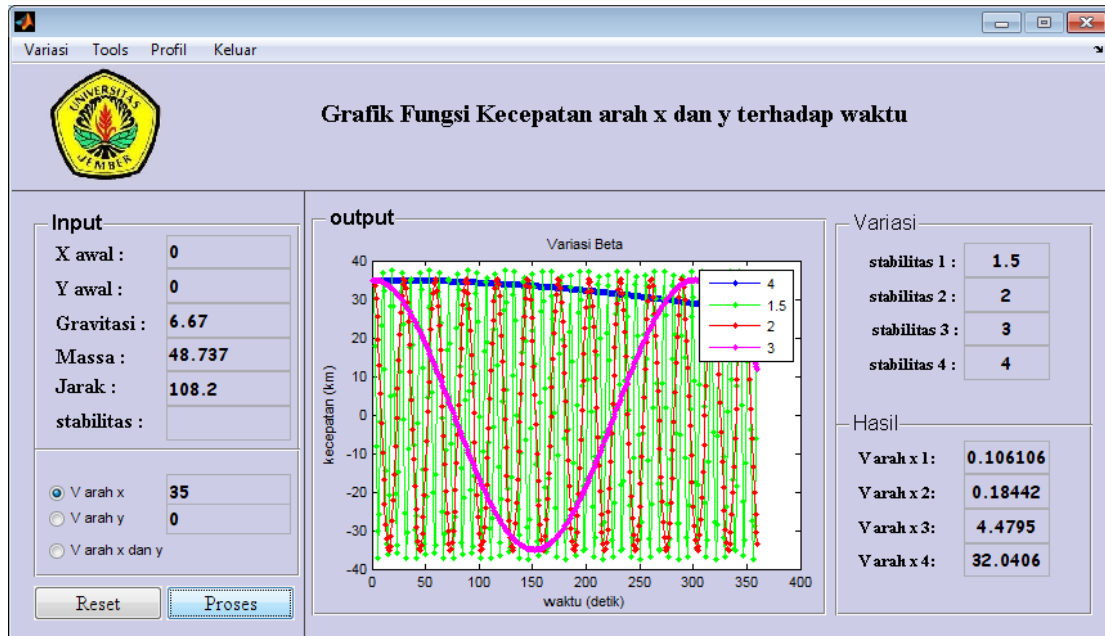
Gambar 4.3 Grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah y terhadap waktu dengan variasi beta (β)

Gambar 4.3 menjelaskan grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah y terhadap waktu dengan nilai masukan konstanta gravitasi = $6.67 \times 10^{-11} \text{m}^3/\text{s}^2 \cdot \text{kg}$, massa planet = $3.289 \times 10^{24} \text{kg}$, jarak dari Matahari ke planet = $57.9 \times 10^9 \text{m}$, dengan variasi stabilitas (β_1) = 1, stabilitas (β_2) = 2, stabilitas (β_3) = 3, variasi stabilitas (β_4) = 4 dan kecepatan awal merkurius $v_{0y} = 47.9 \text{ km/s}$ menghasilkan nilai kecepatan planet arah y sesuai dengan variasi stabilitas (β) yakni $v_{y1} = 0.301883 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{y2} = 0.476522 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{y3} = -9.08041 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ dan $v_{y4} = 44.5513 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Dari grafik dan nilai kecepatan yang dihasilkan simulasi program tersebut diatas dapat diartikan grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah y sesuai dengan hukum Newton tentang gravitasi adalah nilai variasi (β_2) = 2.



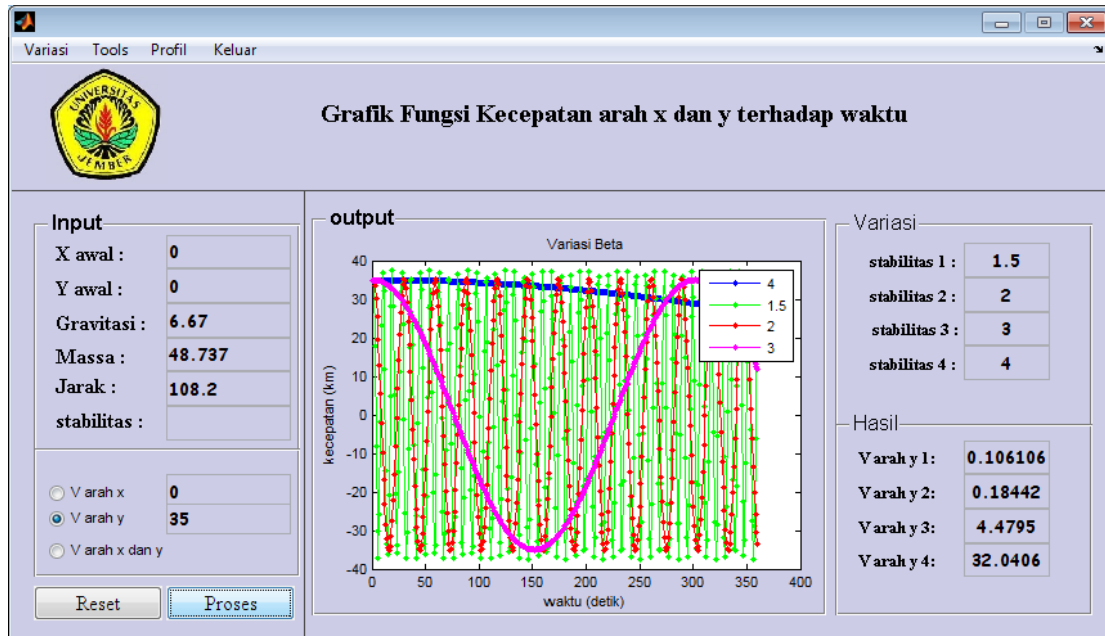
Gambar 4.4 Grafik lintasan planet Venus

Gambar 4.4 menjelaskan grafik lintasan planet Venus dengan nilai masukan yang diberikan antara lain jarak planet ke matahari (r) = 108.2×10^9 m dan nilai eksentrisitas = 0.007. Dari simulasi program didapatkan *perihelion* (titik terdekat dari matahari) = 108.2×10^9 m, *aphelion* (titik terjauh dari matahari) = 109.725×10^9 m, sumbu minor planet Venus = 108.954×10^9 m dan sumbu mayor planet Venus = 108.963×10^9 m.



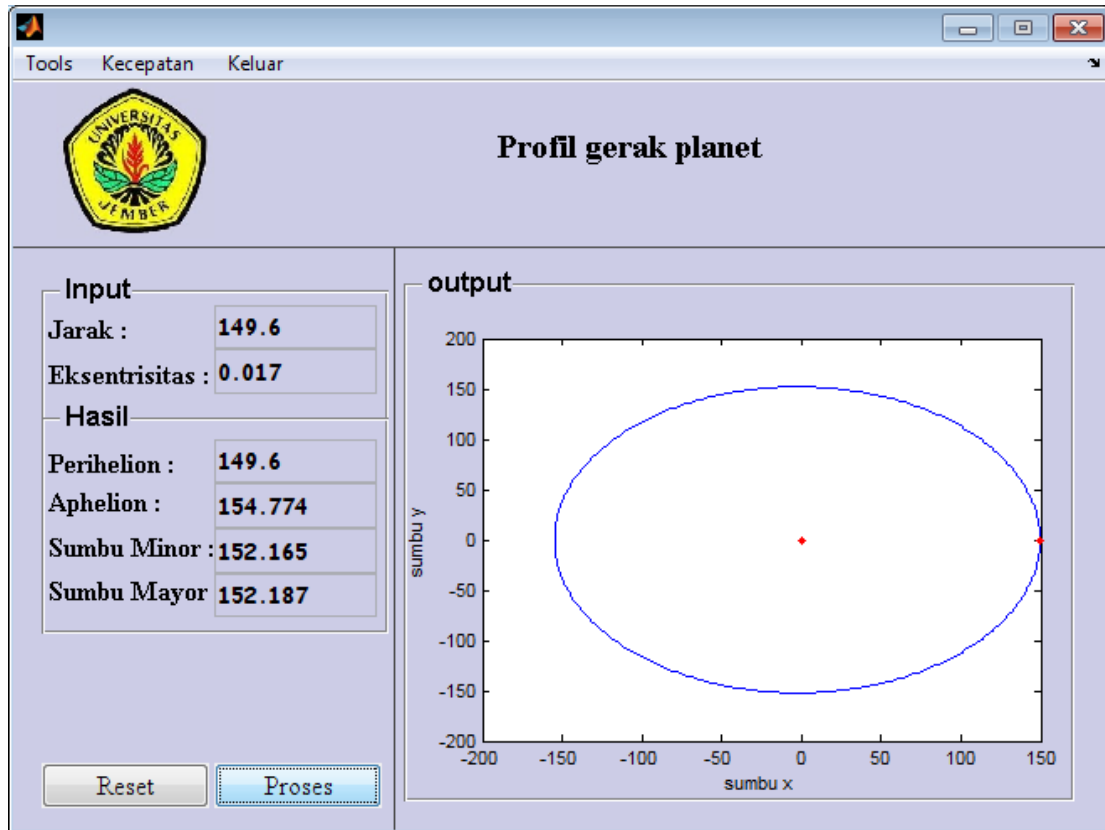
Gambar 4.5 Grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah x terhadap waktu dengan variasi beta (β)

Gambar 4.5 menjelaskan grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah x terhadap waktu dengan nilai masukan konstanta gravitasi = $6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}^2 \cdot \text{kg}$, massa planet = $48.737 \times 10^{24} \text{ kg}$, jarak dari matahari ke planet = $108,2 \times 10^9 \text{ m}$, dengan variasi stabilitas (β_1) = 1,5, stabilitas (β_2) = 2, stabilitas (β_3) = 3, variasi stabilitas (β_4) = 4 dan kecepatan awal $v_{0x} = 35 \text{ km/s}$ menghasilkan nilai kecepatan planet arah x sesuai dengan variasi stabilitas (β) yakni $v_{x1} = 0.106106 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{x2} = 0.18442 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{x3} = 4.4795 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ dan $v_{x4} = 32.0406 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Dari grafik dan nilai kecepatan yang dihasilkan simulasi program tersebut diatas dapat diartikan grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah x sesuai dengan hukum Newton tentang gravitasi adalah nilai variasi stabilitas (β_1) = 2.



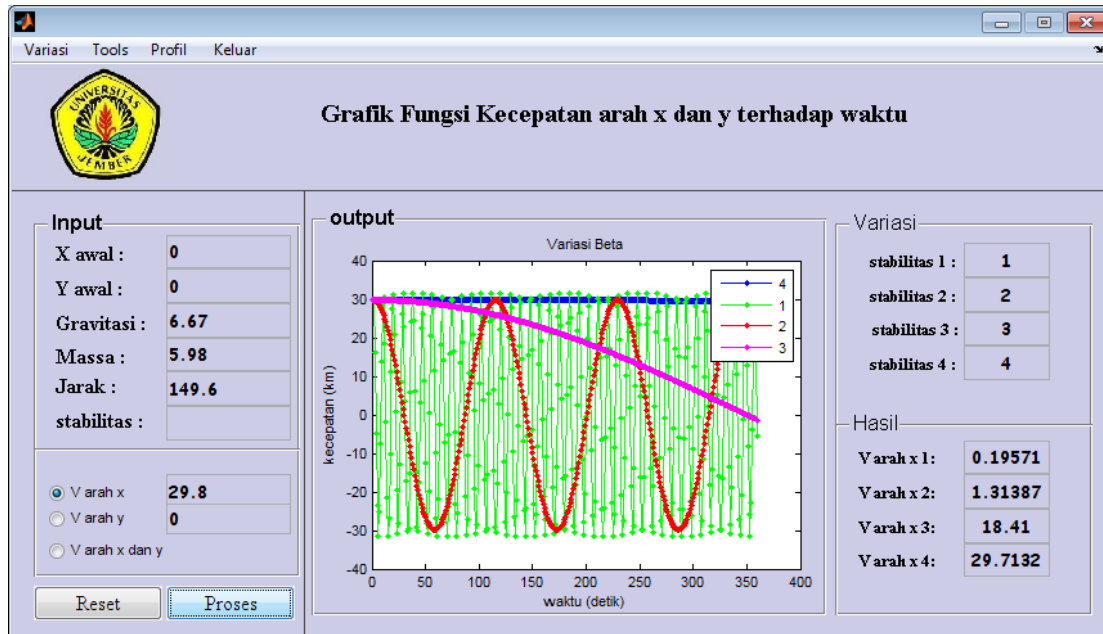
Gambar 4.6 Grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah y terhadap waktu dengan variasi beta (β)

Gambar 4.6 menjelaskan grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah y terhadap waktu dengan nilai masukan konstanta gravitasi = $6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}^2$, kg, massa planet = 48.737×10^{24} kg, jarak dari matahari ke planet = $108,2 \times 10^9$ m, dengan variasi stabilitas (β_1) = 1,5, stabilitas (β_2) = 2, stabilitas (β_3) = 3, variasi stabilitas (β_4) = 4 dan kecepatan awal $v_{0y} = 35$ km/s menghasilkan nilai kecepatan planet arah y sesuai dengan variasi stabilitas (β) yakni $v_{y1} = 0.106106 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{y2} = 0.18442 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{y3} = 4.4795 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ dan $v_{y4} = 32.0406 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Dari grafik dan nilai kecepatan yang dihasilkan simulasi program tersebut diatas dapat diartikan grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah y sesuai dengan hukum Newton tentang gravitasi adalah nilai variasi stabilitas (β_1) = 2.



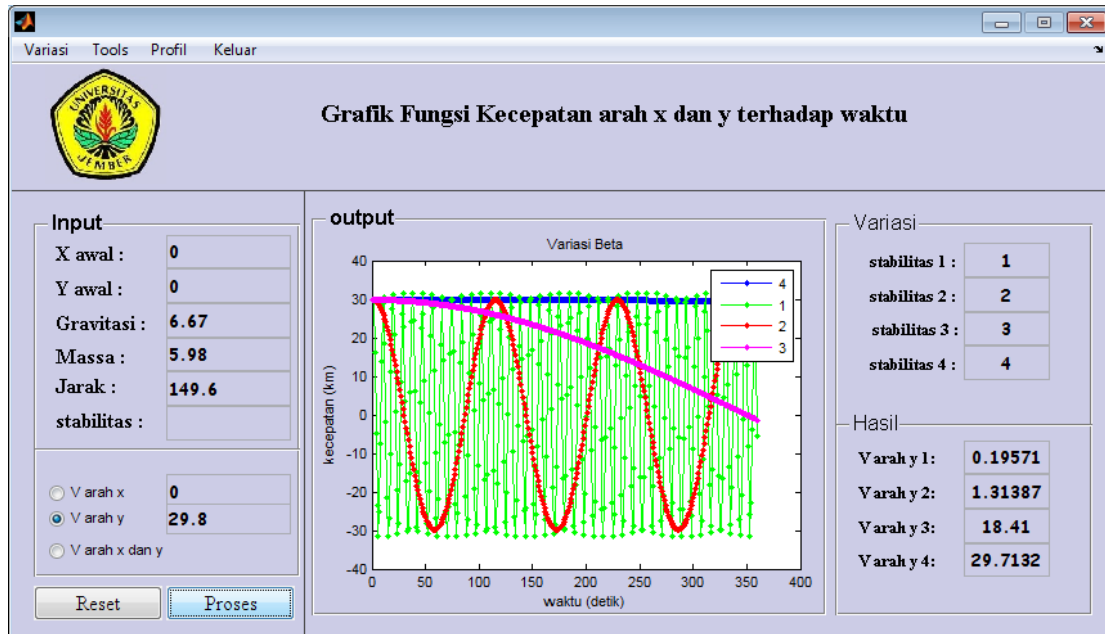
Gambar 4.7 Grafik lintasan planet Bumi

Gambar 4.7 menjelaskan grafik lintasan planet Bumi dengan nilai masukan yang diberikan antara lain jarak planet ke matahari (r) = 149.6×10^9 m dan nilai eksentrisitas = 0.017. Dari simulasi program didapatkan *perihelion* (titik terdekat dari matahari) = 149.6×10^9 m, *aphelion* (titik terjauh dari matahari) = 154.774×10^9 m, sumbu minor planet Bumi = 152.165×10^9 m dan sumbu mayor planet Bumi = 152.187×10^9 m.



Gambar 4.8 Grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah x terhadap waktu dengan variasi beta (β)

Gambar 4.8 menjelaskan grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah x terhadap waktu dengan nilai masukan konstanta gravitasi = $6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}^2 \cdot \text{kg}$, massa planet = $5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$, jarak dari matahari ke planet = $149.6 \times 10^9 \text{ m}$, dengan variasi stabilitas (β_1) = 1, stabilitas (β_2) = 2, stabilitas (β_3) = 3, variasi stabilitas (β_4) = 4 dan kecepatan awal $v_{0x} = 29.8 \text{ km/s}$ menghasilkan nilai kecepatan planet arah x sesuai dengan variasi beta (β) yakni $v_{x1} = 0.19571 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{x2} = 1.31387 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{x3} = 18.41 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ dan $v_{x4} = 29.7132 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Dari grafik dan nilai kecepatan yang dihasilkan simulasi program tersebut diatas dapat diartikan grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah x sesuai dengan hukum Newton tentang gravitasi adalah nilai variasi stabilitas (β_1) = 2.



Gambar 4.9 Grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah y terhadap waktu dengan variasi beta (β)

Gambar 4.9 menjelaskan grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah y terhadap waktu dengan nilai masukan konstanta gravitasi = $6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s}^2 \cdot \text{kg}$, massa planet = $5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$, jarak dari matahari ke planet = $149.6 \times 10^9 \text{ m}$, dengan variasi stabilitas (β_1) = 1, stabilitas (β_2) = 2, stabilitas (β_3) = 3, variasi stabilitas (β_4) = 4 dan kecepatan awal $v_{0y} = 29.8 \text{ km/s}$ menghasilkan nilai kecepatan planet arah y sesuai dengan variasi beta (β) yakni $v_{y1} = 0.19571 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{y2} = 1.31387 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $v_{y3} = 18.41 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ dan $v_{y4} = 29.7132 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Dari grafik dan nilai kecepatan yang dihasilkan simulasi program tersebut diatas dapat diartikan grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah y sesuai dengan hukum Newton tentang gravitasi adalah nilai variasi stabilitas (β_1) = 2.

4.3 Hasil Simulasi Program

Dari simulasi program pada gambar 4.1 sampai 4.9 didapatkan nilai yang berhubungan dengan profil gerak planet dan nilai fungsi kecepatan planet dalam arah x dan y terhadap waktu. Pada profil gerak planet nilai yang didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil simulasi program profil gerak planet

Planet	Input		Output			
	r $\times 10^9$ m	e	<i>Perihelion</i> $\times 10^9$ m	<i>Aphelion</i> $\times 10^9$ m	<i>Sumbu minor</i> $\times 10^9$ m	<i>sumbu mayor</i> $\times 10^9$ m
Merkurius	57,9	0,206	57,9	87,9438	71.3577	72.9219
Venus	108,2	0,007	108,2	109,725	108.954	108.963
Bumi	149,6	0,017	149,6	154,774	152.165	152.165

Tabel 4.2 menjelaskan bahwa semakin jauh jarak planet dengan matahari (r) maka semakin jauh pula titik *aphelionnya*. Artinya, semakin dekat jarak antara planet dengan matahari semakin dekat pula orbit/lintasan planet dalam mengelilingi matahari. Begitu pula sebaliknya, semakin jauh jarak antara suatu planet dengan matahari maka semakin jauh pula orbit/lintasan planet dalam mengelilingi matahari. Sedangkan pada grafik lintasan planet nilai yang didapatkan sebagai berikut.

Tabel 4.3 Hasil simulasi program fungsi kecepatan planet

Planet	Input					Output		
	G	M	r	v_{0x}	v_{0y}	β	v_x	v_y
Merkurius	6,67	3,289	57,9	47,9	47,9	1	0.301883	0.301883
						2	0.476522	0.476522
						3	-9.08041	-9.08041
						4	44.5513	44.5513

						1,5	0.106106	0.106106
Venus	6,67	48,737	108,2	35	35	2	0.18442	0.18442
						3	4.4795	4.4795
						4	32.0406	32.0406
						1	0.19571	0.19571
Bumi	6.67	5,98	149,6	29.8	29.8	2	1.31387	1.31387
						3	18.41	18.41
						4	29.7132	29.7132
						1	0.19571	0.19571

Tabel 4.3 menggambarkan bahwa ketika beta β sama dengan 1 dan 1,5 grafik terlihat rapat dan pada batas atas ataupun batas bawah tidak stabil. Hal ini menjelaskan planet mengitari matahari terlalu cepat serta tidak stabil pada lintasannya. Sedangkan ketika β sama dengan 3 dan 4 grafik terlihat renggang. Hal ini menjelaskan planet membutuhkan waktu lebih lama dalam mengitari matahari dibanding ketika β sama dengan 2.

Ketika β sama dengan 2, maka planet mengorbit tetap pada lintasannya dalam keadaan paling stabil dibandingkan dengan ketika β sama dengan 1; 1,5 ; 3 ataupun ketika β sama dengan 4. Hal ini sesuai dengan hukum Newton tentang gravitasi yang berbunyi, setiap partikel materi dijagat raya melakukan tarikan terhadap partikel lain dengan suatu gaya yang berbanding langsung dengan hasil kali massa partikel-partikel lainnya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak yang memisahkannya. Dengan demikian pada penelitian ini hukum newton tentang gravitasi terbukti kebenarannya.

BAB 5. PENUTUP

Pada bab ini diperoleh kesimpulan dari hasil simulasi dan analisis program serta pembahasan yang diperoleh dari analisis solusi numerik model gerak planet dengan metode Runge-Kutta serta diberikan saran yang dapat dilakukan sebagai kelanjutan dari skripsi ini.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada skripsi ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam penyelesaian model gerak planet yang berupa persamaan fungsi kecepatan dapat menggunakan metode Runge-Kutta orde empat. Metode Runge-Kutta orde empat merupakan metode satu langkah yang memberikan ketelitian hasil yang lebih besar dan tidak memerlukan turunan fungsi. Hasil yang didapatkan dijadikan modal untuk melihat seberapa besar pengaruh parameter β .
2. Parameter β adalah parameter yang paling berpengaruh terhadap grafik stabilitas kecepatan planet dalam mengelilingi matahari. Nilai parameter β yang cocok dan stabil untuk model gerak planet adalah 2. Hal ini sesuai dengan hukum Newton tentang gravitasi yang jika dituliskan sebagai berikut,

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

3. Semakin jauh jarak antara planet dengan matahari maka semakin jauh pula titik *aphelionnya*. Ini artinya semakin dekat jarak antara planet dengan matahari semakin dekat pula orbit/lintasan planet dalam mengelilingi matahari. Begitu pula sebaliknya, semakin jauh jarak antara suatu planet dengan matahari maka semakin jauh pula orbit lintasan planet dalam mengelilingi matahari.

5.2 Saran

Pada penelitian ini, permasalahan yang dibahas adalah penyelesaian solusi numerik model gerak planet dengan metode Runge-kutta orde empat. Namun model gerak planet yang digunakan pada skripsi ini berupa persamaan fungsi kecepatan, sehingga masih dimungkinkan untuk dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan model gerak planet yang berupa persamaan yang lebih kompleks.

Sedangkan data yang digunakan pada skripsi ini hanya data planet yang berada pada cincin dalam pada tatasurya, sehingga dimungkinkan penggunaan data planet pada galaksi lain dalam tatasurya lainnya.

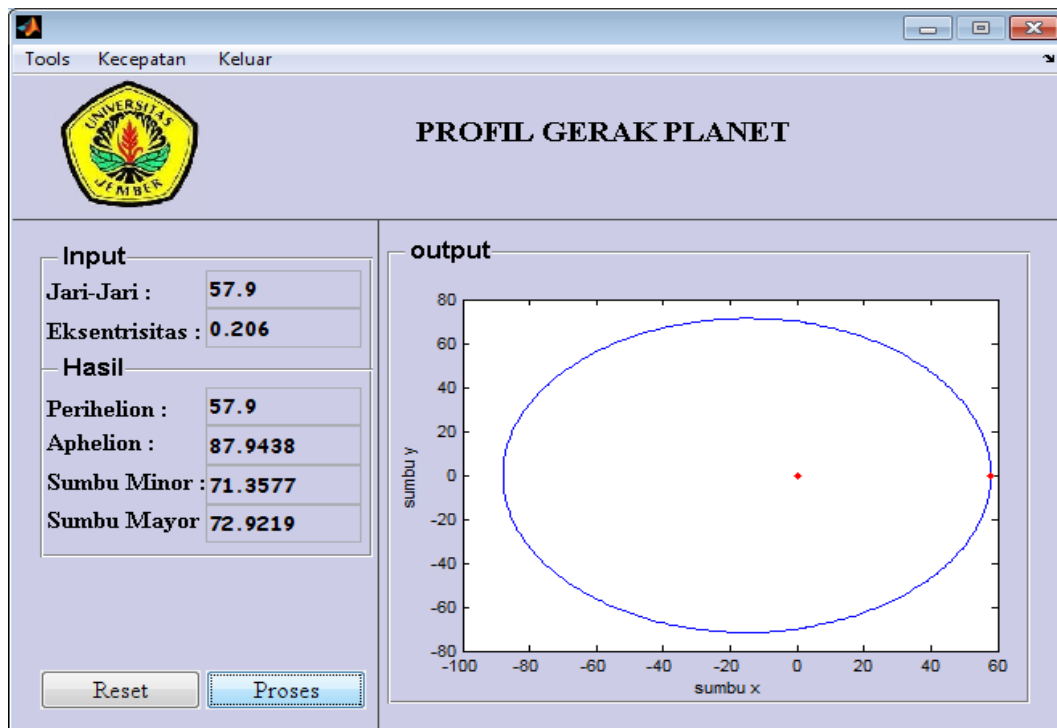
DAFTAR PUSTAKA

- Halliday, D & Resnick, R. 1986. *Fisika Modern*. Jakarta : PT. Erlangga
- Hidayat, R. 1997. *Matematika Teknik*. Jember : Jember University Press
- Hidayat, R. 2005. Model Gerak Planet. *Majalah Ilmiah Matematika dan Statistika*, 5 (1): 1-15.
- Hidayat, R. 2006. *Persamaan Diferensial Parsial*. Jember : Jember University Press.
- Hidayati, R. 2010. “Simulasi Pola Lintasan Gerak Planet Yang Mengelilingi Matahari.” Tidak Diterbitkan. Skripsi. Yogyakarta : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNY.
- Sarojo, G.A. 2002. *Seri Fisika Dasar Mekanika*. Jakarta : Salemba Teknika
- Supardi. (Tanpa Tahun). Simulasi Gerak Planet Dalam Tatasurya. Yogyakarta : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNY.
- Triatmodjo, B. 2002. *Metode Numerik*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Waluyo, S.B. 2006. *Persamaan Diferensial*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Zemansky. M. & Sears. F. 1994. *Fisika untuk Universitas 1*. Bandung : Binacipta.

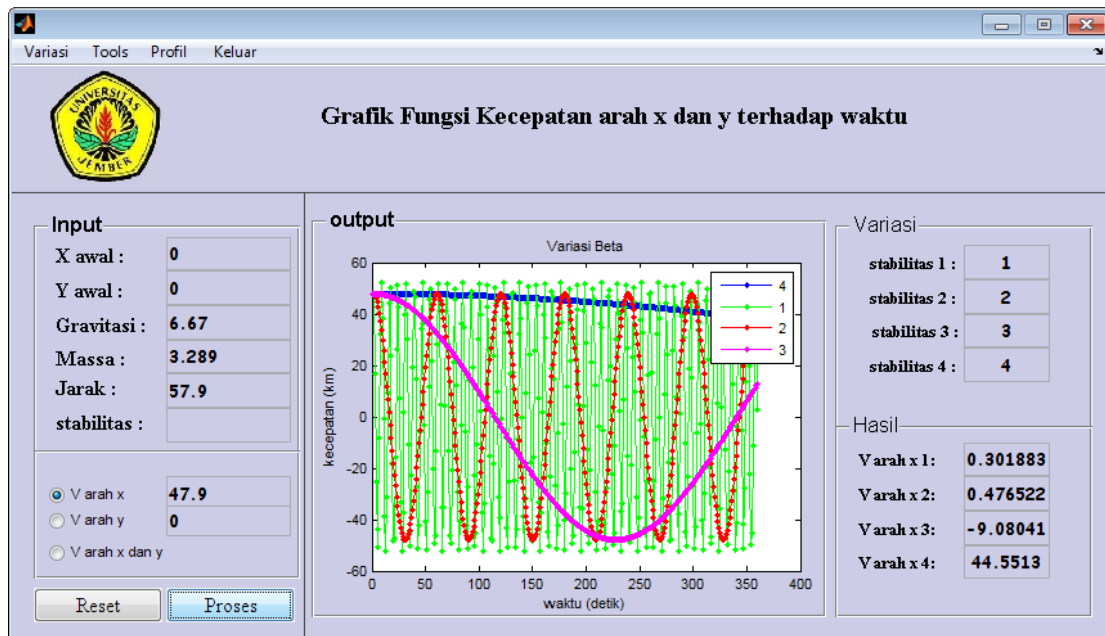
LAMPIRAN

A. Planet Merkurius

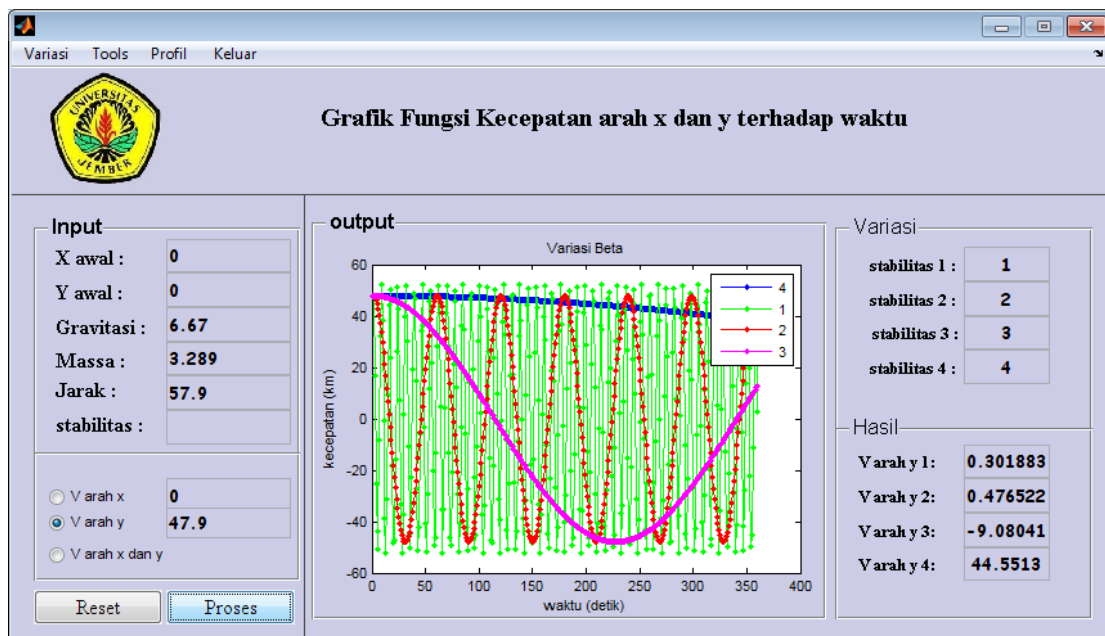
A.1. Grafik lintasan planet Merkurius



A.2. Grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah x terhadap waktu dengan variasi beta (β)

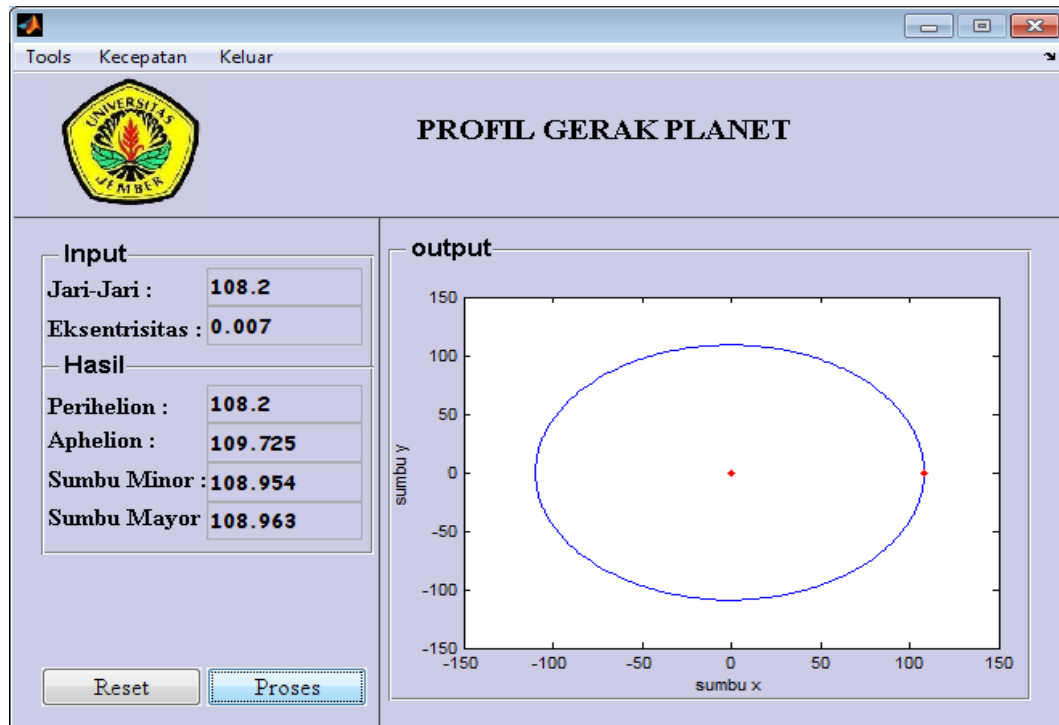


A.3. Grafik fungsi kecepatan planet Merkurius dalam arah y terhadap waktu dengan variasi beta (β)

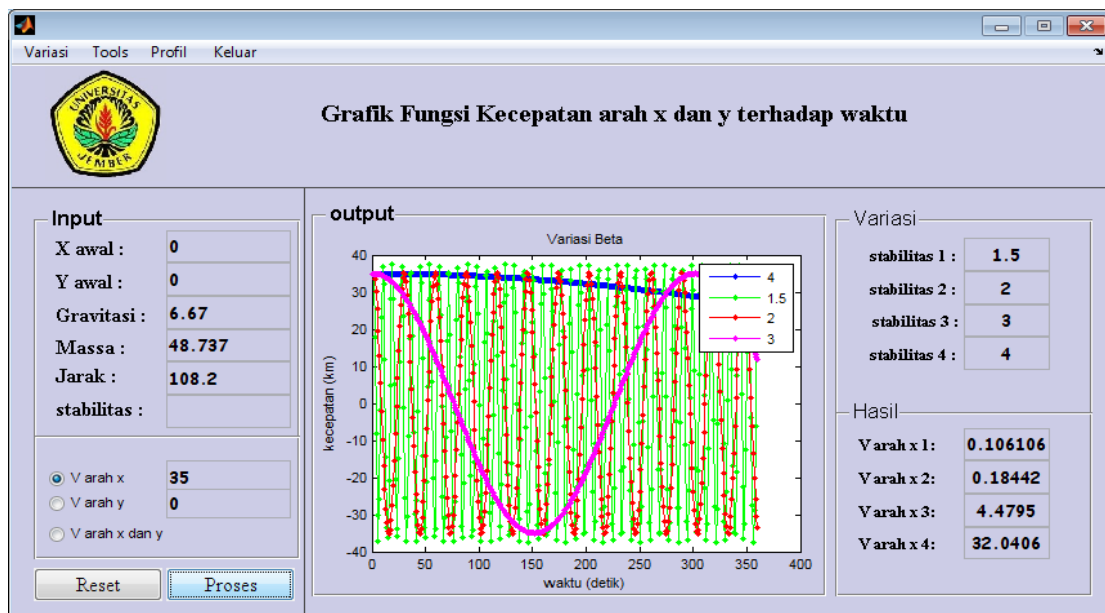


B. Planet Venus

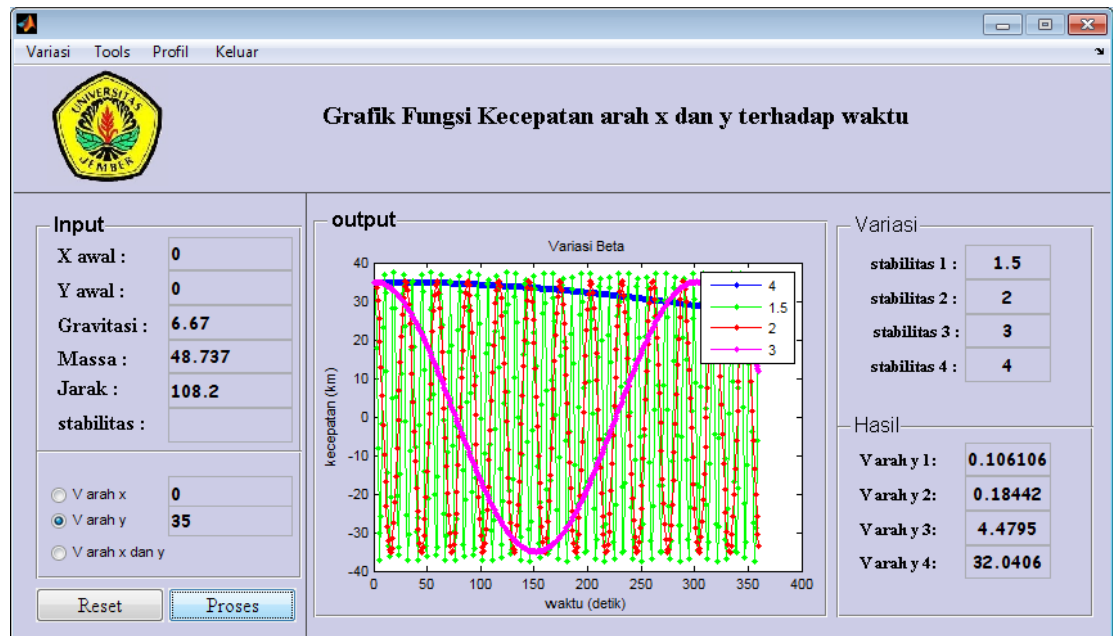
B.1. Grafik lintasan planet Venus



B.2. Grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah x terhadap waktu dengan variasi beta (β)

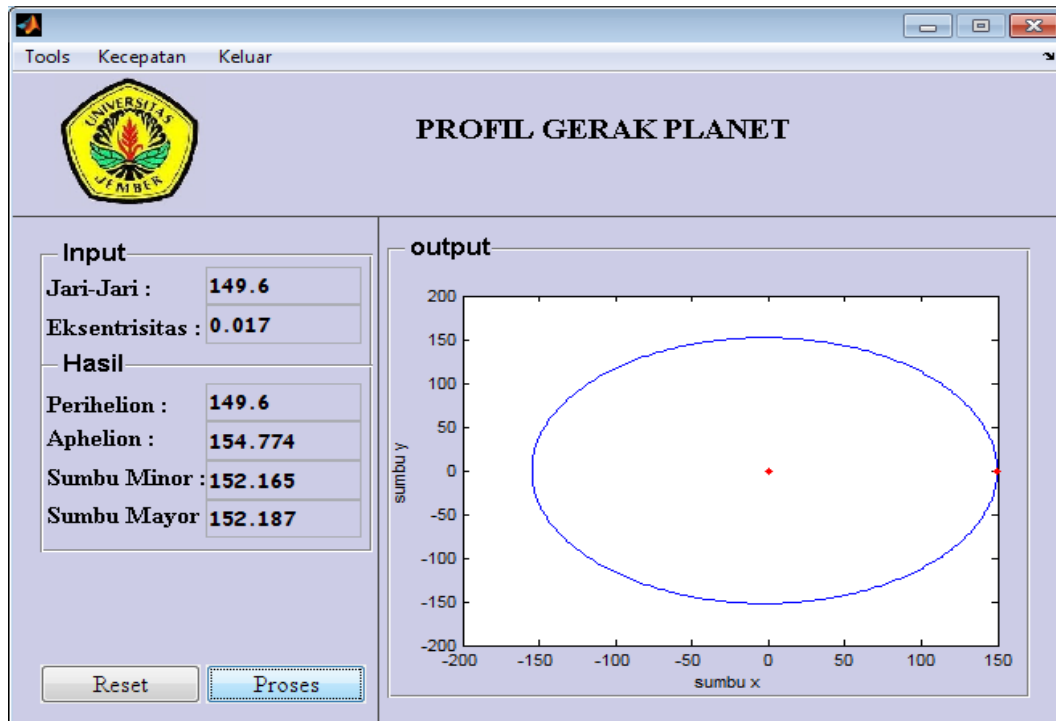


B.3. Grafik fungsi kecepatan planet Venus dalam arah y terhadap waktu dengan variasi beta (β)

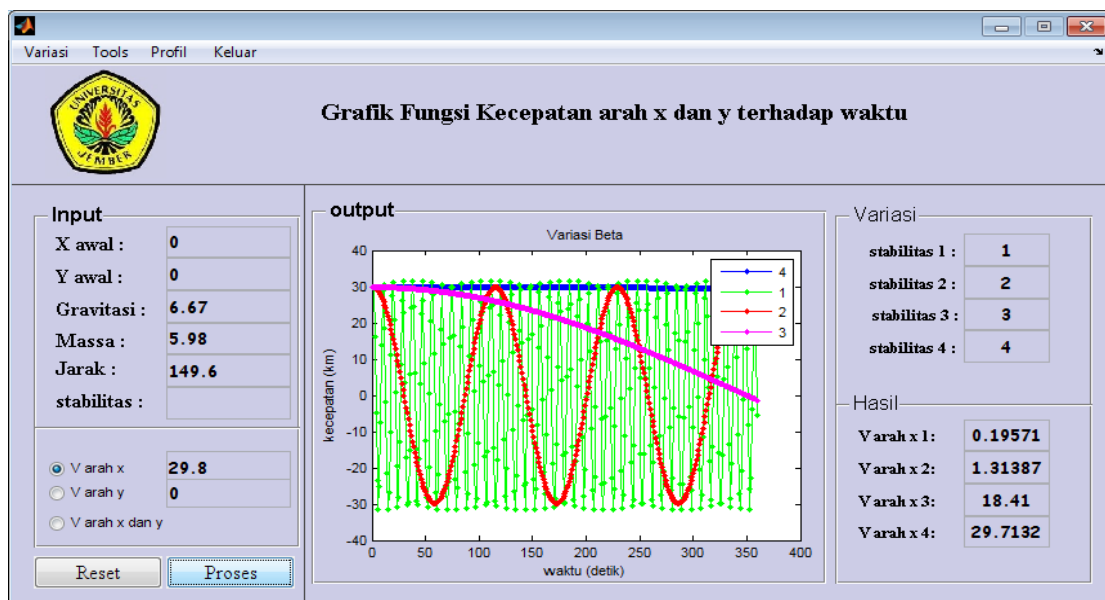


C. Planet Bumi

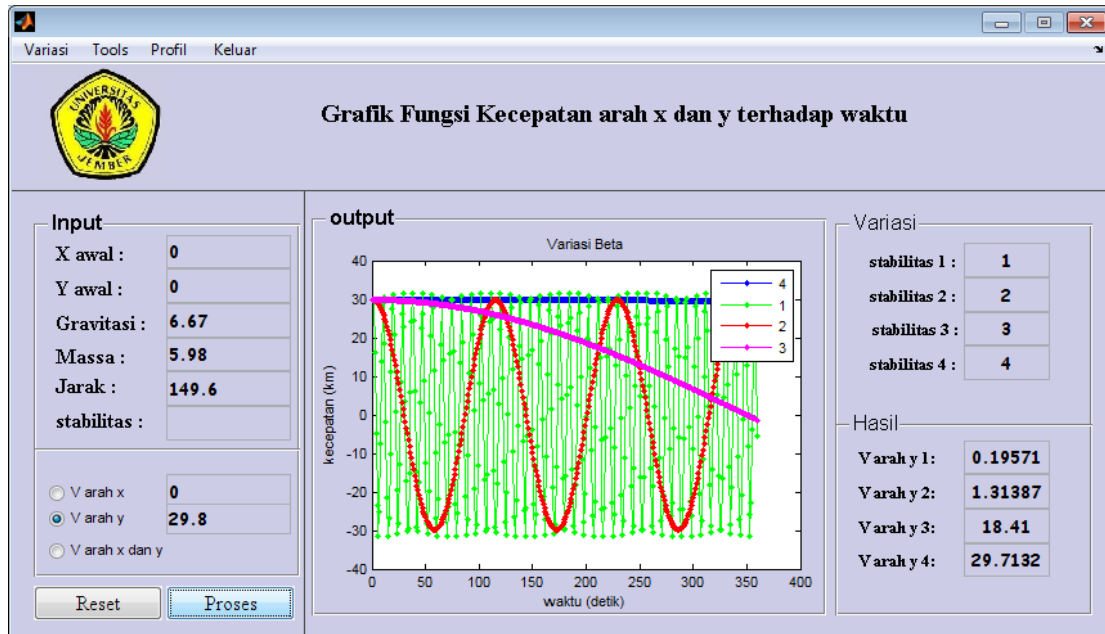
C.1. Grafik lintasan planet Bumi



C.2. Grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah x terhadap waktu dengan variasi beta (β)



C.3. Grafik fungsi kecepatan planet Bumi dalam arah y terhadap waktu dengan variasi beta (β)



D. Skrip Program

```

Nama file lintasan.m
clc; clear all;
close all;
ulang=0; p=0;
s1=0; s2=0;s3=0;s4=0;s5=0;s6=0;s7=0;
win1=figure(...
'units','points',...
'position',[50 100 490 335],...
'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',[13 105 155 145]);

        hp = uipanel('parent',win1,...
                    'Title','Hasil','FontSize',12,...
                    'units','points',...
                    'fontweight','bold',...
                    'BackgroundColor',[.8 .8 .9],...
                    'Position',[13 88 155 105]);

                hp = uipanel('parent',win1,...
                            'Title','output','FontSize',12,...
                            'units','points',...
                            'fontweight','bold',...
                            'BackgroundColor',[.8 .8 .9],...
                            'Position',[175 13 300 240]);
%=====
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[125 290 300 24],...
'style','Text',...
'string',' PROFIL GERAK PLANET ',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',15,...
'fontweight','bold',...
'foregroundcolor',[.0 .0 .0]);
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[170 0 1 260],...
'style','Text',...
'backgroundcolor',[.3 .3 .3],...

```

```

    'foregroundcolor',[1 1 1]);
labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[0 260 700 1],...
'style','Text',...
'backgroundcolor',[.3 .3 .3],...
'foregroundcolor',[1 1 1]);
=====
    labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[15 210 80 20],...
'style','Text',...
'string','Jari-Jari :',...
'HorizontalAlignment','left',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');
    edit1=icontrol('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=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[15 190 80 20],...
'style','Text',...
'HorizontalAlignment','left',...
'string','Eksentrisitas :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');
    edit2=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 195 73 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'HorizontalAlignment','left',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
    labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[15 150 80 20],...
'style','Text',...

```



```

'string','Perihelion :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');
edit5=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 155 73 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','edit',...
'string','- ',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'HorizontalAlignment','left',...
'position',[15 133 80 20],...
'style','Text',...
'string','Aphelion :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');
edit6=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 135 73 20],...
'style','edit',...
'HorizontalAlignment','left',...
'string','- ',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[15 113 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Sumbu Minor :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');
edit7=icontrol('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',[15 93 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...%'string','Beta :',...
'string','Sumbu Mayor :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');
    edit8=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');
%=====
proses=uicontrol('parent',win1,...
    'units','points',...
    'position',[90 10 75 20],...
    'style','Pushbutton',...
    'callback','gerak',...
    'string','Proses',...
    'fontname','times new roman',...
    'fontsize',12);
%=====
prosl1=uicontrol('parent',win1,...
    'units','points',...
    'position',[13 10 75 20],...
    'style','Pushbutton',...
    'callback','LINTASAN',...
    '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 40 270 180],...
'fontsize',8,...
'color',[1 1 1]);
menu2=uimenu('parent',win1,...
'Label',' Tools ');
menu1_1=uimenu('parent',menu2,...
'Label','Zoom',...
'Callback','besar');
menu1_1=uimenu('parent',menu2,...
'Label','Pan',...
'Callback','geser');
menu2=uimenu('parent',win1,...
'Label',' Kecepatan ',...
'Callback','PLANET');
menu2=uimenu('parent',win1,...
'Label',' Keluar ',...
'Callback','close');

Nama file M1.m
%=====
edit31=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[91 79 68 12],...
'style','text',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9]);
s1=1; s2=0;s3=0;s4=0;s5=0;s6=0;s7=0;
%=====
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 205 80 20],...
'style','Text',...
'string','V0 arah x 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit12=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 210 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 185 80 20],...
'style','Text',...
'string','V0 arah x 2 :',...

```

```

'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit13=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 190 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 165 80 20],...
'style','Text',...
'string',' V0 arah x 3 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit14=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 170 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 145 80 20],...
'style','Text',...
'string','V0 arah x 4 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit15=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 150 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

```

Nama file massa.m

```

=====
edit31=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[91 155 69 18],...
'style','text',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9]);
s1=0; s2=0;s3=0;s4=0;s5=1;s6=0;s7=0;
=====
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 205 80 20],...
'style','Text',...
'string','Massa 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit12=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 210 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 185 80 20],...
'style','Text',...
'string','Massa 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit13=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 190 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 165 80 20],...
'style','Text',...
'string',' Massa 3 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...

```

```

'fontweight','bold');
edit14=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 170 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 145 80 20],...
'style','Text',...
'string','Massa 4 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit15=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 150 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

Nama file PLANET.m
clc; clear all;
close all;
ulang=0; p=0;
s1=0; s2=0;s3=0;s4=0;s5=0;s6=0;s7=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','Variasi','FontSize',12,...
            'units','points',...

```

```

        'BackgroundColor',[.8 .8 .9],...
        'Position',[480 120 150 130]);
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 13 300 240]);

%=====
    labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[125 290 450 24],...
'style','Text',...
'string',' Grafik Fungsi Kecepatan arah x dan y terhadap waktu ',...
'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',[25 210 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',[90 215 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],...
'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',[90 195 73 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'HorizontalAlignment','left',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 170 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...
'string','Gravitasi :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');
edit4=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 175 73 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 150 80 20],...
'style','Text',...
'string','Massa :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...

```



```

'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');
edit5=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 155 73 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'HorizontalAlignment','left',...
'position',[25 133 80 20],...
'style','Text',...
'string','Jari-jari :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');
edit6=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 135 73 20],...
'style','edit',...
'HorizontalAlignment','left',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[25 113 80 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','Text',...
'string','Beta :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',12,...
'fontweight','bold');
edit7=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 115 73 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'HorizontalAlignment','left',...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...

```

```

'fontweight','bold');
edit31=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 75 73 20],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit32=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 60 73 18],...
'HorizontalAlignment','left',...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
h1 = uibuttongroup('visible','off','units','points','Position',[13
35 155 75],'backgroundcolor',[.8 .8 .9]);
u01 = uicontrol('Style','Radio','String','V0 arah x',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'pos',[10 55 80 20],'parent',h1,'HandleVisibility','off');
u11 = uicontrol('Style','Radio','String','V0 arah y',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'pos',[10 35 90 20],'parent',h1,'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');
set(h1,'SelectedObject',[]);
set(h1,'Visible','on');
%=====
proses=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[90 10 75 20],...
'style','Pushbutton',...
'callback','Proses',...
'string','Proses',...
'fontname','times new roman',...
'fontsize',12);
%=====
pros11=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[13 10 75 20],...
'style','Pushbutton',...
'callback','PLANET',...
'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 40 270 180],...
'fontsize',8,...
'color',[1 1 1]);
=====
menu1=uimenu('parent',win1,...
'Label',' Variasi ');
menu1_1=uimenu('parent',menu1,...
'Label','V arah x',...
'Callback','M1');
menu1_1=uimenu('parent',menu1,...
'Label','V arah y',...
'Callback','L1');
menu1_1=uimenu('parent',menu1,...
'Label','Posisi Awal',...
'Callback','posisi');
menu1_1=uimenu('parent',menu1,...
'Label','Gravitasi',...
'Callback','gravitasi');
menu1_1=uimenu('parent',menu1,...
'Label','Massa Benda',...
'Callback','massa');
menu1_1=uimenu('parent',menu1,...
'Label','Jari-jari',...
'Callback','jari2');
menu1_1=uimenu('parent',menu1,...
'Label','Beta',...
'Callback','beta1');
menu2=uimenu('parent',win1,...
'Label',' Tools ');
menu1_1=uimenu('parent',menu2,...
'Label','Zoom',...
'Callback','besar');
menu1_1=uimenu('parent',menu2,...
'Label','Pan',...
'Callback','geser');
menu2=uimenu('parent',win1,...
'Label',' Profil ',...
'Callback','LINTASAN');
menu2=uimenu('parent',win1,...
'Label',' Keluar ',...
'Callback','close');

```

```

Nama file posisi.m
=====
edit31=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[91 195 68 19],...
'style','text',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9]);
edit31=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[91 215 68 19],...
'style','text',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9]);
s1=0; s2=0;s3=1;s4=0;s5=0;s6=0;s7=0;
=====
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 205 80 20],...
'style','Text',...
'string','X Awal 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit12=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 210 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 185 80 20],...
'style','Text',...
'string','Y Awal 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit13=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 190 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=uicontrol('parent',win1,...

```

```

'units','points',...
'position',[485 165 80 20],...
'style','Text',...
'string',' X Awal 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit14=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 170 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 145 80 20],...
'style','Text',...
'string','Y Awal 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
edit15=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 150 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

Nama file Proses.m
clc;
ol=1;
G=str2num(get(edit4,'string'));
M=str2num(get(edit5,'string'));
B=str2num(get(edit7,'string'));
r=str2num(get(edit6,'string'));
pil1=get(u01,'value');pil2=get(u11,'value');
pil3=get(u21,'value');
if pil1==1
vxt=str2num(get(edit31,'string'));
elseif pil2==2
vyt=str2num(get(edit32,'string'));
else
vxt=str2num(get(edit31,'string'));
vyt=str2num(get(edit32,'string'));

```

```

        l1=num2str(vxt) ;l2=num2str(vyt);
end
xt=str2num(get(edit1,'string'));
yt=str2num(get(edit2,'string'));
jml=s1+s2+s3+s4+s5+s6+s7;
if pil3==1 && jml==1
    errordlg('Error !!!, Pilih V arah x atau V arah y saja','
Error');
    break;
end
if s1==1
    s1
    vxt=str2num(get(edit12,'String'));
    s1=num2str(vxt);
    RK;
    vxt=str2num(get(edit13,'String'));
    s2=num2str(vxt);
    RK;

vxt=str2num(get(edit14,'String'));
    if vxt~=0
        s3=num2str(vxt);
    RK;
    end
    vxt=str2num(get(edit15,'String'));
    if vxt~=0
        s4=num2str(vxt);
    RK;
    end

    title('Variasi V arah x');
elseif s2==1
    vyt=str2num(get(edit12,'String'));
    s1=num2str(vyt);
    RK;
    vyt=str2num(get(edit13,'String'));
    s2=num2str(vyt);
    RK;
    vyt=str2num(get(edit14,'String'));
    if vyt~=0
        s3=num2str(vyt);
    RK;
    end
    vyt=str2num(get(edit15,'String'));
    if vyt~=0
        s4=num2str(vyt);
    RK;
    end
    title('Variasi V arah y');
elseif s3==1

    xt=str2num(get(edit12,'String'));

```

```

yt=str2num(get(edit13, 'String'));
    s1='posisi 1';
RK;
xt=str2num(get(edit14, 'String'));
yt=str2num(get(edit15, 'String'));
s2='posisi 2';
RK;

        title('Variasi Posisi');
elseif s4==1
    G=str2num(get(edit12, 'String'));
        s1=num2str(G);
    RK;
    G=str2num(get(edit13, 'String'));
        s2=num2str(G);
    RK;
    G=str2num(get(edit14, 'String'));
    if G~=0
        s3=num2str(G);
    RK;
    end
    G=str2num(get(edit15, 'String'));
    if G~=0
        s4=num2str(G);
    RK;
    end
        title('Variasi Gravitasi');
elseif s5==1
    M=str2num(get(edit12, 'String'));
        s1=num2str(M);
    RK;
    M=str2num(get(edit13, 'String'));
        s2=num2str(M);

    RK;

    M=str2num(get(edit14, 'String'));
    if M~=0
        s3=num2str(M);
    RK;
    end
    M=str2num(get(edit15, 'String'));
    if M~=0
        s4=num2str(M);
    RK;
    end
        title('Variasi Massa');
elseif s6==1
r=str2num(get(edit12, 'String'));
        s1=num2str(r);
    RK;
    r=str2num(get(edit13, 'String'));

```

```

        s2=num2str(r);
RK;

r=str2num(get(edit14, 'String'));
if r~=0
    s3=num2str(r);
RK;
end
r=str2num(get(edit15, 'String'));
if r~=0
    s4=num2str(r);
RK;
end
    title('Variasi Jari-jari');
elseif s7==1
B=str2num(get(edit12, 'String'));
    s1=num2str(B);
RK;
B=str2num(get(edit13, 'String'));
    s2=num2str(B);
RK;
B=str2num(get(edit14, 'String'));
if r~=0
    s3=num2str(B);
RK;
end
B=str2num(get(edit15, 'String'));
if B~=0
    s4=num2str(B);
RK;
end
    title('Variasi Beta');

else
    RK;
if pill==pil2
        edit1a=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 95 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
        labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 90 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah x :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...

```



```

'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
rata=mean(vxt); set(edit1a,'string',rata);
    edit1b=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 75 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
    labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 70 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah y :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
rata=mean(vyt); set(edit1b,'string',rata);
    title('V arah x dan y');

end
end

hold off

Nama file RK.m
n=360; dt=1; dy=1; dx=1;
rx=r; ry=r;
e=(r*vxt(1)^2)/(G*M)-1;
dtheta=pi/180;
for i= 2:n
if pil1==1
    k1=-G*M*xt(i-1)/(r^B);
    k2=-(G*M*xt(i-1)/(r^B))+0.5*dt*k1;
    k3=-(G*M*xt(i-1)/(r^B))+0.5*dt*k2;
    k4=-(G*M*xt(i-1)/(r^B))+dt*k3;
    vxt(i)=vxt(i-1)+(k1+2*k2+2*k3+k4)*dt/6;

    xt(i,1)=xt(i-1)+(vxt(i))*dt;
end
if pil2==1

    k1=-G*M*yt(i-1)/(r^B);
    k2=-(G*M*yt(i-1)/(r^B))+0.5*dt*k1;
    k3=-(G*M*yt(i-1)/(r^B))+0.5*dt*k2;
    k4=-(G*M*yt(i-1)/(r^B))+dt*k3;
    vyt(i)=vyt(i-1)+(k1+2*k2+2*k3+k4)*dt/6;

```

```

yt(i,1)=yt(i-1)+(vyt(i))*dt;

end

if pill==pil2
    k1=-G*M*xt(i-1)/(r^B);
    k2=-(G*M*xt(i-1)/(r^B))+0.5*dt*k1;
    k3=-(G*M*xt(i-1)/(r^B))+0.5*dt*k2;
    k4=-(G*M*xt(i-1)/(r^B))+dt*k3;
    vxt(i)=vxt(i-1)+(k1+2*k2+2*k3+k4)*dt/6;
    xt(i,1)=xt(i-1)+(vxt(i))*dt;
    k1=-G*M*yt(i-1)/(r^B);
    k2=-(G*M*yt(i-1)/(r^B))+0.5*dt*k1;
    k3=-(G*M*yt(i-1)/(r^B))+0.5*dt*k2;
    k4=-(G*M*yt(i-1)/(r^B))+dt*k3;
    vyt(i)=vyt(i-1)+(k1+2*k2+2*k3+k4)*dt/6;
    yt(i,1)=yt(i-1)+(vyt(i))*dt;
end

end
o1=o1+1;
if jml==0
    if pill ~= pil2
        if pill==1
            plot(vxt,'-.b');
            edit1a=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 95 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
            labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 90 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah x :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
            rata=mean(vxt); set(edit1a,'string',rata);

            elseif pil2==1
                plot(vyt,'.-g');
                edit1a=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 95 50 20],...
'style','edit',...

```

```

'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
    labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 90 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah y :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
rata=mean(vyt); set(edit1a,'string',rata);

    end
    else
%       V(:,1)=vxt';V(:,2)=vyt';
    plot((1:n),vyt,'.-r',(1:n),vxt,'.-g'); hold on
% plot(xt,yt);
legend (l1,l2);

    end
    hold on;
else
    k=ol-1;
    if k==1
edit1a=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 95 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

        if pill==1
            plot(vxt,'.-b'); hold on
            vxt1=vxt;
            labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 90 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah x 1:',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
rata=mean(vxt); set(edit1a,'string',rata);
        else

```

```

        plot(vyt, '-b'); hold on
        vyt1=vyt;
        labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 90 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah y 1:',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
rata=mean(vyt); set(edit1a,'string',rata);

        end

        legend ([s1]);

        elseif k==2
            edit1b=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 75 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

            if pill==1
                plot((1:n),vxt, '-b', (1:n),vxt1, '-g'); hold on
                vxt2=vxt;
                labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 70 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah x 2:',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
                rata=mean(vxt); set(edit1b,'string',rata);
            else
                plot((1:n),vyt, '-b', (1:n),vyt1, '-g'); hold on
                vyt2=vyt;
                labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 70 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah y 2:',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...

```

```

'fontweight','bold');
rata=mean(vyt); set(edit1b,'string',rata);
end
%       plot(xt1,yt1,'.-b',xt,yt,'.-g'); hold on
       legend (s2,s1);
elseif k==3
    edit1c=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 55 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

    if pill==1
        plot((1:n),vxt,'.-b',(1:n),vxt1,'.-g',(1:n),vxt2,'.-r');
hold on
        vxt3=vxt;
        labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 50 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah x 3:',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
rata=mean(vxt); set(edit1c,'string',rata);
    else
        plot((1:n),vyt,'.-b',(1:n),vyt1,'.-g',(1:n),vyt2,'.-r');
hold on
        vyt3=vyt;
        labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 50 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah y 3:',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
rata=mean(vyt); set(edit1c,'string',rata);
    end
    legend (s3,s1,s2);
%       xt3=xt;yt3=yt;
elseif k==4
edit1d=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 35 50 20],...
'style','edit',...

```

```

'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

    if pill==1
        plot((1:n),vxt,'.-b',(1:n),vxt1,'.-g',(1:n),vxt2,'.-
r',(1:n),vxt3,'.-m'); hold on
%         vxt3=vxt;
        labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 30 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah x 4:',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
rata=mean(vxt); set(editld,'string',rata);
    else
        plot((1:n),vyt,'.-b',(1:n),vyt1,'.-g',(1:n),vyt2,'.-
r',(1:n),vyt3,'.-m'); hold on
%         vyt3=vyt;
        labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 30 60 20],...
'style','Text',...
'string','V arah y 4:',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
rata=mean(vyt); set(editld,'string',rata);
    end
    legend (s4,s1,s2,s3);
end

hold off
end

Nama file L1.m

%=====
edit31=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[91 61 68 13],...
'style','text',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9]);

s1=0; s2=1;s3=0;s4=0;s5=0;s6=0;s7=0;
%=====

```

```

labell1=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 205 80 20],...
'style','Text',...
'string','V0 arah y 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit12=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 210 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 185 80 20],...
'style','Text',...
'string','V0 arah y 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit13=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 190 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 165 80 20],...
'style','Text',...
'string',' V0 arah y 3 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit14=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 170 50 20],...
'style','edit',...

```

```

'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 145 80 20],...
'style','Text',...
'string','V0 arah y 4 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit15=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 150 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

Nama file kecepatan.m

%=====
edit31=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[110 175 50 20],...
'style','text',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9]);

p=1;s1=1; s2=0;s3=0;s4=0;s5=0;
%=====
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 55 80 10],...
'style','Text',...
'string','M atau L 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',8,...
'fontweight','bold');

edit12=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 57 50 10],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...

```



```

'fontname','comic',...
'fontsize',8,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 45 80 10],...
'style','Text',...
'string','M atau L 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',8,...
'fontweight','bold');

edit13=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 47 50 10],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',8,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 35 80 10],...
'style','Text',...
'string',' M atau L 3 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',8,...
'fontweight','bold');

edit14=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 37 50 10],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',8,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 25 80 10],...
'style','Text',...
'string','M atau L 4 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',8,...
'fontweight','bold');

edit15=uicontrol('parent',win1,...

```

```

'units','points',...
'position',[555 27 50 10],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',8,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 15 80 10],...
'style','Text',...
'string','M atau L 5 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',8,...
'fontweight','bold');

edit16=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 17 50 10],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',8,...
'fontweight','bold');

Nama file jari2.m

%=====
edit31=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[91 135 69 18],...
'style','text',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9]);

s1=0; s2=0;s3=0;s4=0;s5=0;s6=1;s7=0;
%=====
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 205 80 20],...
'style','Text',...
'string','Jari-jari 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit12=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 210 50 20],...

```

```

'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 185 80 20],...
'style','Text',...
'string','Jari-jari 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit13=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 190 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 165 80 20],...
'style','Text',...
'string',' Jari-jari 3 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit14=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 170 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 145 80 20],...
'style','Text',...
'string','Jari-jari 4 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...

```

```

'fontweight','bold');

edit15=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 150 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

Nama file gravitasi.m

%=====
edit31=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[91 175 69 18],...
'style','text',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9]);

s1=0; s2=0;s3=0;s4=1;s5=0;s6=0;s7=0;
%=====
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 205 80 20],...
'style','Text',...
'string','Gravitasi 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit12=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 210 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 185 80 20],...
'style','Text',...
'string','Gravitasi 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

```

```

edit13=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 190 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 165 80 20],...
'style','Text',...
'string',' Gravitasi 3 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit14=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 170 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 145 80 20],...
'style','Text',...
'string','Gravitasi 4 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit15=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 150 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

Nama file geser.m
pan on;
zoom off; brush off;

```

```

Nama file gerak.m
clc;
r=0;
r=str2num(get(edit1,'string'));
n=360; dt=1;
sud=deg2rad(0);
r0=r;
e=str2num(get(edit2,'string'));
j=1;k=1;
dte=0;
rmax=r0*((1+e)/(1-e));
sel=abs(rmax-r0)/179;%sel=0;
for i=2:180
    r(i)=r(i-1)+sel;
end
R(1,:)=r(180:-1:1);
r(181:360)=R;
r(361:720)=r;
for i= 2:n
if i >=3 && i <=90
for j=j:91
    sud=deg2rad(j);
    b=r(j)*cos(sud);
    a=xt1(k-1);
    if b<a
        xt1(k)=b;
        yt1(k)=r(j)*sin(sud);
        i=j;
        l=k+2
        plot(xt1,yt1,'-b');hold on
        plot(0,0,'.r');
        plot(xt1(k),yt1(k),'.r'); hold off;
        pause(0.05);k=k+1;

        break
    end
end
elseif i >=270
    if l==0
        break;
    end
    xt1(k)=xt1(l);
    yt1(k)=-yt1(l);
    l=l-1;
    plot(xt1,yt1,'-b');hold on
    plot(0,0,'.r');
    plot(xt1(k),yt1(k),'.r'); hold off;
    pause(0.05);k=k+1;
else
    yt1(k)=r(i-1)*sin(sud);    xt1(k)=r(i-1)*cos(sud);
    sud=deg2rad(i);
    plot(xt1,yt1,'-b');hold on

```

```

    plot(0,0,'.r');
        plot(xt1(k),yt1(k),'.r'); hold off;
pause(0.05);k=k+1;
end
end

```

```

minor=2*max(yt1);
mayor=r0+rmax;
set(edit5,'string',r0);
set(edit6,'string',rmax);
set(edit7,'string',minor);
set(edit8,'string',mayor);

```

Nama file beta1.m

```

%=====
edit311=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[91 116 69 18],...
'style','text',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9]);

s1=0; s2=0;s3=0;s4=0;s5=0;s6=0;s7=1;
%=====
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 205 80 20],...
'style','Text',...
'string','Beta 1 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit12=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 210 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell1=uicontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 185 80 20],...
'style','Text',...
'string','Beta 2 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

```

```

edit13=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 190 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 165 80 20],...
'style','Text',...
'string',' Beta 3 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit14=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 170 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
labell=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[485 145 80 20],...
'style','Text',...
'string','Beta 4 :',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','Times New Roman',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');

edit15=icontrol('parent',win1,...
'units','points',...
'position',[555 150 50 20],...
'style','edit',...
'string','0',...
'backgroundcolor',[.8 .8 .9],...
'fontname','comic',...
'fontsize',10,...
'fontweight','bold');
Nama file besar.m
zoom on;
pan off; brush off;

```