



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

SIMULASI ORBIT PLANET TERHADAP MATAHARI MENGUNAKAN DELPHI 7

SKRIPSI



**FEBRIANTI
04135013**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**SIMULASI ORBIT PLANET TERHADAP MATAHARI
MENGUNAKAN DELPHI 7**

Yang disusun oleh :

FEBRIANTI

04 135 013

Telah dipertahankan di diepan penguji
Pada tanggal 7 Februari 2011
dan dinyatakan lulus memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Pembimbing utama,

Afdal, M.Si

Anggota tim penguji lainnya,

Arif Budiman, M.Si

Ardian Putra, M.Si

Dwi Pujiastuti, M.Si

Pembimbing:

Afdal, M.Si

Nip. 19760106 2000 031001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan dan melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Simulasi Orbit Planet Terhadap Matahari Menggunakan Delphi 7” ini, skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada program pendidikan Strata-1 Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Andalas (UNAND) Padang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan ribuan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Afdal, M.Si selaku pembimbing Utama yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis demi kesempurnaan skripsi ini.
2. Bapak Arif Budiman, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas, atas segala ilmu, bantuan, nasehat dan arahan selama ini.
3. Bapak dan Ibu Dosen serta staf akademik Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Andalas tanpa terkecuali yang telah mendidik dan memberikan ilmu serta pelayanan administrasi dengan baik
4. Rekan-rekan mahasiswa angkatan 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 dan 2007 Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Andalas yang telah yang telah banyak membantu penulis, baik langsung maupun tidak langsung..

5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Teristimewa penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan tiada terhingga kepada Ayahanda dan Ibunda serta keempat saudara dan keluarga besarku tercinta yang senantiasa mendo'akan dan selalu memberikan kasih sayang dan motivasi.

Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga segala bantuan, bimbingan dan semua yang telah diberikan berbagai pihak mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Akhirnya penulis persembahkan skripsi ini agar bermanfaat bagi dunia ilmu pengetahuan dimasa depan. Amien.

Padang, 2 Februari 2011

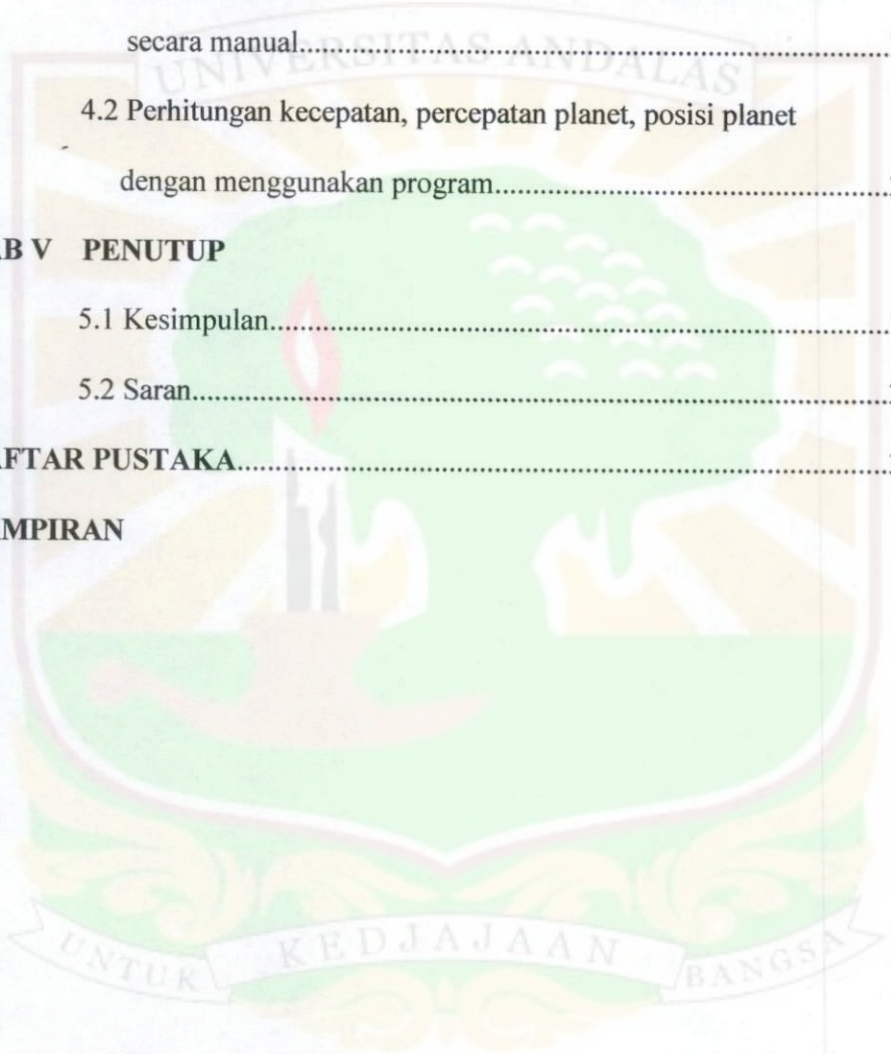
Penulis,

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
INTISARI.....	vii
ABSTRACT.....	viii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah.....	3
1.3 Tujuan penelitian.....	3
1.4 Manfaat penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Pemrograman Delphi.....	4
2.1.1 Pengenalan Delphi.....	4
2.1.2 Visualisasi dalam Delphi.....	5
2.1.3 Tee Chart.....	5
2.2 Hukum Tentang Pergerakan planet.....	6
2.2.1. Hukum Kepler untuk gerak planet	7
2.2.2. Hukum Gravitasi Universal Newton.....	8
2.3 Metode Numerik.....	11

2.3.1. Pengertian Metode Numerik.....	11
2.3.2. Solusi Numerik Persamaan Diferensial Biasa.....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Perhitungan kecepatan, percepatan planet, posisi planet secara manual.....	31
4.2 Perhitungan kecepatan, percepatan planet, posisi planet dengan menggunakan program.....	34
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....	38
LAMPIRAN	

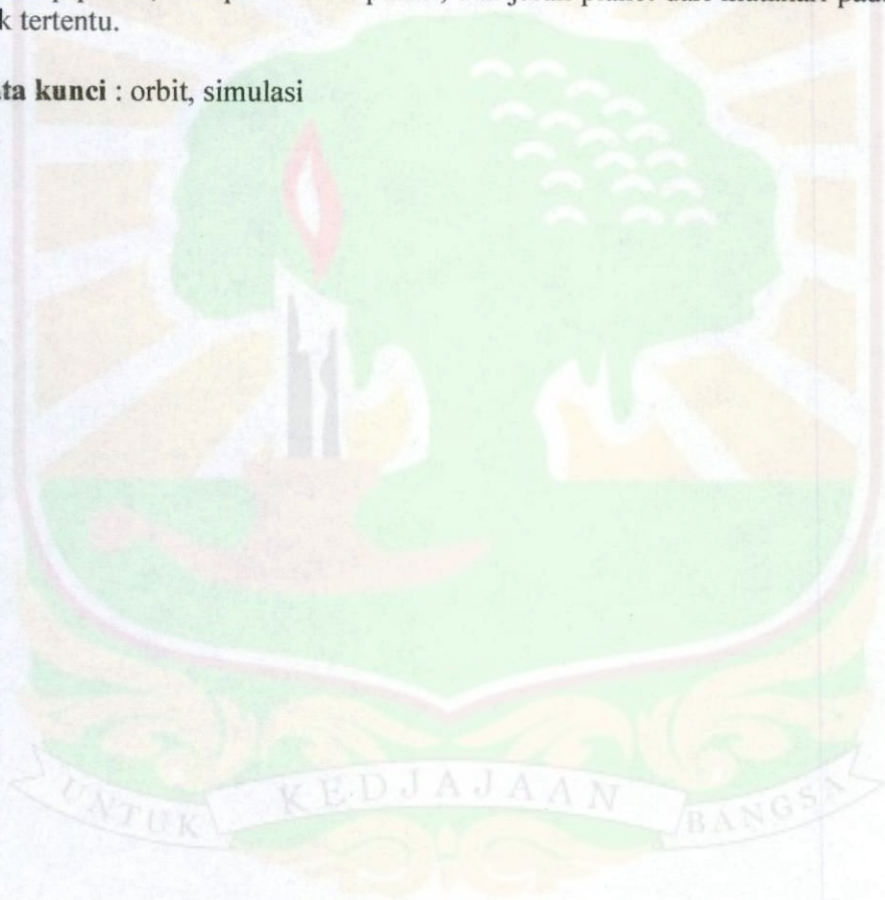


Simulasi Orbit Planet Terhadap Matahari Menggunakan Delphi 7

INTISARI

Telah dilakukan suatu rancang-bangun program simulasi orbit planet terhadap matahari menggunakan Delphi 7. Program ini memiliki kemampuan dalam mensimulasikan dengan baik orbit planet terhadap matahari secara dua dimensi. Perhitungan yang dilakukan dalam program ini meliputi pengolahan parameter pergerakan, yaitu massa, kecepatan, sudut awal lintasan pergerakan planet dan koordinat awal planet. Hasil yang didapatkan dari program ini adalah gaya gravitasi antara planet dan matahari, percepatan yang dilakukan matahari terhadap planet, kecepatan orbit planet, dan jarak planet dari matahari pada suatu titik tertentu.

Kata kunci : orbit, simulasi



Simulation of Planetary Orbit To Sun Using Delphi 7

ABSTRACT

The build of a simulation of planetary orbit to sun program using Delphi 7 has been done. This program has an ability to nicely simulating planetary orbit. The calculation done in this program include the calculation of planet movement parameter, which is masse, speed, first angle of planet movement track and the planet's first coordinate. The result of this program is value of gravitation force, acceleration of sun to the planet, planet velocity and distance between planet and sun on one point.

Keyword : orbit, simulation.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tata surya adalah sekelompok benda langit yang terdiri atas matahari sebagai pusatnya, dan planet-planet, komet asteroid, serta meteoroid yang berputar mengelilingi matahari. Garis edar anggota tata surya mengelilingi matahari disebut dengan orbit

Dalam kehidupan sehari-hari, fenomena orbit planet ini dapat dijelaskan dengan mengumpamakan sebuah bola yang diikatkan pada ujung sebuah tali. Kemudian bola tersebut diputar dengan ujung tali lainnya sebagai sumbu putarnya. Bola tersebut akan bergerak dengan lintasan yang berbentuk lingkaran. Pada kasus ini, lintasan bola berbentuk sebuah lingkaran dikarenakan gaya gravitasinya sangat kecil yang disebabkan oleh massa bola yang kecil dan massa sumbu putarnya yang juga kecil atau hampir tak bermassa.

Dalam pelajaran fisika disekolahpun, diperkenalkan orbit planet sebagai contoh dari gerak melingkar. Dalam pelajaran tata surya, hukum peredaran planetpun, hanya membahas tentang kesetaraan hukum Keppler dan hukum gravitasi Newton, tanpa memperhitungkan bagaimana orbit planet tersebut berupa ellips.

Walaupun gaya gravitasi termasuk gaya lemah dan sering diabaikan pada perhitungan mekanika gerak, namun apabila tidak diperhitungkan, akan berdampak pada hasil akhir perhitungan sebuah kasus. Apalagi jika kasus

melibatkan massa benda yang cukup besar seperti planet dan matahari. Apabila gaya gravitasi ini diabaikan, maka orbit planet akan berupa sebuah lingkaran, atau mungkin tidak memiliki orbit sama sekali. Hal ini tentu saja tidak sesuai dengan kenyataannya, bahwa orbit planet berbentuk ellips.

Pada tahun 2007 telah dilakukan penelitian tentang Visualisasi Dua Dimensi Tumbukan Bola Pejal Dengan Menggunakan Delphi 7. Sebagai hasilnya didapatkan visualisasi keadaan tumbukan dua bola pejal secara dua dimensi dan perhitungan parameter bola pejal sesudah terjadinya tumbukan. Perhitungan kecepatan akhir, sudut yang dibentuk sebelum tumbukan, sudut yang terbentuk setelah tumbukan mencatat keakuratan yang cukup tinggi (Jais, Hardinal, 2007).

Oleh karena itu penulis tertarik untuk membuat suatu program simulasi orbit planet mengelilingi matahari berdasarkan hukum gravitasi umum Newton dengan menggunakan bahasa pemrograman *delphi 7*. Dengan dibuatnya program ini penulis berharap pengaruh gaya gravitasi terhadap benda-benda dapat dipahami dengan baik. Penulis juga berharap dapat memperlihatkan kepada siswa, mahasiswa maupun masyarakat umum, gambaran posisi planet terhadap matahari, kecepatan planet pada suatu titik lintasan, besar gaya gravitasi yang mempengaruhi, sudut yang dibentuk, dan besarnya percepatan yang dialami planet dengan benar sehingga tidak ada lagi keraguan tentang lintasan planet yang sebenarnya.

1.2 Batasan Masalah

Perancangan program simulasi orbit planet terhadap matahari dalam dua dimensi.

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membuat program simulasi orbit planet terhadap matahari dengan bahasa pemrograman *Delphi 7*.

1.4 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk :

1. bagi Universitas Andalas; penelitian ini bermanfaat dalam pengembangan ilmu fisika
2. guru sekolah; penelitian ini dapat menjadi rujukan untuk pengajaran fisika di sekolah agar materi yang disuguhkan lebih luas serta mengembangkan wawasan tentang ilmu fisika yang telah ada sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Pemrograman Delphi

2.1.1 Pengenalan Delphi

*Delphi*TM dari *Borland*[®] merupakan salah satu bahasa pemrograman yang bekerja di bawah ruang lingkup sistem operasi *Microsoft Windows*TM dan *Linux*TM. *Delphi* memiliki beberapa keunggulan, yaitu pada produktivitas, kualitas, pengembangan perangkat lunak, kecepatan *compiler*, pola desain yang menarik serta diperkuat dengan bahasa pemrograman yang terstruktur dalam bahasa pemrograman tingkat tinggi *Pascal*. Pola desain ini memiliki tampilan seperti program aplikasi lain yang berbasis *Windows*.

Delphi memiliki kemampuan penggambaran yang memungkinkan pengguna untuk menciptakan suatu program grafis. Program grafis meliputi perhitungan koordinat dan penggambaran suatu objek pada *canvas* yang merupakan media gambar pada *Delphi*. Dengan prinsip ini, pengguna dapat menggambarkan garis koordinat, memperhitungkan skala penggambaran, menggambar beberapa titik pada koordinat tertentu saja maupun menggambar serangkaian titik-titik dalam posisi yang berdekatan sehingga membentuk suatu gambaran grafik yang kontinu. Pada umumnya, pengguna harus membuat prosedur penggambaran sendiri dalam mengembangkan program grafisnya. Selain itu terdapat juga program-program tambahan yang dikembangkan para pengembang perangkat lunak untuk berbagai keperluan pemrograman *Delphi*.

2.1.2 Visualisasi Dalam Delphi

Visualisasi, yaitu penggambaran gerak dari objek atau grafik, dapat dilakukan dengan menambahkan *efek bergerak*. Efek bergerak akan muncul dengan dua cara :

- (1) Menghapus objek dan kemudian menggambarkannya kembali pada posisi yang berdekatan dalam rentang waktu tertentu secara berulang-ulang, yang biasanya dilakukan dalam visualisasi gerakan suatu objek
- (2) Menambahkan objek berikutnya setiap rentang waktu tertentu, yang biasanya digunakan dalam visualisasi grafik. Visualisasi dapat dilakukan dengan menggunakan komponen *Timer* yang melakukan proses berulang-ulang dengan rentang waktu antar proses sebagai suatu variabel

2.1.3 TeeChart

*TeeChart*TM dari *Steema Software*[®] adalah suatu program tambahan (*add-ons*) untuk *Delphi*, yang memudahkan pengguna dalam membuat suatu grafik dengan berbagai bentuk yang tersedia sesuai kebutuhan. Bentuk-bentuk grafik yang tersedia antara lain bentuk yang umum seperti *Line*, *Bar* dan *Pie*, dan bentuk yang lebih khusus seperti *Gantt*, *Polar*, *Gauge* dan *Map*, grafik yang khusus untuk penggambaran grafik 3 dimensi seperti *Surface*, *Contour* dan *Vector 3D*, dan lainnya.

Saat *TeeChart* diinstal, *TeeChart* akan menambahkan unit-unit *chart* pada program *Delphi* yang terinstal pada komputer, dengan nama-nama prosedur yang sesuai dengan format penulisan prosedur standar pada *Delphi*. Kesesuaian unit

TeeChart pada *Delphi* tampak pada juga munculnya *Code Completion* pada saat penulisan program, seperti pada penulisan prosedur-prosedur standar *Delphi*. *Code Completion* adalah suatu menu yang muncul di saat pengetikan program telah mencapai tanda titik setelah menulis suatu nama objek yang telah dideklarasikan sebelumnya. *Code Completion* memberikan petunjuk kemungkinan-kemungkinan subprosedur yang dapat digunakan pada rangkaian prosedur tersebut. Komponen-komponen *TeeChart* akan muncul pada *Component Palette*, bergabung dengan komponen lainnya sesuai dengan kategorinya. Dengan demikian, penggunaan prosedur-prosedur *TeeChart* menjadi sangat mudah dan menyatu dengan sistem *Delphi* secara umum.

2.2 Hukum Tentang Pergerakan planet

Sekilas terlihat bahwa kebanyakan benda di alam yang mengorbit suatu benda yang lain bergerak dalam lintasan yang berbentuk lingkaran, tetapi sesungguhnya, apabila diperhitungkan secara fisika, orbit tersebut lebih menyerupai elips.

Semua planet, satelit dan bulan dalam tata surya kita bergerak di sepanjang orbit elips. Matahari sebagai sumbu putarnya, berada pada salah satu titik fokus elips. Karena itu, planet bergerak mendekati dan menjauhi matahari dalam setiap orbitnya. Titik terdekat dengan matahari dinamakan *perihelion*, dan titik terjauh dinamakan *aphelion*. Bumi hanya memiliki jarak *aphelion* 3% lebih besar dari *perihelion*nya. Sedangkan planet yang paling lonjong orbitnya adalah pluto. Jarak *aphelion* pluto dari matahari 66% lebih besar dari jarak *perihelion*nya.

Selain itu, besar kecepatan planet-planet dalam mengorbit matahari, juga tidak selalu konstan, tetapi berubah sesuai dengan percepatan yang dilakukan oleh matahari terhadap planet. Percepatan ini terjadi sebagai akibat adanya gaya interaksi antara matahari dan planetnya.

2.2.1 Hukum Kepler untuk gerak planet

Hukum gravitasi Newton dapat menjelaskan dengan sangat teliti gerak planet-planet mengelilingi matahari. Namun jauh sebelum Newton merumuskan hukum gravitasinya, Johannes Kepler, seorang astronomer Jerman, yang hidup pada abad ke 17, menemukan hukum tentang orbit planet yaitu :

Hukum I Kepler

Setiap planet bergerak mengelilingi matahari dalam lintasan yang berbentuk elips dan matahari terletak pada salah satu titik fokus elips (elips memiliki dua titik fokus)

Hukum II Kepler

Pada selang waktu yang sama, garis penghubung planet dan matahari menyapu daerah yang luasnya sama.

Hukum III Kepler

Perbandingan kuadrat periode revolusi planet mengelilingi matahari dengan pangkat tiga jarak rata-rata planet ke matahari sama untuk semua planet.

Hukum pertama pergerakan planet menetapkan bahwa planet bergerak dalam orbit berbentuk elips. Hukum keduanya menjelaskan bahwa planet bergerak lebih cepat ketika berada dekat dengan matahari daripada ketika jauh dari matahari. Hukum Kepler tentang pergerakan planet ini memperkuat hukum Gravitasi Umum Newton.

2.2.2 Hukum Gravitasi Universal Newton

Pada abad ketujuh belas Newton menemukan bahwa ada interaksi yang sama yang menyebabkan apel jatuh dari pohon dan menahan planet pada orbitnya mengelilingi matahari. Interaksi ini kemudian dikenal dengan gaya gravitasi. Ini adalah awal dari mekanika benda angkasa, pelajaran tentang dinamika objek di luar angkasa. Pengetahuan tentang mekanika benda angkasa memungkinkan kita untuk menentukan bagaimana meletakkan sebuah satelit pada suatu orbit yang diinginkan tempatnya mengelilingi bumi atau untuk memilih lintasan yang tepat untuk mengirimkan pesawat ruang angkasa ke planet lain.

Gaya gravitasi selalu bekerja sepanjang garis yang menghubungkan dua buah partikel, dan membentuk pasangan aksi reaksi. Walaupun massa kedua partikel berbeda, kedua gaya interaksinya mempunyai besar yang sama. Gaya tarik yang dikeluarkan planet yang bekerja pada matahari akan mempunyai besar yang sama seperti gaya matahari yang bekerja pada planet tetapi arahnya berlawanan. Gaya gravitasi inilah yang mengikat planet-planet sehingga tetap berada dalam sistem tata surya, meskipun planet-planet tersebut selalu bergerak. Arah gaya gravitasi selalu sejajar dengan garis hubung kedua benda.

Walaupun gaya gravitasi termasuk gaya lemah dan sering diabaikan pada perhitungan mekanika gerak, namun apabila tidak diperhitungkan dengan cermat, akan berdampak pada hasil akhir perhitungan sebuah kasus. Apalagi jika kasus melibatkan massa benda yang cukup besar seperti planet dan matahari. Apabila gaya gravitasi ini diabaikan, maka orbit planet akan berupa sebuah lingkaran, atau

mungkin tidak memiliki orbit sama sekali. Hal ini tentu saja tidak sesuai dengan kenyataannya, bahwa orbit planet berbentuk ellips.

Gravitasi bekerja dengan cara mendasar yang sama antara bumi dan badan kita, antara matahari dan sebuah planet, dan antara sebuah planet dengan salah satu bulannya. Contoh gaya tarik gravitasi yang telah akrab dengan kita adalah berat badan kita, gaya yang menarik kita ke bumi. Newton menemukan karakter dasar dari gaya tarik gravitasi antara dua benda, apapun itu.

Bersamaan dengan ketiga hukumnya tentang gerak, Newton mempublikasikan hukum gravitasi umum (*law of universal gravitation*) pada tahun 1687. Hukum itu berbunyi sebagai berikut:

"Setiap partikel dari bahan di alam semesta menarik setiap partikel lain dengan gaya yang berbanding lurus dengan hasil kali massa-massa partikel dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak di antara partikel-partikel tersebut."

Dengan menerjemahkan hukum gravitasi umum ke dalam sebuah persamaan, kita dapatkan:

$$F_g = G \frac{M.m}{r^2} \text{ (hukum gravitasi)(2.1)}$$

di mana

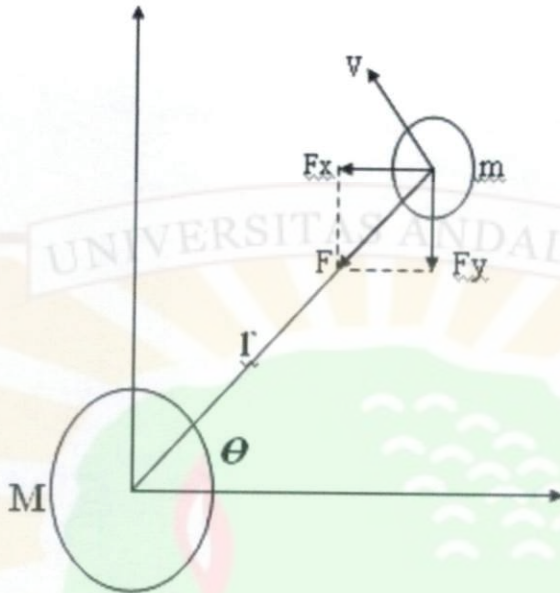
F_g = besar gaya gravitasi pada salah satu partikel (N)

M = massa benda pertama (kg)

m = massa benda kedua (kg)

r = jarak kedua benda (m)

G = konstanta gravitasi umum = $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.



Gambar 2.1 Diagram gaya antara planet dan matahari

Hukum kedua Newton tentang gerak menyatakan " Resultan gaya yang bekerja pada suatu benda sebanding dengan perkalian massa benda dan percepatannya",

$$\Sigma F = ma \dots\dots\dots(2.2)$$

pada kasus gerak orbit planet

$$F_g = -G \frac{Mm}{r^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

maka :

$$ma = G \frac{M.m}{r^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$ma = -G \frac{Mm}{(x^2 + y^2)^{1/2}} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$a = -G \frac{M}{(x^2 + y^2)^{1/2}} \dots\dots\dots(2.7)$$

2.3 Metode Numerik

2.3.1 Pengertian Metode Numerik

Metode numerik adalah teknik yang digunakan untuk memformulasikan persoalan matematik sehingga dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan/aritmetika biasa (tambah, kurang, kali, dan bagi). Metode numerik ini digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial dengan bantuan komputer, ketika metode analitik sulit digunakan.

Perbedaan utama antara metode analitik dan metode numerik terletak pada dua hal. Pertama, solusi dengan menggunakan metode numerik selalu berbentuk angka sedangkan solusi yang didapatkan dengan metode analitik biasanya dalam bentuk fungsi matematik. Kedua, dengan metode numerik kita hanya memperoleh solusi yang menghampiri atau mendekati solusi sejati sehingga solusi numerik dinamakan juga dengan solusi hampiran atau solusi pendekatan, namun solusi hampiran dapat dibuat seteliti yang kita inginkan. Sebagai contoh ilustrasi penyelesaian dengan metode numerik, pandanglah sebuah persoalan integrasi berikut

$$I = \int_{-1}^1 (x^2 - 9) dx$$

Dengan metode analitik, kita dapat menemukan solusi sejatinya dengan mudah, yaitu dengan menggunakan teknik pengintegralan fungsi sederhana:

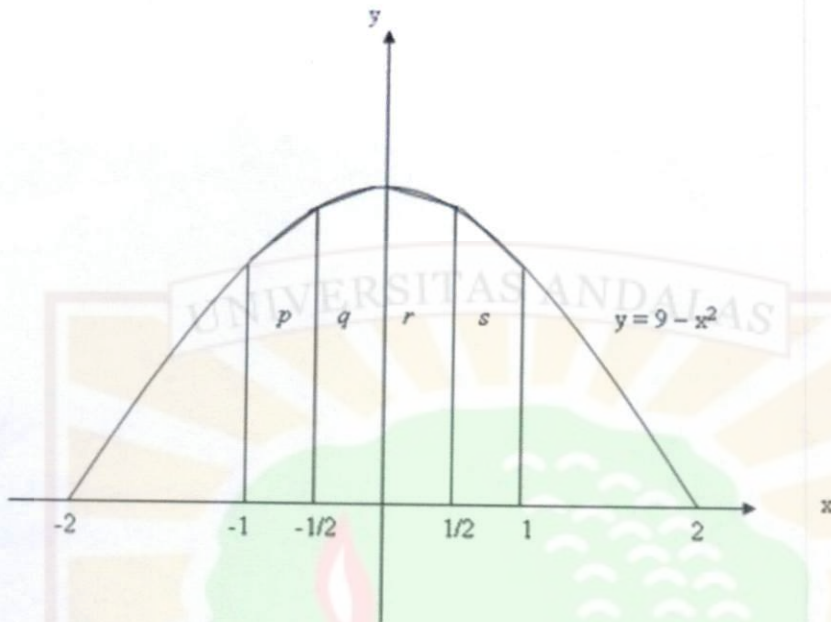
$$\int_a^b ax^n dx = \frac{1}{n+1} ax^{n+1} + C \dots\dots\dots(2.8)$$

Maka berdasarkan persamaan (2.10), kita dapat melakukan pengintegralan suku-suku dari fungsi integralnya lalu menghitung nilai integral tentunya sebagai berikut:

$$I = \int_{-1}^1 (9 - x^2) dx = \left[9x - \frac{1}{3} x^3 \right]_{x=-1}^{x=1} = \left\{ 9(1) - \frac{1}{3}(1) \right\} - \left\{ 9(-1) - \frac{1}{3}(-1) \right\} = \frac{52}{3}$$

Dengan nilai $9x - \frac{1}{3} x^3$ adalah solusi analitik dalam bentuk fungsi matematika, sedangkan $52/3$ adalah nilai numerik integral tentu yang diperoleh dengan cara mengevaluasi fungsi matematika tersebut untuk batas-batas integrasi $x = 1$ dan $x = -1$.

Sedangkan apabila persoalan integrasi di atas diselesaikan dengan metode numerik, akan didapatkan hasil sebagai berikut: interpretasi geometri integral $f(x)$, dari $x = a$ sampai $x = b$ adalah luas daerah yang dibatasi oleh kurva $f(x)$, sumbu- x , dan garis $x = a$ dan $x = b$. Luas daerah tersebut dihipotesis dengan cara sebagai berikut:



Gambar 2.2 integrasi $f(x) = 9 - x^2$ secara numerik

Daerah integrasi $[-1,1]$ dibagi atas sejumlah trapesium dengan lebar $0,5$ (gambar 2.1). Maka, luas daerah integrasi dihampiri dengan luas keempat buah trapesium:

$$\begin{aligned}
 I &\approx p + q + r + s \\
 &\approx \{[f(-1) + f(-1/2)]\} + \{[f(-1/2) + f(0)] \times 0,5/2\} + \\
 &\quad \{[f(0) + f(1/2)] \times 0,5/2\} + \{[f(1/2) + f(1)] \times 0,5/2\} \\
 &\approx 0,5/2 \{f(-1) + 2f(-1/2) + 2f(0) + 2f(1/2) + f(1)\} \\
 &\approx 0,5/2 \{8 + 17,5 + 18 + 17,5 + 8\} \\
 &\approx 0,5/2 \{69\} \\
 &\approx 17,25
 \end{aligned}$$

persentase kesalahan dari solusi numerik dengan solusi analitik adalah:

$$|17,25 - 52/3| = |17,25 - 17,33| = 0,08333$$

Persentase kesalahan ini dapat diperkecil dengan membuat lebar trapesium yang lebih kecil. Meskipun solusi dengan metode numerik merupakan hampiran, tetapi hasilnya dapat dibuat seteliti mungkin dengan mengubah parameter komputasi yaitu lebar trapesium dikurangi (Rinaldi Munir, 2003).

2.3.2 Solusi Numerik Persamaan Diferensial Biasa

Diferensial adalah laju perubahan sebuah peubah terhadap peubah lain. Untuk hukum Newton tentang persamaan gaya:

$$\sum F = 0 \dots\dots\dots(2.9)$$

$$ma = 0 \dots\dots\dots(2.10)$$

$$m \frac{dv}{dt} = 0 \dots\dots\dots(2.11)$$

$$m \frac{d^2 r}{dt^2} = 0 \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan m adalah massa benda. Karena r adalah fungsi dari t , maka persamaan (2.14) ditulis juga sebagai

$$mr''(t) = 0 \dots\dots\dots(2.13)$$

atau dalam bentuk yang lebih ringkas,

$$mr'' = 0 \dots\dots\dots(2.14)$$

Persamaan (2.14) mengandung fungsi $r(t)$ yang tidak diketahui rumus eksplisitnya, turunan pertamanya $r'(t)$, dan turunan kedua $r''(t)$. Pada persamaan (2.14), $r'(t)$ menyatakan laju perubahan posisi r terhadap waktu t .

Persamaan diferensial berperan penting di alam, sebab kebanyakan fenomena alam dirumuskan dalam bentuk diferensial. Persamaan diferensial

sering digunakan sebagai model matematika dalam bidang sains maupun dalam bidang rekayasa. Hukum-hukum dasar fisika biasanya didasarkan pada perubahan sifat fisik dan keadaan sistem. Hal ini biasanya dinyatakan dalam perubahan spasial (koordinat) dan temporal (waktu). Pada hukum Newton II menyatakan percepatan sebagai laju perubahan kecepatan setiap waktu, atau

$$a = \frac{dv}{dt} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan mengintegalkan persamaan diferensial, dihasilkan fungsi matematika yang menjelaskan keadaan spasial dan temporal sebuah sistem.

Persamaan (2.16), dapat ditemukan solusinya sebagai berikut:

$$a = \frac{dv}{dt}$$

$$a dt = dv \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\int a dt = \int dv \dots\dots\dots(2.17)$$

$$at + C_1 = v + C_2 \dots\dots\dots(2.18)$$

$$v = at + (C_1 - C_2) \dots\dots\dots(2.19)$$

dengan $C = C_1 - C_2$

$$v = at + C \dots\dots\dots(2.20)$$

dengan $v_0 = C$

$$v = v_0 + at \dots\dots\dots(2.21)$$

Jadi solusi analitiknya adalah

$$v(t) = v_0 + at \dots\dots\dots(2.22)$$

dengan v_0 adalah kecepatan awal pada waktu $t = 0$. Dengan cara yang sama $r(t)$ juga dapat dihitung yaitu:

$$v = \frac{dr}{dt} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$dr = v dt \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\int dr = \int v dt \dots\dots\dots(2.25)$$

$$\int dr = \int (at + v_0) dt \dots\dots\dots(2.26)$$

$$r + C_1 = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + C_2 \dots\dots\dots(2.27)$$

$$r = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + (C_2 - C_1) \dots\dots\dots(2.28)$$

dengan $C = C_2 - C_1$

$$r = \frac{1}{2} at^2 + v_0 t + C \dots\dots\dots(2.29)$$

dengan $r_0 = C$

$$r = r_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \dots\dots\dots(2.30)$$

Jadi solusi analitiknya adalah

$$r(t) = r_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \dots\dots\dots(2.31)$$

Penyelesaian persamaan diferensial secara numerik berarti menghitung nilai fungsi di $x_{n+1} = x_n + h$ dengan h adalah ukuran langkah setiap iterasi. Pada metode numerik, nilai awal berfungsi untuk memulai iterasi. Terdapat beberapa metode numerik yang sering digunakan untuk menghitung solusi persamaan

Metode Runge-Kutta adalah alternatif lain dari deret Taylor yang memiliki derajat ketelitian yang lebih tinggi tanpa membutuhkan perhitungan turunan. Secara umum metode Runge-Kutta dapat dituliskan sebagai berikut:

$$y_{n+1} = y_n + a_1 k_1 + a_2 k_2 + \dots + a_n k_n \dots\dots\dots(2.32)$$

dengan a_1, a_2, \dots, a_n adalah tetapan, dan

$$k_1 = hf(x_n, y_n)$$

$$k_2 = hf(x_n + p_1 h, y_n + q_{11} k_1)$$

$$k_3 = hf(x_n + p_2 h, y_n + q_{21} k_1 + q_{22} k_2)$$

...

$$k_r = hf(x_n + p_{r-1} h, y_n + q_{r-1,1} k_1 + q_{r-1,2} k_2 + \dots + q_{r-1,r-1} k_{r-1})$$

dengan nilai p_i, q_{ij} adalah parameter.

Metode Runge-Kutta dapat dibedakan atas 4, yaitu:

1. Metode Runge-Kutta orde satu

bentuk Metode Runge-Kutta orde satu adalah:

$$k_1 = hf(x_n, y_n)$$

$$y_{n+1} = y_n + (a_1 k_1) \dots\dots\dots(2.33)$$

2. Metode Runge-Kutta orde dua

bentuk Metode Runge-Kutta orde dua adalah:

$$k_1 = hf(x_n, y_n)$$

$$k_2 = hf(x_n + p_1 h, y_n + q_{11} k_1)$$

$$y_{n+1} = y_n + (a_1 k_1 + a_2 k_2) \dots\dots\dots(2.34)$$

3. Metode Runge-Kutta orde tiga

Metode Runge-Kutta yang paling sering digunakan adalah Metode Runge-Kutta orde tiga dan Metode Runge-Kutta orde empat karena kedua metode ini memiliki tingkat ketelitian solusi yang tinggi

(jika dibandingkan dengan Metode Runge-Kutta orde sebelumnya), mudah diprogram dan stabil.

Metode Runge-Kutta orde tiga berbentuk:

$$k_1 = hf(x_n, y_n)$$

$$k_2 = hf\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_1\right)$$

$$k_3 = hf(x_n + h, y_n - k_1 + 2k_2)$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 4k_2 + k_3) \dots \dots \dots (2.35)$$

4. Metode Runge-Kutta orde empat

Metode Runge-Kutta orde empat berbentuk:

$$k_1 = hf(x_n, y_n)$$

$$k_2 = hf\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_1\right)$$

$$k_3 = hf\left(x_n + \frac{1}{2}h, y_n + \frac{1}{2}k_2\right)$$

$$k_4 = hf(x_n + h, y_n + k_3)$$

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4) \dots \dots \dots (2.36)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan ini, berupa perancangan program simulasi orbit planet terhadap matahari dalam dua dimensi, berdasarkan hukum gravitasi umum Newton dengan menggunakan bahasa pemrograman *Delphi*. Perancangan program simulasi ini dilakukan dengan menggunakan metode numerik Runge-Kutta karena merupakan metode yang paling tinggi derajat ketelitiannya dan yang paling mudah diprogram.

Perancangan program simulasi ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu :



1. Perumusan masalah

Membuat program simulasi orbit planet terhadap matahari dalam dua dimensi berdasarkan hukum Gravitasi Umum Newton dengan menggunakan bahasa pemrograman *Delphi*.

2. Perumusan persamaan fisis

Persamaan yang digunakan dalam perancangan program simulasi ini diambil dari hukum Gravitasi Umum Newton yaitu persamaan (2.1). Kemudian persamaan (2.1) ini akan diubah ke dalam bentuk persamaan differensial yaitu persamaan (2.23) dan persamaan (2.32), agar dapat dikonversi ke dalam bentuk numerik.

3. Konversi persamaan fisis ke bentuk numerik

Persamaan differensial yang telah diperoleh (persamaan (2.23) dan persamaan (2.32)) diubah ke dalam bentuk numerik dengan menggunakan metode Runge-Kutta (persamaan (2.35)).

4. Perancangan algoritma / flowchart

Dalam merancang program simulasi gerak orbit planet terhadap matahari terdapat dua macam diagram alir yaitu diagram alir program simulasi gerak orbit planet terhadap matahari dan diagram alir pengolahan data. Diagram alir program simulasi gerak orbit planet terhadap matahari meliputi penginputan persamaan numerik yang telah didapatkan, data-data seperti nilai gravitasi, posisi awal planet dan matahari, kecepatan dan yang lainnya sampai didapatkan tampilan gerak orbit planet. Diagram alir program simulasi gerak orbit planet terhadap matahari adalah sebagai berikut :

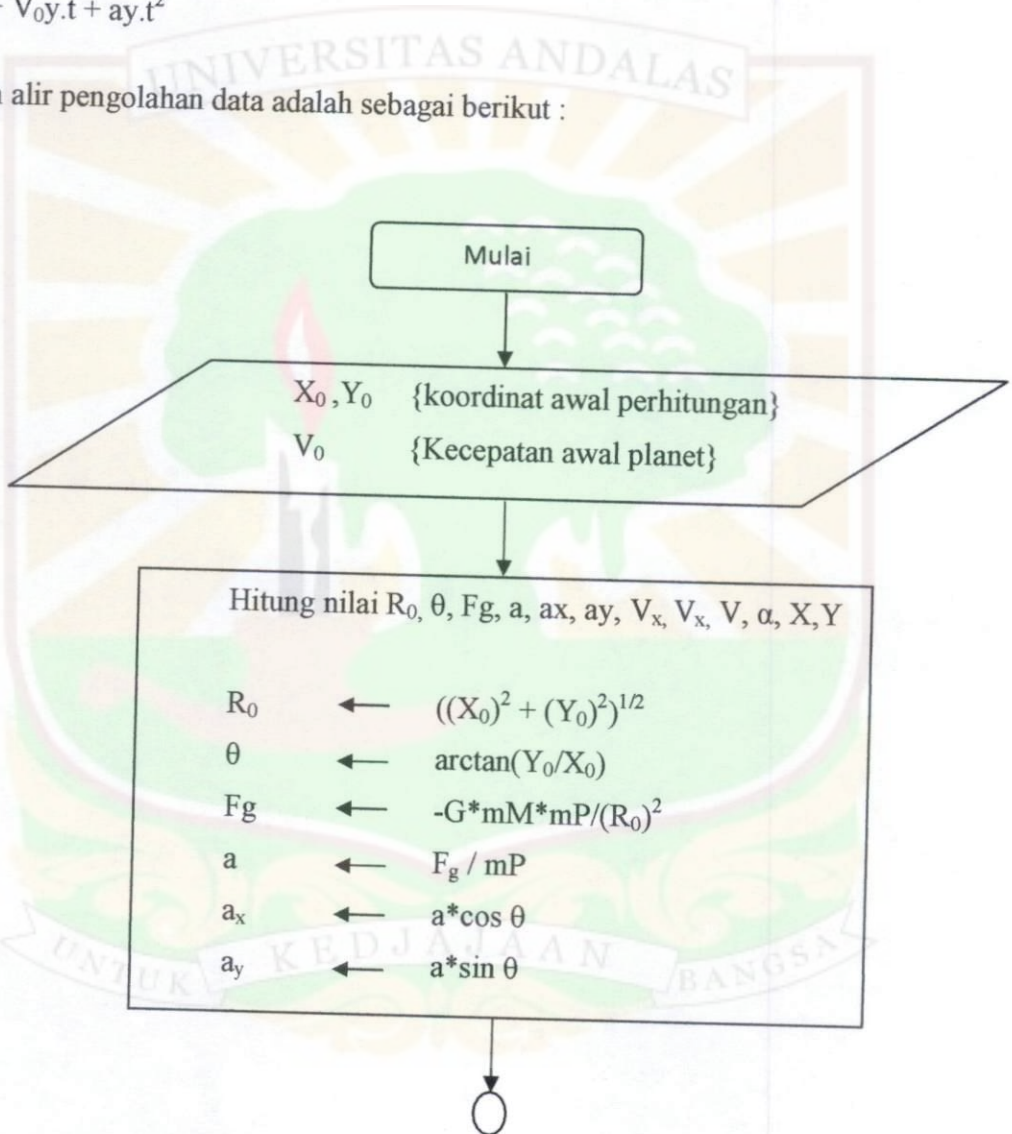
$$V = ((V_x)^2 + (V_y)^2)^{1/2}$$

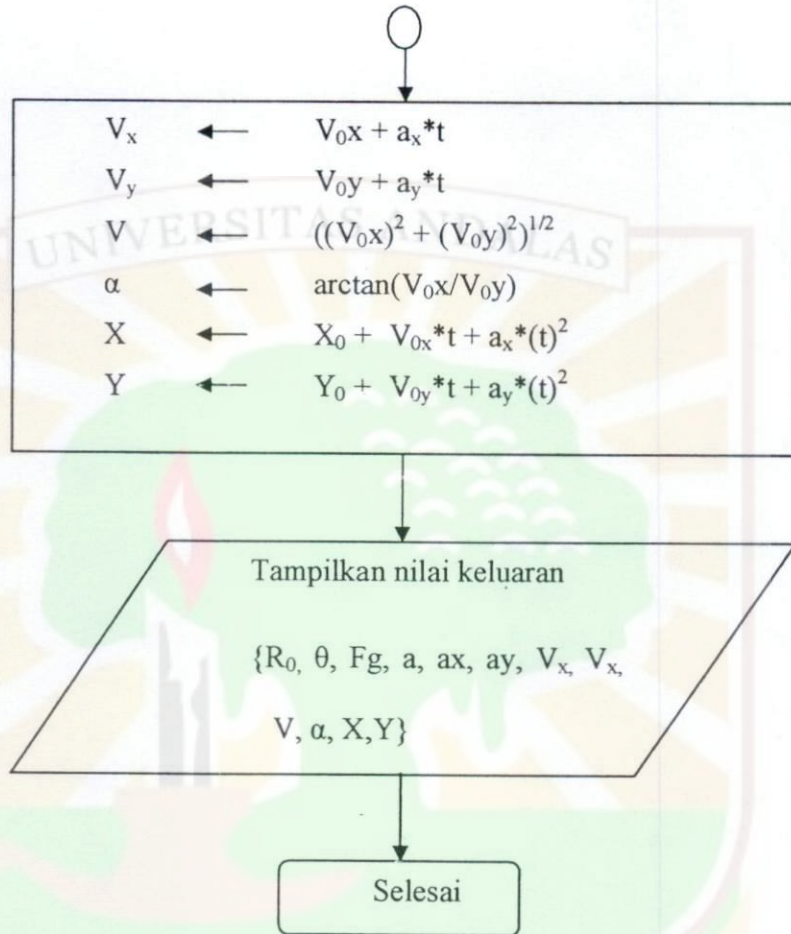
Nilai koordinat planet berikutnya dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$X = X_0 + V_{0x}.t + a_x.t^2$$

$$Y = Y_0 + V_{0y}.t + a_y.t^2$$

Diagram alir pengolahan data adalah sebagai berikut :





Pada kasus ini akan digambarkan simulasi 2 dimensi orbit planet mengelilingi matahari, dengan parameternya yaitu massa, kecepatan, sudut awal pergerakan planet dan koordinat titik awal pergerakan planet. Input-input dari program ini adalah :

1. Massa planet (m) dan matahari (M)
2. Kecepatan planet pada koordinat awal (V_0)
3. Sudut awal kecepatan planet terhadap jari-jari orbit (α_0)
4. Titik koordinat awal pergerakan planet (X_0, Y_0)
5. Waktu tempuh planet dari satu koordinat ke koordinat berikutnya (t)
6. Nilai Konstanta Gravitasi Umum (G), dengan nilai $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

Langkah kerja program adalah sebagai berikut :

Berdasarkan pada variabel-variabel yang diinput pada program, program akan melakukan pencacahan gerak dengan beda nilai antara tiap titik koordinat hasil pencacahan planet yang sangat kecil, sehingga didapatkan perkiraan posisi planet pada koordinat yang tepat.

Perhitungan pertama adalah perhitungan jarak planet dan matahari atau jari-jari orbit pada titik awal pergerakan. Jarak ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

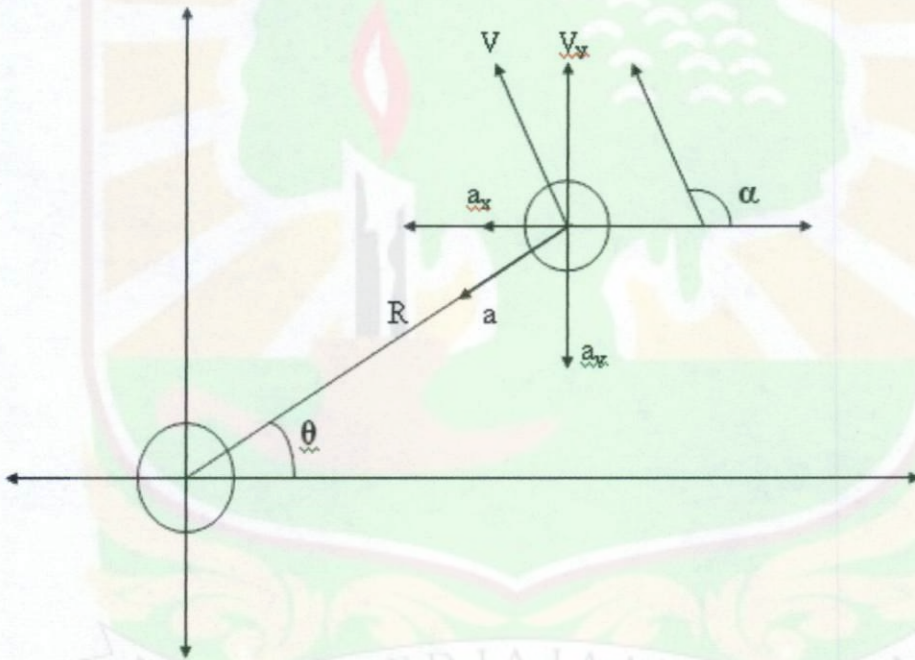
$$R_0 = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan nilai R_0 , dapat dicari gaya gravitasi yang mempengaruhi kedua benda. Gaya ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus gaya Gravitasi Umum Newton, yaitu :

$$F_g = -G \frac{M \cdot m}{r^2} \text{ (hukum gravitasi)(2.1)}$$

G bernilai negatif (-) karena gaya gravitasi ini mempunyai arah ke pusat orbit. Setelah mendapatkan nilai gaya gravitasi, perhitungan berikutnya adalah percepatan yang dilakukan oleh matahari terhadap planet yaitu dengan menggunakan rumus :

$$F = m a \text{(2.3)}$$



Gambar 3.1 Diagram parameter-parameter yang mempengaruhi orbit planet terhadap matahari

Karena percepatan yang dicari adalah percepatan yang mempengaruhi planet, maka besarnya percepatan dapat dihitung dengan membagi gaya gravitasi dengan massa planet :

$$a = \frac{F}{mp} \dots\dots\dots(3.2)$$

Besarnya sudut yang dibentuk oleh jari-jari orbit terhadap koordinat kartesius adalah:

$$\theta = \arctan(Y_0 / X_0) \dots\dots\dots(3.3)$$

Percepatan pada sumbu x dan y dapat diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$a_x = a \cos \theta \dots\dots\dots(3.4)$$

$$a_y = a \sin \theta \dots\dots\dots(3.5)$$

Sedangkan sudut yang dibentuk oleh kecepatan awal terhadap koordinat kartesius (alpha) dapat diperoleh dengan rumus :

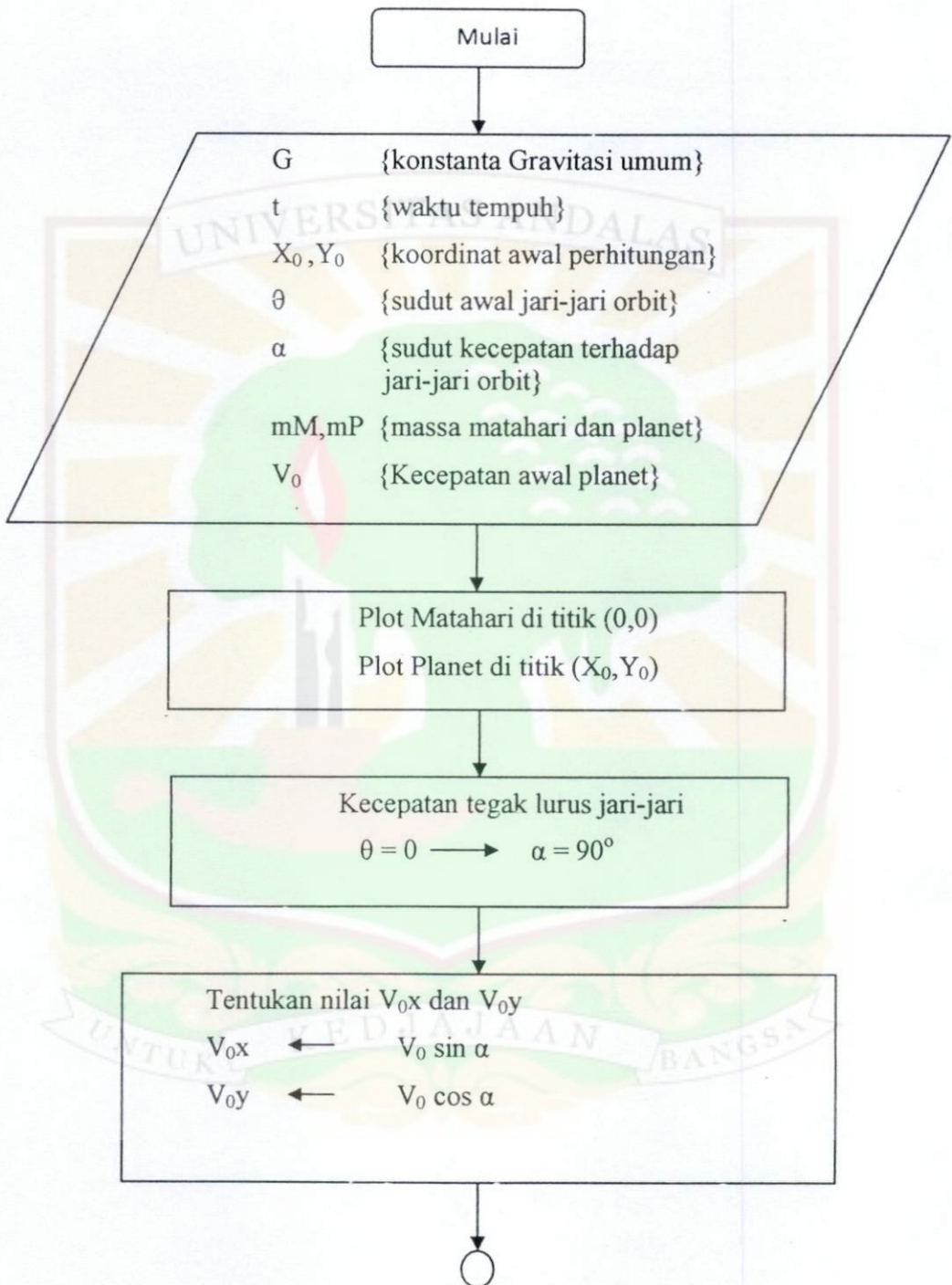
$$\alpha = \alpha_0 + \theta \dots\dots\dots(3.6)$$

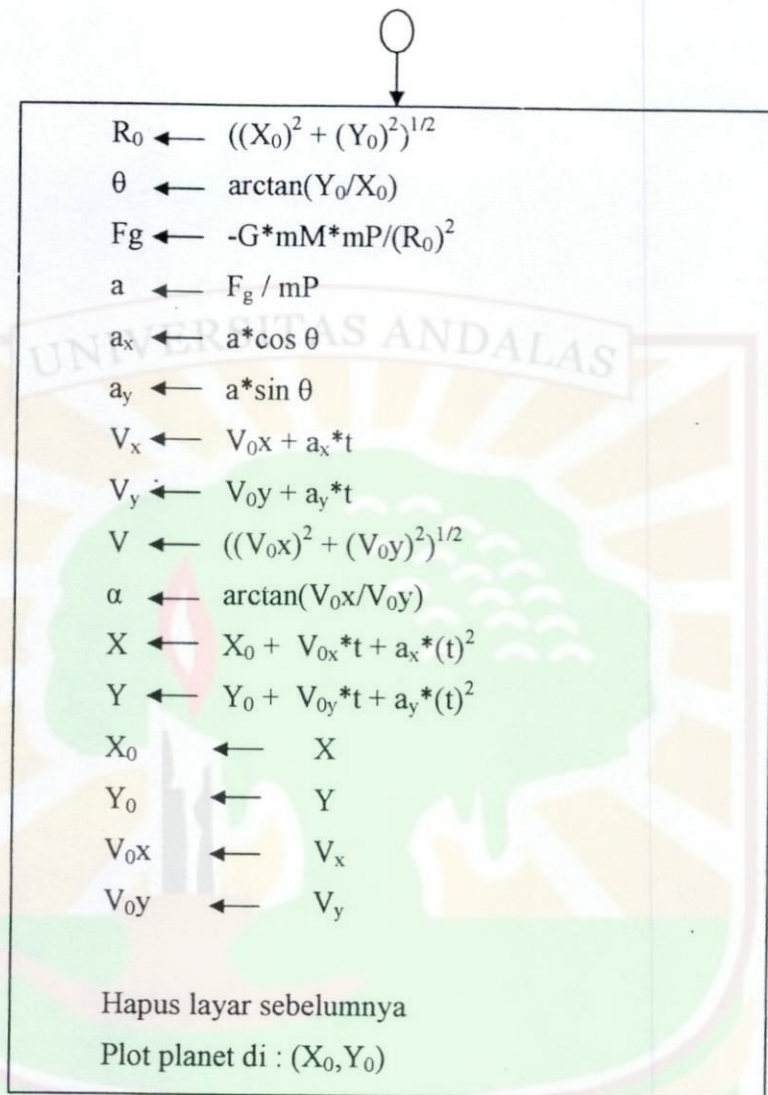
Dengan diperolehnya nilai alpha, program dapat menghitung kecepatan planet berikutnya pada sumbu x dan sumbu y bidang kartesius dengan menggunakan rumus :

$$V_x = V_0 \cos \alpha + a_x t \dots\dots\dots(3.7)$$

$$V_y = V_0 \sin \alpha + a_y t \dots\dots\dots(3.8)$$

Dengan didapatnya nilai kecepatan pada sumbu x dan y, besarnya kecepatan planet berikutnya dapat ditentukan, yaitu:





Berhenti

Tampilkan nilai keluaran

Selesai

5. Pengetikan kode program (perhitungan dan simulasi)

Setelah mengkonversi persamaan differensial kedalam bentuk numerik dengan metode Runge-Kutta dan menyusun algoritma dari metode numeriknya, kemudian algoritma ini diterjemahkan ke dalam program komputer dengan menggunakan bahasa pemrograman *Delphi*.

Terjemahan algoritma ke dalam program adalah sebagai berikut :

```

repeat
  if V0>0 then
  begin
    planet_bergerak := True ;
    Fg := -(G)*massaM*massaP)/sqr(R0) ;
    costheta := X0/sqrt(sqr(X0)+ sqr(Y0)) ;
    sintheta := Y0/sqrt(sqr(X0)+ sqr(Y0)) ;
    a := Fg/massaP ;
    ay := a*sin(theta) ;
    ax := a*cos(theta) ;
    theta := hitung_tangen(X0,Y0) ;
  end;

  if planet_bergerak = True then
  begin
    VX := V0*cos(alpha)+(ax*t) ;
    VY := V0*sin(alpha)+(ay*t) ;
    V := sqrt(sqr(VY)+sqr(VX)) ;
    alpha := hitung_tangen(VX,VY) ;
    X := X0 + V0*cos(alpha)*(t) + (1/2)*ax*sqr(t) ;
    Y := Y0 + V0*sin(alpha)*(t) + (1/2)*ay*sqr(t) ;
    R := sqrt(sqr(Y)+sqr(X)) ;
  end

  X0 := X ;
  Y0 := Y ;
  V0X := VX ;
  V0Y := VY ;

until (X=X0) or
      (Y=Y0) or
      (alpha=alpha0) ;

```

6. Analisis hasil dan validasi

Validasi program bertujuan untuk menguji keakuratan program yang telah dibuat dengan cara membandingkan hasilnya dengan data-data yang didapat secara manual. Apakah hasil yang didapat telah sesuai dengan yang diharapkan yaitu sesuai dengan hukum gravitasi umum Newton dan apakah hasil simulasi yang didapatkan sesuai dengan hukum pergerakan planet Kepler yaitu pada saat jarak planet dekat dengan matahari akan bergerak lebih cepat jika dibandingkan dengan gerakanya pada saat jaraknya jauh dari matahari.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interaksi antara matahari dan planetnya mengakibatkan terjadinya percepatan pada planet. Percepatan ini berarah ke matahari sejajar dengan garis hubung antara matahari dan planet (jari-jari orbit planet). Dengan demikian, kecepatan planet dalam mengorbit matahari tidak selalu konstan. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada bab 3, planet akan mengalami percepatan sesuai dengan rumus (3.4) dan (3.5).

4.1 Perhitungan kecepatan, percepatan planet, posisi planet secara manual

1. Misalkan input data adalah sebagai berikut :

a. Massa planet dan matahari :

$$mM = 1989085,9932 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$mP = 5,9736 \times 10^{24} \text{ kg}$$

b. Waktu tempuh

$$t = 86400 \text{ s}$$

c. Kecepatan planet di titik aphelium :

$$V_0 = 3,0049 \times 10^4 \text{ m/s}$$

d. Sudut awal kecepatan planet terhadap jari-jari orbit :

$$\alpha = 90^\circ$$

e. Koordinat awal planet.

$$X = 1,471 \times 10^{11} \text{ m}, \text{ dan } Y = 0$$

f. Konstanta Gravitasi Umum(G) sebesar $6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$.

2. Menghitung jarak antara matahari dan planet dengan menggunakan rumus (3.1). Hasil yang didapatkan adalah :

$$R_0 = 1,471 \times 10^{11} \text{ m}$$

3. Menghitung besar gaya gravitasi yang dialami matahari dan planet dengan menggunakan rumus (2.1). Hasil yang didapatkan adalah :

$$F_g = -3,66263 \times 10^{22} \text{ N}$$

4. Menghitung percepatan yang dilakukan matahari terhadap planet, dengan menggunakan rumus (3.2), (3.4) dan (3.5). Hasilnya adalah :

$$a = -6,1314 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

$$a_x = -6,1314 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$$

$$a_y = 0$$

5. Menghitung sudut yang dibentuk oleh kecepatan awal perhitungan orbit terhadap koordinat kartesius dapat diperoleh dengan rumus (3.6). Hasilnya adalah :

$$\alpha = 1.0112912^\circ$$

6. Menghitung kecepatan planet berikutnya pada sumbu x dan sumbu y bidang kartesius dengan menggunakan rumus (3.7) dan (3.8), menghasilkan nilai :

$$V_x = -5.2975 \times 10^2 \text{ m/s}$$

$$V_y = 3,0049 \times 10^4 \text{ m/s}$$

7. Dari nilai V_x dan V_y , dapat ditentukan nilai kecepatan planet pada titik berikutnya dengan menggunakan rumus (3.9). Hasilnya adalah :

$$V = 30053,66926 \text{ m/s}$$

8. Menghitung koordinat planet pada kecepatan yang didapat pada poin 6 digunakan rumus (3.11) dan (3.12), menghasilkan nilai :

$$X = 1,47077 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$Y = 2,59623 \times 10^9 \text{ m}$$

Beberapa data hasil perhitungan keluaran program secara manual

No	R ($\times 10^{11}$) (m)	V ($\times 10^4$) (m/s)	a ($\times 10^{-3}$) (m/s^2)	Fg ($\times 10^{21}$) (N)
1	1,471	3,0049	-6,13529845677201	-36,6498
2	1,4710001294687	3,0053675252486	-6,13529737678621	-36,6498
3	1,4710006247979	3,0058343763239	-6,13529324491726	-36,6498
4	1,4710016284306	3,0063002622589	-6,13528487296337	-36,6497
5	1,4710032826509	3,0067648923670	-6,1352710740722	-36,6497
6	1,4710057295384	3,0072279763344	-6,13525066313066	-36,6495
7	1,4710091109234	3,0076892243134	-6,13522245715925	-36,6494
8	1,4710135683411	3,0081483470159	-6,13518527571056	-36,6491
9	1,4710192429867	3,0086050558081	-6,13513794127198	-36,6489
10	1,4710262756697	3,0090590628042	-6,13507927967233	-36,6485

4.2 Perhitungan kecepatan, percepatan planet, posisi planet dengan menggunakan program

Dengan input yang sama dengan perhitungan secara manual, data yang didapat dengan menggunakan program adalah sebagai berikut:

No	R ($\times 10^{11}$) (m)	V ($\times 10^4$) (m/s)	a ($\times 10^{-3}$) (m/s ²)	Fg ($\times 10^{21}$) (N)
1	1,471	3,0049	-6,13529845677201	-36,6498
2	1,4710001294687	3,0053675252486	-6,13529737678621	-36,6498
3	1,4710006247979	3,0058343763239	-6,13529324491726	-36,6498
4	1,4710016284306	3,0063002622589	-6,13528487296337	-36,6497
5	1,4710032826509	3,0067648923670	-6,1352710740722	-36,6497
6	1,4710057295384	3,0072279763344	-6,13525066313066	-36,6495
7	1,4710091109234	3,0076892243134	-6,13522245715925	-36,6494
8	1,4710135683411	3,0081483470159	-6,13518527571056	-36,6491
9	1,4710192429867	3,0086050558081	-6,13513794127198	-36,6489
10	1,4710262756697	3,0090590628042	-6.13507927967233	-36,6485

Perhitungan jarak, kecepatan, percepatan planet, posisi planet yang lebih detail dengan program dapat dilihat dari unit programnya pada lampiran 1A. Jika dimasukkan nilai input-input yang sama, maka perhitungan secara manual dan perhitungan secara program akan menghasilkan nilai yang hampir sama. Dengan kata lain, kedua hasil perhitungan ini dapat dianggap sama. Perbedaan ini terjadi

akibat pembulatan angka di belakang koma, dan pengambilan nilai posisi planet yang dilakukan secara komputatif.

Penyelesaian perhitungan kecepatan dan posisi planet pada suatu lintasan tertentu dalam dua dimensi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus-rumus pada gaya gravitasi dan mekanika gerak yaitu :

$$F = ma$$

$$a = \frac{F}{mp}$$

$$a_x = a \cos \theta$$

$$a_y = a \sin \theta$$

Kecepatan planet berikutnya dibentuk oleh resultan kecepatan pada sumbu x (V_x) dan kecepatan pada sumbu y (V_y). Nilai V_x dan V_y diperoleh dengan menggunakan turunan pertama dari percepatan pada sumbu x dan percepatan pada sumbu y, yaitu :

$$V_x = V_0 \sin \alpha + a_x t$$

$$V_y = V_0 \cos \alpha + a_y t$$

$$V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$$

Sedangkan arah kecepatan planet dapat ditentukan dengan nilai alpha pada persamaan

$$\alpha = \arctan(V_y / V_x)$$

Posisi planet ditentukan dengan rumus :

$$X = X_0 + V_0 \cos \alpha t + a_x t^2$$

$$Y = Y_0 + V_0 \sin \alpha t + a_y t^2$$

Jari-jari lintasan planet berikutnya adalah :

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Rumus-rumus diatas menunjukkan bahwa orbit planet dipengaruhi oleh beberapa komponen, terutama gaya gravitasi antara dua benda. Dengan rumusan ini, kita dapat memperkirakan kecepatan pada suatu titik tertentu dari orbit planet dengan memperhitungkan nilai gravitasi yang dialaminya. Dengan artian, jika nilai-nilai input di ubah-ubah, misalnya untuk massa planet yang terlalu kecil atau jarak planet yang kecil, maka bentuk orbitnya akan berbeda dan selisih kecepatannyapun akan berbeda.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Orbit planet yang berbentuk elips terjadi akibat adanya interaksi antara planet dan matahari. Gaya interaksi yang terjadi antara kedua benda ini searah dengan perpanjangan garis yang melewati kedua titik pusat planet dan matahari. Sebagai akibatnya, planet akan mengalami percepatan yang mengarah ke matahari. Percepatan ini akan mengubah kecepatan orbit planet dari waktu ke waktu. Jari-jari orbit planet juga akan berubah sejalan dengan berubahnya kecepatan orbit planet tersebut.

Hal yang paling mempengaruhi bentuk orbit planet ini adalah massa dan jarak antara planet dan matahari. Semakin besar massa benda, maka gaya gravitasi yang terjadi akan semakin besar dan bentuk orbitnya lebih lonjong. Begitu juga dengan jarak antara planet dan matahari. Apabila jaraknya semakin kecil, maka gaya gravitasi planet dan matahari ini akan semakin besar.

5.2 Saran

1. Dengan konsep yang sama dengan yang telah dibahas pada skripsi ini, sangatlah mungkin untuk membuat program simulasi yang lain, bukan hanya orbit planet.
2. Untuk tampilan yang berbeda, dapat digunakan sistim pemrograman lainnya selain program Delphi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, dkk, 2005, *Pemograman Delphi*, Penerbit Informatika, Bandung.
- Setiawan, 2004, *Panduan Object Oriented Programming*, Penerbit Andi, Bandung.
- Sutrisno, 1984, *Fisika Dasar*, Penerbit ITB, Bandung.
- Fadlisyah, dkk, 2007, *Pengantar Grafika Komputer*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Tipler, Paul A, 1998, *Fisika Untuk Sains dan Teknik-Jilid I (terjemahan)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Munir, Rinaldi, 2003, *Metode Numerik*, Penerbit Andi, Bandung.
- [http:// id.wikipedia.org/wiki/planetary orbit](http://id.wikipedia.org/wiki/planetary_orbit)

