

Perhitungan Numerik Kelajuan Lepas Satelit Bumi

Iman Noor^{1*}, Andry Fitriani², Ahmad Jahrudin³

^{1,2,3} Universitas Indraprasta PGRI

* E-mail: iman.noor009g@mail.com

Abstrak

Simulasi numerik kecepatan orbit Satelit dan kecepatan pelarian satelit telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kecepatan orbit Satelit dan kecepatan pelarian orbital berdasarkan fungsi posisi. Persamaan kecepatan telah didapat dari persamaan modifikasi gaya sentripetal dan persamaan gaya gravitasi bumi. Melalui perhitungan numerik kecepatan orbital dan persamaan kecepatan pelarian dengan diskritisasi fungsi, kami mendapatkan bahwa kecepatan orbital dan kecepatan pelarian satelit pada ketinggian 30.000 km di atas permukaan bumi masing-masing adalah 3,31 km/s dan 4,68 km/s.

Kata kunci: perhitungan numeric; kelajuan, orbit satelit; gravitasi bumi

Abstract

A numerical simulation of the Satellites' orbital velocity and satellites' escape velocity has been performed. This research aimed to study Satellites' orbital velocity and orbital escape velocity based on position function. Velocity equation has been gotten from modification equation of centripetal force and equation of earth's gravitational force. Through the numerical calculation of orbital velocity and escape velocity equation by function discretization, we got that the orbital velocity and escape velocity of the satellite at height of 30.000 km above the earth's surface are 3.31 km/s and 4.68 km/s, respectively.

Keywords: numerical calculations; speed, satellite orbit; Earth's gravity

PENDAHULUAN

Berdasarkan ilmu astronomi, heliosentris merupakan model dimana planet-planet cenderung bergerak mengelilingi matahari (Latief, 2021). Model heliosentris ini sudah dijelaskan oleh Johannes Kepler dalam hukum pertama yaitu lintasan planet yang mengelilingi matahari berbentuk elips. Pada umumnya, pergerakan planet, benda – benda langit, termasuk satelit memerlukan pendekatan komputasi dan analisis numerik dalam menjelaskan orbitnya dalam mengitari matahari. Contohnya ekspansi polynomial dapat menggambarkan dan menentukan keadaan awal untuk gerakan mode tunggal di sekitar titik kesetimbangan planet (Lei et al, 2018). Selanjutnya analisa komputasi pergerakan orbit bumi terhadap matahari berdasarkan hukum kepler menunjukkan bahwa jarak bumi dengan matahari tidaklah tetap (Silva, 2019). Kemudian pada tahun 2021, melalui pendekatan komputasi dan analisis numerik, planet ekstrasurya berskala besar disertai karakterisasinya berhasil ditemukan menggunakan pencitraan (Keithly, 2021).

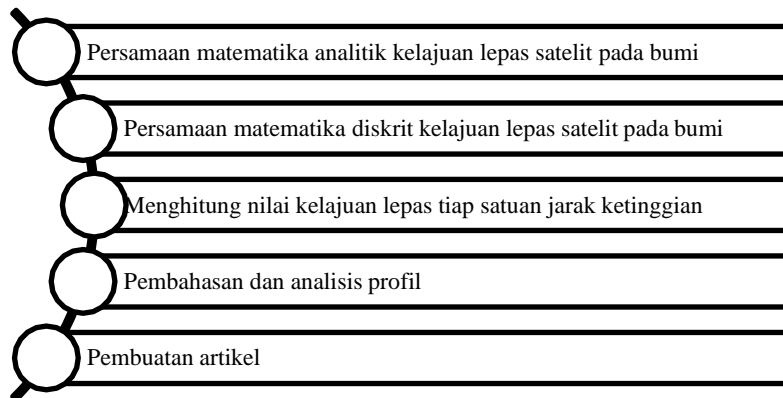
Dalam studi ini, difokuskan tentang kelajuan lepas satelit mengitari bumi, dengan mengasumsikan bahwa lintasan orbit satelit mengitari bumi adalah lingkaran. Gerakan satelit mengitari bumi adalah

gerakan melingkar, sehingga satelit memiliki gaya sentripetal yang besarnya setara dengan gaya gravitasi yang diberikan oleh bumi. Oleh karena itu, besarnya kelajuan orbit satelit dapat ditentukan menggunakan hukum newton. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk menunjukkan besar nilai kelajuan lepas satelit mengelilingi bumi. Tujuannya adalah mengetahui dan mempelajari hubungan posisi satelit terhadap kelajuan lepas satelit mengelilingi bumi berdasarkan nilai konstanta gravitasi bumi, konstanta massa bumi, dan konstanta jari – jari bumi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara perhitungan numerik menggunakan plot diskritisasi berbasis software *Matlab2013a*. Mekanisme kelajuan lepas satelit ini didapatkan dari hukum newton dengan mengasumsikan lintasan orbit berbentuk circular dengan jari – jari bumi adalah R . Kelajuan lepas satelit diukur berdasarkan fungsi posisi satelit diatas permukaan bumi. Ada 10 data posisi yang diuji, sebagaimana data yang diukur, yaitu 400, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000, 12.000, 18.000, 24.000, 30.000, dan 36.000 dalam satuan km (Noor et al,2021).

Adapun prosedur pelaksanaan penelitian ini adalah, menentukan pemodelan persamaan matematis untuk kelajuan orbit dan kelajuan lepas satelit terhadap bumi, transformasi persamaan analitik ke persamaan numerik, melakukan perhitungan komputasi dari persamaan numerik, pembahasan dan analisis profil grafik kelajuan lepas satelit, serta pembuatan laporan.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Persamaan Matematis Kelajuan Orbit dan Kelajuan Lepas Satelit Bumi

Saat satelit bermassa m mengelilingi bumi bermassa M pada orbit yang diasumsikan berbentuk circular dengan jari – jari bumi adalah R , pergerakan satelit mengelilingi bumi dapat dipandang gerak melingkar, maka berlaku :

$$\sum F = \frac{mv^2}{R} \quad (1)$$

Ketika satelit bergerak mengelilingi bumi, gaya gravitasi yang dialami oleh satelit inilah yang dipandang sebagai gaya sentripetal. Artinya, gaya sentripetal oleh satelit adalah sama besarnya dengan gaya gravitasi oleh bumi, sehingga :

$$F_s = F_g \quad (2)$$

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2} \quad (3)$$

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad (4)$$

dimana v adalah besar kelajuan orbit suatu satelit, G adalah konstanta gravitasi bumi, M konstanta massa bumi, dan R adalah jari – jari bumi. Jika satelit mengorbit bumi pada ketinggian h tertentu, maka kelajuan orbit satelit tersebut adalah :

$$v = \sqrt{\frac{GM}{R + h}} \quad (5)$$

Adapun kelajuan lepas satelit dalam mengelilingi bumi pada ketinggian h tertentu adalah:

$$\frac{1}{2}mv^2 - \frac{GMm}{r} = 0 \quad (6)$$

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r}} \quad (7)$$

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{r + h}} \quad (8)$$

Persamaan (5) dan (8) inilah yang digunakan dalam simulasi numerik kelajuan orbit dan kelajuan lepas satelit terhadap bumi.

Plot Diskritisasi Fungsi

Plot diskritisasi fungsi adalah perintah menggambarkan grafik setelah fungsi pemodelan matematis ditransformasi dari bentuk analitik ke dalam bentuk diskrit. Diskritisasi fungsi membutuhkan indeks iterasi perhitungan i . Indeks iterasi perhitungan i dimulai dari bilangan asli yaitu 1, 2, 3, hingga ke- n iterasi. Oleh karena itu, persamaan (5) dan persamaan (8) dapat diubah kedalam persamaan diskrit masing – masing sebagai berikut :

$$v(i) = \sqrt{\frac{GM}{R + h(i)}} \quad (9)$$

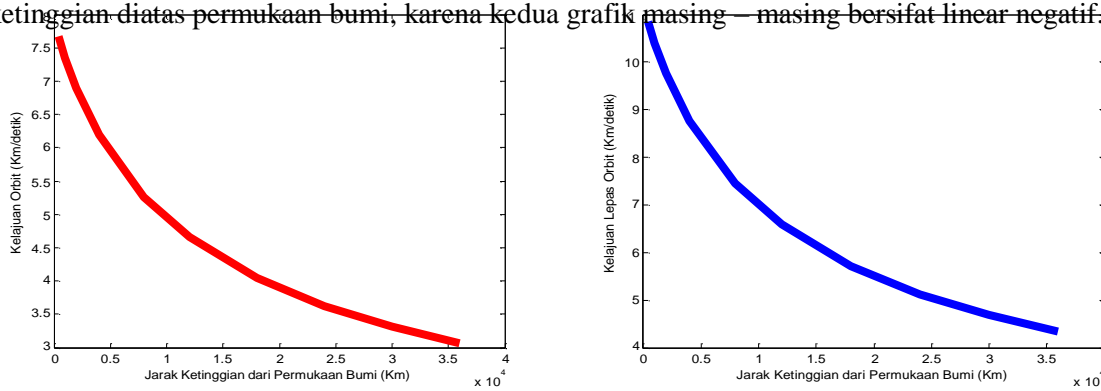
$$v_{esc(i)} = \sqrt{\frac{2GM}{R + h(i)}} \quad (10)$$

dimana i adalah indeks perhitungan iterasi dari $i=1$ hingga $i=n$.

Simulasi Numerik Kelajuan Lepas Satelit

Simulasi numerik kelajuan lepas satelit sudah dilakukan dengan memasukkan nilai konstanta dari gravitasi bumi, massa bumi, dan jari – jari bumi berdasarkan persamaan (9) dan (10).

Jumlah iterasi yang dilakukan dalam melakukan simulasi numerik kelajuan satelit dan kelajuan lepas satelit masing – masing adalah $n=150$ perhitungan. Jumlah iterasi tersebut sudah menghasilkan grafik yang mudah dibaca untuk kelajuan satelit dan grafik kelajuan lepas satelit terhadap jarak ketinggian diatas permukaan bumi, karena kedua grafik masing – masing bersifat linear negatif.



Gambar 2. Grafik Kelajuan Orbit Satelit (Km/s) dan Grafik Kelajuan Lepas Satelit (Km/s) Terhadap Jarak Ketinggian diatas Permukaan Bumi (Km)

Gambar 2. menunjukkan tentang profil grafik pada kelajuan orbit satelit dan kelajuan lepas satelit masing – masing terhadap jarak ketinggian diatas permukaan bumi. Data yang mewakili dari masing – masing grafik terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kelajuan Orbit Satelit, Kelajuan Lepas Satelit serta Jarak Ketinggian diatas Permukaan Bumi

Jarak Ketinggian (Km)	Kelajuan (Km/s)	Kelajuan Lepas (Km/s)
400	7.66	10.84
1000	7.35	10.39
2000	6.89	9.75
4000	6.19	8.76
8000	5.26	7.44
12000	4.65	6.58
18000	4.04	5.71
24000	3.62	5.12
30000	3.31	4.68
36000	3.06	4.33

Berdasarkan grafik dan tabel kelajuan orbit satelit terhadap jarak ketinggian diatas permukaan bumi, nilai kelajuan orbit satelit pada jarak ketinggian 400 km, 8.000 km, 12.000 km, 24.000 km, dan 36.000 km masing – masing adalah 7.66, 5.26, 4.65, 3.62, dan 3.06 dalam satuan km/s.

Sedangkan nilai kelajuan lepas satelit pada jarak ketinggian 400 km, 8.000 km, 12.000 km, 24.000 km, dan 36.000 km masing – masing adalah 10.84, 7.44, 6.58, 5.12, dan 4.33 dalam satuan km/s. Hasil grafik kelajuan orbit satelit dan grafik kelajuan lepas satelit terhadap jarak ketinggian diatas permukaan bumi masing – masing menunjukkan linear negatif. Kelajuan orbit satelit dan kelajuan lepas satelit berbanding terbalik terhadap jarak ketinggian.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, posisi satelit pada suatu ketinggian diatas permukaan bumi dapat mempengaruhi kelajuan orbit satelit dan kelajuan lepas satelit. Semakin besar jarak ketinggian satelit diatas permukaan bumi, maka semakin kecil kelajuan orbit satelit dan semakin kecil kelajuan lepas satelit.

DAFTAR PUSTAKA

- Dehnen, W., dan Read, J.I. (2011) *N-body Simulations of Gravitational Dynamics*. European Physics Journal Plus. Vol. 126. doi: [10.1140/epjp/i2011-11055-3](https://doi.org/10.1140/epjp/i2011-11055-3)
- Elipe, A., Montijano, JI., Ranz, L., Calvo, M. (2017). *An Analysis of The Convergence of Newton Iterations for Solving Elliptic Kepler's Equation*. Elsevier. Celest. Mech. Dyn. Astr. Vol. 129 (2017) p.415- 432. doi: [10.21580/ahkam.2013.23.2.24](https://doi.org/10.21580/ahkam.2013.23.2.24)
- Firdaus, T. (2017). Perdebatan *Paradigma Teori Revolusi : Matahari atau Bumi Sebagai Pusat Tata Surya?* : Titian Ilmu, Jurnal Ilmiah Multi Sciences. Vol. 09 No. 01. doi: <https://doi.org/10.30599/jti.v9i1.78>
- Hambali, S. (2013). *Astronomi Islam dan Teori Heliocentris Nicolaus Copernicus*: Al- Ahkam. Vol. 23 No. 02. doi: [10.1007/s10569-009-9184-7](https://doi.org/10.1007/s10569-009-9184-7)
- Noor, I., Fitriani, A., Jahrudin, A. (2021). *Simulasi Numerik Kelajuan dan Periode Orbit Mengelilingi Bumi*. *Navigation Physics : Journal of Physics Education*. Vol. 03 No. 02. doi: <https://doi.org/10.30998/npjpe.v3i2.799>
- Keithly, D.R., and Savransky, D. (2021). *The Solar System as an Exosystem: Planet Confusion*. American Astronomy Society, The Astrophysical Journal Letters. Vol. 919 No. 1. <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ac20cf/pdf>
- Latief, M.F., Ramadani, A.I.W.S., Fatimah, S. (2021). *Simulasi dan Analisis Numerik Orbit Planet dengan Matlab*. Dewantara. J. Tech. Vol. 02 No. 01 ISSN :2766-6764
- Lei, Xu.B.H.L., dan Cenci, C. (2018) *Polynomial Expansions of Single- Mode Motions Around Equilibrium Points in The Circular Restricted Three-Body Problem*. Springer. Celest. Mech. Dyn. Astr. Vol. 130 No. 38. doi:[10.1007/s10569-018-9828-6](https://doi.org/10.1007/s10569-018-9828-6)

Silva, L.M.F.B, Warsito, A., Louk, A.Ch. (2019). *Analisa Komputasi Pergerakan Orbit Bumi Terhadap Matahari Berdasarkan Hukum Kepler Memanfaatkan Wolfram Mathematica*. Jurnal Fisika : Fisika Sains dan Aplikasinya. Vol. 4 No. 1. doi: <https://doi.org/10.35508/fisa.v4i1.1431>

Scheeres, D.J. (2018). *Stability of The Euler Resting N-body Relative Equilibria*. Springer. Celest Mech. Dyn. Astr. Vol. 130 No. 26 doi:[10.1007/s10569-018-9819-7](https://doi.org/10.1007/s10569-018-9819-7)

Scheeres, D.J. (2009). *Stability of The Planar Full 2-Body Problem*. Springer. Celest Mech. Dyn. Astr. Vol. 104 No. 1 doi:[10.1007/s10569-009-9184-7](https://doi.org/10.1007/s10569-009-9184-7)