

**EVOLUSI ORBIT ASTEROID DEKAT-BUMI DAN
LAJU TUMBUKANNYA TERHADAP PLANET TERESTRIAL**

disusun untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi
Fisika

Kelompok Bidang Kajian Fisika Bumi dan Antariksa



Oleh

Annisa Nur'imani Fauziah

1606766

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPARTEMEN PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2020

**EVOLUSI ORBIT ASTEROID DEKAT-BUMI DAN LAJU TUMBUKANNYA
TERHADAP PLANET TERESTRIAL**

Oleh:

Annisa Nur'imani Fauziah

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Annisa Nur'imani Fauziah

Universitas Pendidikan Indonesia

2020

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

HALAMAN PENGESAHAN

**EVOLUSI ORBIT ASTEROID DEKAT-BUMI DAN LAJU TUMBUKANNYA
TERHADAP PLANET TERESTRIAL**

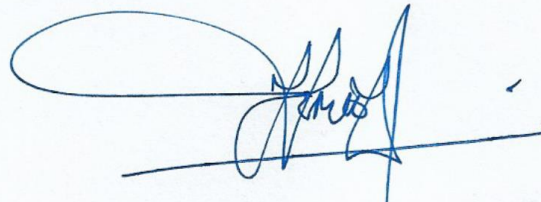
Oleh:

Annisa Nur'imani Fauziah

NIM. 1606766

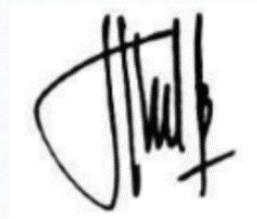
disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I:



Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si.

NIP. 197703312008121001



Ayu Dyah Pangestu, M.Si.

NIP. 199611272019022001

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “Evolusi Orbit Asteroid Dekat-Bumi dan Laju Tumbukannya Terhadap Planet Terrestrial” ini dan seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan tersebut, saya siap menanggung risiko yang dijatuhkan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap karya saya.

Cianjur, Mei 2020

Yang membuat pernyataan,

Annisa Nur’imani Fauziah

NIM. 1606766

ABSTRAK

EVOLUSI ORBIT ASTEROID DEKAT-BUMI DAN LAJU TUMBUKANNYA TERHADAP PLANET TERESTRIAL

Annisa Nur'imani Fauziah

1606766

Pembimbing 1: Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si.

Pembimbing 2: Ayu Dyah Pangestu, M.Si.

Asteroid dekat-Bumi diketahui memiliki orbit yang kaotik akibat seringnya terjadi papasan dengan planet-planet terestrial. Orbit yang kaotik dapat membuat populasi asteroid ini berakhir sebagai penumbuk Matahari dan planet-planet. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh fluks masuk dari kawasan dekat-Bumi menuju ke *sink*, frekuensi tumbukan, dan menganalisis resonansi yang mempengaruhinya. Pada penelitian ini digunakan 3372 sampel asteroid dekat-Bumi nyata dengan orbit yang dikenal baik ($U=0$). Evolusi orbit sampel dilakukan dengan memanfaatkan paket integrator Swift_RMVS4 menggunakan model Tata Surya yang terdiri atas Matahari dan kedelapan planet dan menyertakan Bulan sebagai objek mandiri. Propagasi orbit di bawah pengaruh gravitasi dilakukan hingga kurun waktu 5×10^6 tahun kedepan. Hingga akhir komputasi diperoleh fluks masuk sampel populasi asteroid dekat-Bumi yang berakhir di zona pembuangan (menumbuk Matahari, terlempar keluar Tata Surya, dan menumbuk planet-planet) adalah sebesar 9 asteroid per juta tahun untuk $H < 17,75$ (bersesuaian dengan diameter asteroid 0,67 km – 1,5 km). Berdasarkan informasi jarak minimum orbit (*Minimum Orbit Intersection Distance – MOID*) seluruh sampel dengan planet-planet terestrial, diperoleh nilai kebolehjadian tumbukan intrinsik (P_i) yang bersesuaian dengan kejadian terjadinya satu tumbukan tiap planet terestrial dalam rentang waktu komputasi selama 5×10^6 tahun, untuk terjadinya satu tumbukan asteroid dengan Merkurius dalam waktu $\sim 10,5 \times 10^7$ tahun, dengan planet Venus dalam waktu $\sim 2 \times 10^7$ tahun, dengan planet Bumi dalam waktu $\sim 1,6 \times 10^7$ tahun, dan dengan planet Mars dalam waktu $\sim 3,3 \times 10^7$ tahun. Ditemukan 52 objek yang berakhir sebagai penumbuk Bumi, terdapat 1 objek penumbuk Bumi yang memiliki kemungkinan resonansi 1:1 dengan Bumi, dan 5 objek penumbuk Bumi yang memiliki kemungkinan resonansi 1:2 dengan Bumi.

Kata Kunci: Asteroid Dekat-Bumi; Tumbukan Intrinsik; Resonansi.

ABSTRACT

THE EVOLUTION ORBIT OF NEAR-EARTH ASTEROIDS AND THE COLLISION RATE WITH TERESTRIAL PLANETS

Annisa Nur'imani Fauziah

1606766

Pembimbing 1: Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si.

Pembimbing 2: Ayu Dyah Pangestu, M.Si.

Near-Earth asteroids are known to have chaotic orbits due to frequent contact with terrestrial planets. Chaotic orbits can make populations of these asteroids end up as colliders of the Sun or planets. The aim of this study is to get incoming flux from near-Earth area to sink, get collision frequent and analyze the resonant. In this study, 3372 samples of real near-Earth asteroids with well-known orbits ($U = 0$) were used. The evolution of the sample orbit is carried out by utilizing the Swift_RMVS4 integrator package using a Solar System model consisting of the Sun and eight planets including the Moon as a separate object. Orbital propagation under the influence of gravity is carried out over the next 5×10^6 years. Until the end of the computation, a flux of incoming near-Earth asteroid populations that ends up in the disposal zone (striking the Sun, thrown out of the Solar System, and hitting the planets) is 9 asteroids per million years for $H < 17.75$ (corresponding to the diameter of the asteroid 0.67 km - 1.5 km). Based on information on minimum orbital distance (MOID) of all samples with terrestrial planets, the intrinsic collision probability (P_i) is obtained which corresponds to the occurrence of one collisional of each terrestrial planet in a computational time span of 5×10^6 years occurs 1 asteroid collision with Mercury in $\sim 10.5 \times 10^7$ years, with Venus in $\sim 2 \times 10^7$ years, with planet Earth in $\sim 1.6 \times 10^7$ years, and with Mars in $\sim 3, 3 \times 10^7$ years. 52 objects have been found that ended up as Earth colliders, there is an Earth collider object that have possibility in state of 1: 1 mean motion resonance with Earth, and five Earth collider objects that have possibility in state of 1: 2 mean motion resonance with Earth.

Keyword: near-earth asteroid, intrinsic collision, resonance.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, skripsi dalam rangka untuk memenuhi sebagian persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains dengan judul “Evolusi Orbit Asteroid Dekat-Bumi dan Laju Tumbukannya terhadap Planet Terrestrial” dapat disusun sesuai dengan harapan.

Shalawat serta salam semoga tetap tercurah kepada Nabi Muhammad SAW., kepada keluarganya, sahabat-sahabatnya, tabi’it tabi’in dan seluruh ummatnya yang selalu taat dan patuh pada ajarannya.

Penulis yakin bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak akan terlaksana tanpa adanya bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini banyak kekurangan sehingga masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk menutupi segala kesalahan-kesalahan yang ada dalam skripsi ini.

Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca serta perkembangan ilmu pengetahuan.

Semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan apapun kepada penulis mendapatkan balasan yang terbaik dari Allah, dan menjadi amalan yang dapat menjadi sebab dimasukkan ke dalam surga Allah SWT.

Akhir kata semoga Allah SWT. senantiasa membuka jalan bagi peningkatan kualitas ilmu pengetahuan dalam upaya mendapatkan ridho-Nya. Aamiin.

Cianjur, Mei 2020

Penulis,

Annisa Nur’imani Fauziah

NIM 1606766

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena hanya atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis yakin skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya do'a, bantuan, motivasi, arahan, dan bimbingan dari orang-orang terdekat. Berkenan dengan hal tersebut, penulis ucapkan terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, karena rahmat dan karunia-Nya penulis dapat melaksanakan penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Judihstira Aria Utama, M.Si. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, dorongan, dan semangat selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Ayu Dyah Pangestu, M.Si. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, dorongan, dan semangat selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Taufik Ramlan Ramalis, M.Si. selaku Ketua Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI.
5. Bapak Dr. Endi Suhendi, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika yang telah membantu segala proses administrasi sehingga penelitian skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Ibu Dr. Lilik Hasanah, M.Si., selaku dosen pembimbing akademik yang telah mengampu, mengarahkan, dan mendampingi penulis selama proses kuliah.
7. Seluruh dosen dan staf Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA UPI yang telah memberikan banyak ilmu selama masa perkuliahan.
8. Bapak Eko Wahyunanto dan Ibu Yeni Sulastri selaku orang tua penulis yang telah mendidik, memberikan do'a, dukungan, dan motivasi terbaik bagi penulis serta mengajarkan arti berusaha dan bekerja keras.
9. Mas Bani Asrofudin selaku suami penulis yang selalu mendampingi, memberi dukungan, do'a, motivasi, dan nasehat terbaik bagi penulis.
10. Salma Ayu Hendayani selaku teman seperjuangan di Laboratorium Bumi dan Antariksa yang telah menjadi teman dalam kesabaran dan keoptimisan menyelesaikan Skripsi ini.
11. Arum Khoerunnisa dan semua teman seperjuangan di Fisika 2016 yang telah menjadi teman dalam kesabaran dan keoptimisan dalam menyelesaikan perkuliahan ini.

12. Arum, Elsy, Amel, Ila, Titi, dan semua sahabat ungu yang telah memberikan banyak pelajaran, dan menjadi teman dalam keikhlasan, kesabaran, serta ketulusan dalam proses perkuliahan penulis.
13. Teman satu Angkatan yang telah memberikan warna bagi masa perkuliahan penulis.
14. Semua pihak, secara langsung maupun tidak langsung atas bantuan dan dukungan selama penyusunan skripsi ini.

Akhirnya, semoga segala bantuan yang telah diberikan menjadi amalan yang dapat menjadi sebab dimasukan ke dalam surga Allah SWT.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	3
HALAMAN PERNYATAAN	4
ABSTRAK.....	5
ABSTRACT	6
KATA PENGANTAR	7
UCAPAN TERIMAKASIH	8
DAFTAR ISI	10
DAFTAR GAMBAR.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR TABEL.....	Error! Bookmark not defined.
BAB I PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang.....	Error! Bookmark not defined.
1.2. Rumusan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.3. Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4. Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5. Sistematika Penulisan	Error! Bookmark not defined.
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1. Asteroid Sabuk Utama (<i>Main Belt</i>).....	Error! Bookmark not defined.
2.2. Asteroid Dekat-Bumi.....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Planet Terrestrial	Error! Bookmark not defined.
2.4. Efek Gravitasi	Error! Bookmark not defined.
2.5. Resonansi.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1. Metode Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2. Sampel Data Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3. Integrasi Numerik	Error! Bookmark not defined.

3.4.	Pemrograman	Error! Bookmark not defined.
3.5.	Analisis Data.....	Error! Bookmark not defined.
3.6.	Alur Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Fluks Masuk dari Kawasan Dekat-Bumi Menuju ke <i>sink</i>	Error! Bookmark not defined.
4.2	Frekuensi Tumbukan Asteroid Dekat-Bumi dengan Planet-planet Terrestrial	Error! Bookmark not defined.
4.3	Pengaruh Resonansi Orbit terhadap Evolusi Orbit Asteroid Dekat- Bumi	Error!
	Bookmark not defined.
BAB V SIMPULAN DAN REKOMENDASI		Error! Bookmark not defined.
5.1	Simpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2	Rekomendasi.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR RUJUKAN.....		12

DAFTAR RUJUKAN

- Bazso, A., et al. (2009) On Overview of the 13:8 Mean Motion Resonance between Venus and Earth. *Institute of Astronomy, University of Vienna, Turkenschanzstr. 17, A-1180 Wien*. 1-14.
- Bottke, W.F., Vokrouhlický, D., Rubincam, D. P. and Nesvorný, D. (2006). The Yarkovsky and YORP effects: implications for asteroid dynamics. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 34, 157–191.
- Bottke, W.F., Morbidelli, A., Jedicke, R., Petit, J.M., Levison, H.F., Michel, P. And Metcalfe, T.S. (2002). Debaised orbital and absolute magnitude distribution of the near-Earth objects. *Icarus*, 156, 399–433.
- Bottke, W.F., et al. (2016). Massive impact-induced release of carbon and sulfur gases in the early earth's atmosphere. *Earth and Planetary Science Letters* 449(2016) 96-104.
- Brown, P.G., et al., (2013). A 500-kiloton airburst over Chelyabinsk and enhanced hazard from small impactors. *Nature* 503, 238–241.
- Cohen, C.J., and Hubbard, E.C. (1965). Libration of the Close Approaches of Pluto to Neptune. *The Astronomical Journal* Volume 70, Number1.
- Forgacs-Dajka, E., Sandor, Zs., and Erdi B. (2018). A Fast Method to Identify Mean Motion Resonances. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 477, 3383-3389
- Gladman, B., Michel, P. and Froeschlé, C. (2000). The near-earth object population. *Icarus*, 146, 176–189.
- Gladman B., et al. (1997). Dynamical Lifetimes of Objects Injected into Asteroid Belt Resonances. *Science 11 Jul 1997: Vol 277, Issue 5323*. 197-201.
- Galad, A., et al. (2005). Probability of Subkilometer Asteroids with the Earth. *Contrib. Astron. Obs. Skalnat' e Pleso* 35, 65–75.
- Galiazzo, M.A., et al. (2016). V-Type Near-Earth Asteroids: Dynamics, close encounters, and Impacts with Terrestrial Planets. *German: Astronomische Nachrichten*. 1-10.
- Gallardo, T. (2006). Atlas of the Mean Motion Resonances in the Solar System. *Icarus* 184 (2006) 29-38.
- Iorio, L. (2002). Recent Developments in Testing General Relativity with Satellite Laser Ranging. *Nuovo Cimento Rivista Serie*. 1-73.
- JeongAhn, Y., Malhotra, R. (2015). The current impact flux on Mars and its seasonal variation. *Icarus*, 262:140-153.

- JeongAhn, Y., Malhotra, R. (2017). Simplified derivation of the collision probability of two objects in independent Keplerian orbits, *Astronomical Journal* 153, article id. 235, 11.
- Kowalski, A., et al. (2008). The Size Distributions of Asteroid Families in the SDSS Moving Object Catalog 4. *Icarus* 198, 138-155.
- Levison, H.F. and Duncan, M.J. (1994). The longterm dynamical behavior of short-period comets. *Icarus*, 108, 18–36.
- Michel, P., Zappalà, V., Cellino, A. and Tanga, P. (2000). Estimated abundance of atens and asteroids evolving on orbits between earth and sun. *Icarus*, 143, 421–424.
- Minton, D.A., and Malhotra, Renu. (2009). Dynamical Erosion of the Asteroid Belt and Implications for Large Impacts in the Inner Solar System. *Icarus* 207 (2010) 744-757.
- Morbidelli A & Gladman B. (1998). Orbital and Temporal Distributions of Meteorites Originating in the Asteroid Belt. *Meteoritics & Planetary Science*, vol. 33, no. 5, pp. 999-1016.
- Morais, M.H.M. and Morbidelli, A. (2002). The population of near-earth asteroids in coorbital motion with the earth. *Icarus*, 160, 1–9.
- N.N. “What is a Near-Earth Object (NEO)?” [Forum Online]. Diakses dari <https://cneos.jpl.nasa.gov/faq/#ast>.
- Pangestu, A.D. (2019). *Analisis Orbit Objek Trans Sabuk-Utama Beresonansi Polar 1:1 dan Retrograde*. (Tesis). Program Studi Magister Astronomi. Institut Teknologi Bandung.
- Popova, O.P., et al. (2013). Chelyabinsk airburst, damage assessment, meteorite recovery, and characterization. *Science* 342, 1069–1073.
- Rickman., et al. (2017). Cometary Impact Rates on the Moon and Planets during the late Heavy Bombardment. *A&A* Volume 598, A67. 1-15.
- Rumpf, C. Et al., (2016). On the Influence of Impact Effect Modelling for Global Asteroid Impact Risk Distribution. *Acta Astronautica* Volume 123. 2-12.
- Siregar, S. (2017). *Fisika Tata Surya*. Bandung: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung.
- Utama, J.A. et al. (2017). Estimasi Rasio Populasi Asteroid Pelintas Orbit Bumi dari Simulasi Orbital yang Menyertakan Efek Termal. *Prosiding Seminar Nasional Sains Antariksa*.51-57.

- Utama, J.A.et al. (2019). Steady State Scenario in Asteroids Orbital Simulation with Yarkovsky Effect Inclusion. *Jurnal of Physics: Conference Series 1127 012044*. 1-6
- Wiśniowski, T. and Rickman, H. (2013). Fast geometric method for calculating accurate minimum orbit intersection distances. *Acta Astronomica*, 63, 293-307.
- Wisdom J. and Holman M. (1991). Symplectic Maps for the N-Body Problem. *Cambridge. Astronomical Journal*. 1528-1538.
- Zappala, V., et al. (1996). Physical and dynamical properties of asteroid families. *Italia. Istituto Nazionale di Astrofisica*. 619-631.