Bab III: Metode Penelitian

3.1 Model Penelitian

Metode yang digunakan di dalam penelitian ini adalah metode deskriptif-analitis dengan pendekatan kuantitatif berupa komputasi numerik problem N-benda.

3.2 Sampel Penelitian

Sampel penelitian yang digunakan diperoleh dari pangkalan data JPL-Nasa *Small Bodies Database Search Engines* (https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb_query.cgi) dengan objek dekat-Bumi terdiri dari Amor, Apollo, Aten dan Atiran dengan batas galat orbit 1”/dekade. Sebanyak 3372 sampel data asteroid dekat-Bumi menurut *epoch* 12 Januari 2016 (MJD 57400) diperoleh dari laman ini berupa besaran fisis (massa dan radius), vektor posisi, kecepatan untuk matahari dan planet yang terlibat (termasuk dengan bulan sebagai satelit bumi). Untuk melengkapi penelitian ini, data observasi asteroid dekat-Bumi diperoleh dari *Minor Planet Center* yang dapat diakses melalui laman https://www.minorplanetcenter.net/db_search.

3.3 Instrumen Penelitian

Proses komputasi orbit berjalan memanfaatkan fasilitas *cluster* Perseus dan sebuah PC dengan spesifikasi Intel® Core™ i7-2600K CPU @3,40 GHz, RAM 4,00 GB, 64 bit *operating system* di KK Astronomi FPMIPA ITB serta dua buah PC lainnya (Intel® Core™ 13-3240T CPU @2,90 GHz, RAM 4,00 GB, 64 bit *operating system*) yang terdapat di laboratorium Komputasi Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia

3.4 Prosedur Penelitian

Sebanyak 3372 sampel data asteroid dekat-Bumi diproses menggunakan paket integrator Swift RMVS4 Yarkovsky Effect [*Regularized Mixed-Variable Symplectic*] (Levison & Duncan, 1994) dengan kemampuan menghitung gaya gravitasi, efek termal serta papasan dekatnya dengan teliti dalam kurun waktu lima juta tahun ke depan.

Karena keterbatasan dari paket integrator untuk mengintegrasi seluruh asteroid sekaligus, dapat diatasi dengan memecahkan 3372 sampel asteroid menjadi empat

Siti Afifah Julfrikar Islamina, 2021
Efek Yarkovsky dan Dinamika Populasi Orbit Asteroid Dekat-Bumi dengan Jarak Perihelion Kecil
Universitas Pendidikan Indonesia | repositori.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

kelompok (*batch*). Untuk *batch* 1 sampai *batch* 3 masing-masing terdiri dari 1000 asteroid dan *batch* 4 terdapat 372 asteroid. Perhitungan langkah waktu yang digunakan untuk seluruh *batch* yaitu 1/1000 tahun (~9 jam) dicuplik setiap 1000 tahun. Dalam proses evolusi orbit asteroid di ikuti dengan asteroid menumbuk Matahari, menumbuk planet-planet dan terlempar keluar Tata Surya (a>100 sa). Untuk mempersingkat waktu dalam proses pengambilan data evolusi orbit, disertakan pula parameter yang nilai a>100 sa akan tereliminasi dalam perhitungan.

Peneliti membatasi penelitian ini dengan menggunakan data asteroid yang memenuhi nilai q'<0,1 sa. Untuk menentukan nilai q' dapat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut (Emel'yanenko, 2017):

$$q' = a\left(1 - \sqrt{1 - c^2}\right) \tag{3.1}$$

Dimana $c = \sqrt{1 - e^2}\cos i$

Nilai q' ini menunjukkan keberadaan asteroid dekat-Bumi yang menghuni sebagai asteroid dekat-Matahari secara teoritik. Dengan proses integrasi numerik, boleh jadi yang nilai memenuhi q' masih berevolusi ataupun berakhir sebagai penumbuk Matahari.

Objek asteroid yang sudah memenuhi berdasarkan q'<0,1 sa kemudian dicari nilai *da/dt* menggunakan persamaan (2.28) dan persamaan (2.29). Untuk memperoleh nilai parameter A_2 dapat diperoleh dengan bantuan perangkat lunak *Find Orb* (New Version – 12 Maret 2021), dengan DE-431 dan menyertakan 300 asteroid masif selain seluruh planet dan Bulan termasuk Pluto sebagai objek pengganggu. *Find Orb* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menangani penentuan awal orbit objek seperti asteroid, komet, satelit alami atau buatan menggunakan metode Gauss, Herget, Vaisala, dan lainnya. Selain itu, *Find Orb* dapat menemukan orbit "paling cocok" menggunakan metode *least square.*

Penentuan nilai ingsutan setengah sumbu panjang dapat menggunakan persamaan (2.28) dan persamaan (2.29). Hasil dari kedua persamaan kemudian di analisis dengan membandingkan pekerjaan Mommert dkk., (2020); Nugent, (2013); Nugent dkk., (2012) untuk masing-masing asteroid. Agar pendeteksian efek Yarkovsky

dapat dipercaya, dilakukan proses filterisasi menggunakan kriteria sebagai berikut (Desmars, 2015):

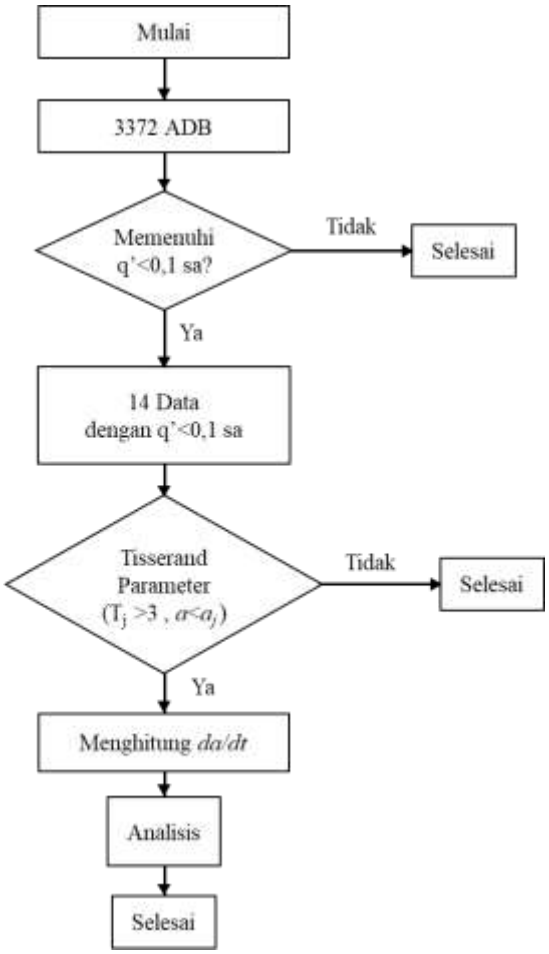
i. $SN=\frac{|A_2|}{\sigma_{A_2}}>2$

ii. $\xi=\frac{|\dot{a}|}{\dot{a}_{maks}}\leq 3$ dengan $\dot{a}_{maks}$ ditunjukkan melalui persamaan (2.29)

iii. $|A_2|_{harapan}=|A_2|_{Bennu}\times\frac{D_{Bennu}}{D}$ dengan A_2 dan D asteroid Bennu masing-masing $-4{,}5\times10^{-14}$ sa/hari^2 dan 0,49 km (Farnocchia dkk., 2013).

3.5 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian yang dilakukan dapat dilihat dalam bentuk diagram seperti pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian