

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif melalui simulasi numerik dalam bentuk *N-body problem*.

#### 3.2 Sampel Penelitian

Penelitian ini memanfaatkan data hasil komputasi orbit yang melibatkan gaya gravitasi dan gaya termal (Yarkovsky) untuk kedelapan planet, Bulan, dan 967 sampel ADB ( $D \geq 1\text{ km}$ ) dengan orbit yang telah dikenal dengan sangat baik. Keseluruhan sampel yang digunakan diperoleh dari laman <http://ssd.ipn.nasa.gov/sbdb-query.cgi>.

#### 3.3 Infrastruktur Penelitian

Komputasi orbit dilakukan dengan menggunakan paket integrator Swift\_RMVS4 (Levison & Duncan, 1994) yang merupakan pengembangan dari Mixed-Variable Symplectic (MVS) yang dikembangkan oleh Wisdom & Holman (1991) dan telah dimodifikasi untuk dapat mengakomodasi pula gaya termal Yarkovsky (Dermawan dkk., 2013). Versi ke-4 dari Regularized Mixed-Variable Symplectic ini dapat menghitung peristiwa papasan dekat yang terjadi antara asteroid dengan objek-objek masif dengan lebih teliti dibandingkan versi sebelumnya. Proses komputasi orbit dilakukan dengan 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 FMIPA ITB serta dua buah PC lainnya (Intel® Core™ i3-3240T CPU @2,90 GHz, RAM 4,00 GB, 64 bit operating system) yang terdapat di laboratorium Komputasi Departemen Pendidikan Fisika FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia untuk 967 sampel ADB [bersesuaian jumlah keadaan tunak populasi ADB dgn  $D \geq 1\text{ km}$  ada 960 +/- 120 objek dalam Bottke dkk.,(2002)] nyata berdiameter  $D \geq 1\text{ km}$  [setara dengan (bersesuaian dengan rentang  $H \leq 17,75$ )], Matahari, kedelapan planet (Merkurius hingga Neptunus), dan Bulan selama  $5 \times 10^6$  tahun ke depan. Komputasi berjalan dengan langkah waktu  $1/10^{-3}$  tahun (~9 jam) dan hasilnya dicuplik tiap 103 tahun.. Dengan paket integrator yang digunakan, interaksi gravitasi hanya terjadi antar benda masif dan antara benda masif dengan seluruh asteroid, sementara interaksi antar asteroid diabaikan.

Ananda Meliyana Maharani, 2022

**FREKUENSI TUMBUKAN POPULASI ASTEROID DEKAT-BUMI BERUKURAN BESAR DAN TERANG TERHADAP PLANET-PLANET KEBUMIHAN**

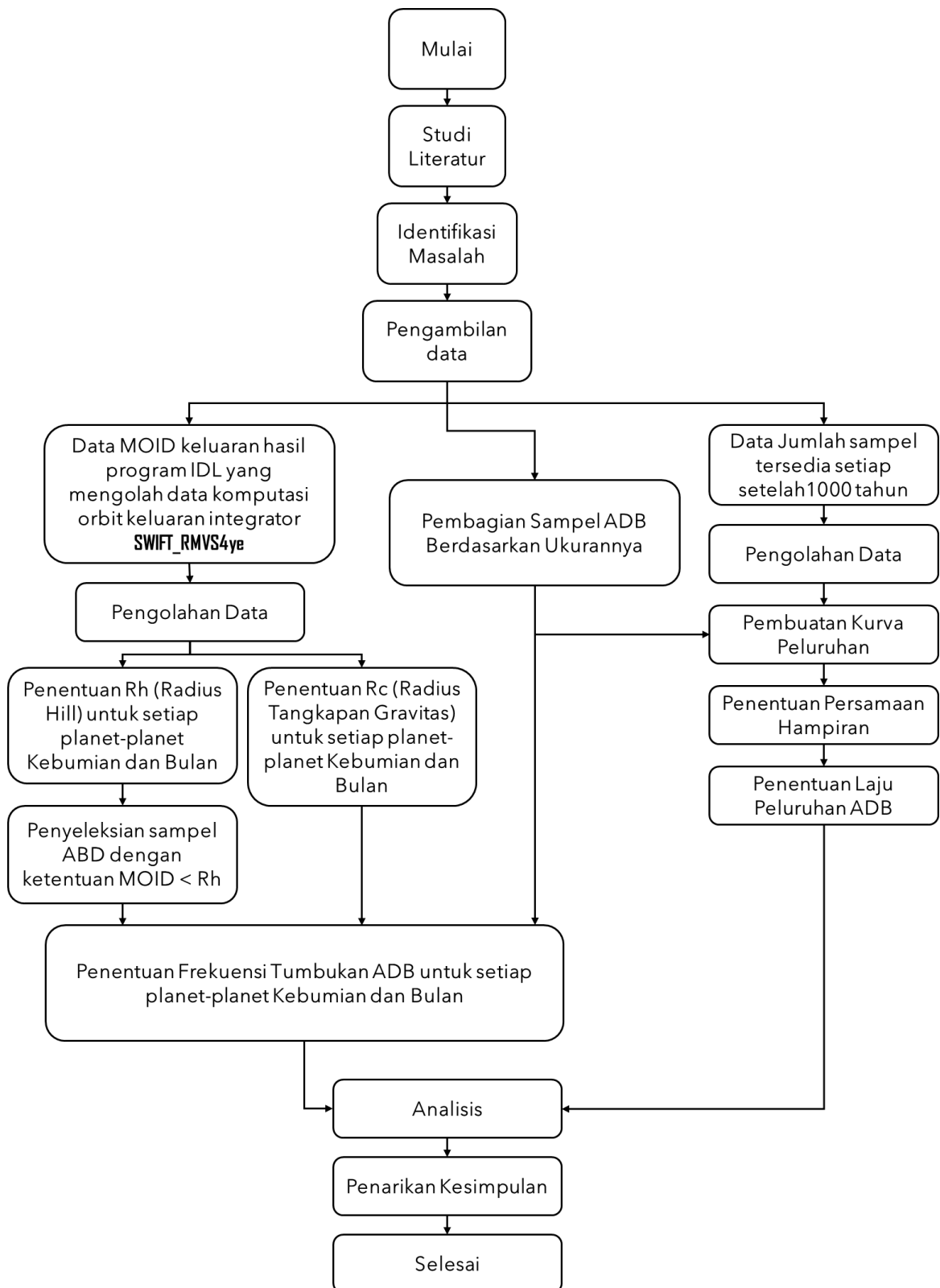
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

### 3.4 Prosedur Penelitian

Langkah paling awal dan merupakan bagian terintegrasi dalam proses penelitian adalah melakukan studi literatur. Literatur utama yang mendasari penelitian ini adalah penelitian Nesvorný & Roig (2018) yang membahas tumbukan antara ADB berukuran besar dengan planet-planet kebumian dan penelitian (Wahyudin dkk., 2020) yang membahas tumbukan antara ADB berukuran kecil dengan planet-planet kebumian dan bulan. Selain itu juga didasari penelitian yang dilakukan sebelumnya (Maharani dkk., 2021) yang memanfaatkan 967 sampel ADB berukuran kecil untuk menghitung Frekuensi Tumbukan Populasi Asteroid dekat-Bumi Berukuran Besar dan Terang terhadap Planet-Planet Kebumian. Selanjutnya dilakukan proses identifikasi masalah yang memberikan kesimpulan bahwa untuk mendapatkan nilai frekuensi tumbukan yang lebih komprehensif, diperlukan pembagian sampel ADB berdasarkan rentang ukurannya yang lebih spesifik. Data yang dimanfaatkan dalam penelitian ini adalah data MOID setiap sampel ADB dengan setiap planet kebumian yang dicuplik setiap waktu komputasi 1.000 tahun. Alasan menggunakan metode perhitungan nilai MOID ini adalah untuk menghindari kesalahan *small number statistics* yang dihasilkan oleh data tumbukan langsung yang dihitung/direkam oleh perangkat lunak integrator orbit. Data ini merupakan hasil keluaran program IDL yang mengolah data komputasi orbit yang dihasilkan oleh Swift\_RMVS4. Hasil keluaran dari proses komputasi yang dimanfaatkan pada penelitian ini terdiri dari 2 *batch* data MOID antara sampel ADB dengan masing-masing planet kebumian, sehingga total terdapat 10 berkas. Batch 1 terdiri dari 608 asteroid dan batch 2 terdiri dari 372 asteroid. Dengan memanfaatkan program IDL data tersebut dihitung populasi asteroid yang tersisa setiap 1000 tahun waktu komputasi. Dengan program IDL ditentukan pula nilai MOID setiap asteroid sebagaimana dijelaskan dalam Sub 2.6 Bab II. Perhitungan nilai MOID menggunakan metode ini adalah karena tidak tersedianya data tumbukan langsung yang dihitung/direkam oleh software integrator orbit.

Data keluaran program IDL kemudian digunakan untuk menghitung laju peluruhan dan laju tumbukan asteroid sebagaimana yang dikehendaki untuk mencapai tujuan dari penelitian ini. Dalam prosesnya, pengolahan data keluaran ini

dilakukan dengan perangkat lunak Microsoft Excel. Untuk lebih jelasnya ditampilkan pada alur penelitian berikut.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

t [ky]	AsteroidID	MOID [au]
0.00	0393	0.03650704065008
1.00	0393	0.09938805935974
2.00	0393	0.03458027240389
3.00	0393	0.02564456043973
4.00	0393	0.08430405509158
5.00	0393	0.04699918510768
6.00	0393	0.13512321980590
7.00	0393	0.04497037043913
8.00	0393	0.19153547495485
9.00	0393	0.03749375496358
10.00	0393	0.18810814997341
11.00	0393	0.02161178091061
12.00	0393	0.18854906483967
13.00	0393	0.04668401123140
14.00	0393	0.17584665410146
15.00	0393	0.12134407242023
16.00	0393	0.13162123445244
17.00	0393	0.15643135185795
18.00	0393	0.11603879633129
19.00	0393	0.06252656879875
20.00	0393	0.02405594251347
21.00	0393	0.03153688793088
22.00	0393	0.02578165702924
23.00	0393	0.09551697816837

Gambar 3.2 Tangkapan layar data MOID hasil keluaran program IDL yang mengolah data komputasi orbit yang dihasilkan *Swift\_RMVS4ye*.

Terdapat 2 *batch* data MOID antara sampel ADB dengan masing-masing planet kebumian, sehingga total terdapat 10 berkas MOID sebagaimana Gambar 3.2. Selanjutnya data ini diimpor ke dalam lembar kerja *Microsoft Excel* untuk diseleksi kriteria  $MOID < R_H$ . Sebelum itu, dilakukan perhitungan radius Hill dan radius tangkapan gravitasi masing-masing planet kebumian.

t	asteroidID
0	608
1	608
2	608
3	608
4	608
5	608
6	608
7	608
8	608
9	608
10	608
11	608
12	608
13	608
14	608
15	608
16	608
17	608
18	608

Gambar 3.3 Tangkapan layar data jumlah sampel ADB yang tersisa setiap waktu komputasi 1000 tahun.

Data jumlah sampel asteroid dekat Bumi yang tersisa setiap waktu komputasi 1.000 tahun seperti tampak pada Gambar 3.3 diimpor ke dalam lembar kerja *Microsoft Excel* dan dimanfaatkan untuk membuat grafik peluruhan dan menentukan laju peluruhannya.

t [ky]	MOID [au]	AsteroidID-0001				
		a [au]	e	i [rad]	Omega [rad]	w [rad]
0.00	1.15648715270047	2.3416160	0.79654670	0.97870123	3.2362158	3.2309916
1.00	0.68793727971345	2.3368015	0.87464300	0.81079850	3.1213484	3.4531953
2.00	0.26757237456737	2.3403640	0.93668690	0.29429075	2.2234266	4.3027770
3.00	0.37790942370027	2.3328545	0.89651170	0.72203180	0.53688580	5.9096810
4.00	1.15105330094691	2.3343182	0.81167775	0.96571040	0.38344220	6.1331130
5.00	1.14084549637905	2.3344383	0.80810773	0.96943945	0.31229815	0.083311480
6.00	0.48766225871010	2.3344862	0.89231190	0.74246985	0.18938030	0.28970453
7.00	0.25517624246907	2.3362393	0.93968743	0.22937311	4.9458394	1.7619096
8.00	0.65851400036015	2.3355434	0.88258680	0.78441864	3.7857165	2.8777874
9.00	1.20423470073183	2.3355527	0.80374515	0.97995853	3.6791728	3.0827866
10.00	0.93491752585780	2.3349998	0.81622330	0.96292570	3.6103745	3.3106813
11.00	0.34199101724528	2.3347780	0.90293306	0.70650610	3.4458120	3.5352554

Gambar 3.4 Tangkapan layar hasil keluaran program IDL yang mengolah data komputasi orbit yang dihasilkan *Swift\_RMVS4ye* berupa data a sumbu semi mayor, e eksentrisitas, dan i inklinasi untuk masing-masing data MOID setiap 1000 tahun dari masing-masing asteroid dengan planet-planet kebumian dan bulan.

Data a sumbu semi mayor, e eksentrisitas, dan i inklinasi untuk masing-masing data MOID setiap tahun dari masing-masing asteroid dengan planet-planet kebumian dan bulan seperti tampak pada Gambar 3.4 diimpor ke dalam lembar kerja *Microsoft Excel* dan dimanfaatkan nilai a sumbu semimayor, e eksentrisitas dan i inklinasi rata-rata selama komputasi 5 juta tahun dari masing-masing sampel penelitian untuk dijadikan grid untuk menghasilkan grafik probabilitas tumbukan intrinsik ( $P_i$ ) dengan skala warna.

### 3.5 Analisis Data

Data keluaran diolah menggunakan *Microsoft Excel*. Selanjutnya proses perhitungan yang diperlukan dilakukan menggunakan perangkat lunak ini. Hasil perhitungan dianalisis dengan cara membandingkannya dengan hasil penelitian yang didapatkan dari literatur lain yang tersedia.