

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Asteroid merupakan salah satu benda luar angkasa, yang memiliki ukuran yang kecil, padat, dan berjumlah sangat banyak yang bergerak mengelilingi Matahari (Suryadi, 2017). Asteroid diketahui memiliki orbit yang kaotik akibat seringnya terjadi papasan dekat dengan planet-planet terestrial yang dapat membuat asteroid berakhir sebagai penumbuk Matahari maupun planet-planet. Materi penyusun asteroid merupakan logam-logam seperti besi dan nikel (<https://cneos.jpl.nasa.gov>). Secara umum ada tiga jenis asteroid berdasarkan material penyusunnya: C (karbon), S (silikat/batuan), dan M (metal/logam).

Kumpulan asteroid yang berada diantara orbit planet Mars dan Jupiter disebut sebagai Asteroid Sabuk Utama (*main belt*), asteroid dapat mengalami peralihan orbit menjadi objek yang berada di kawasan dekat-Bumi. Melalui beberapa mekanisme, diantaranya tumbukan antar-asteroid di Sabuk Utama yang terjadi dengan arah lontaran yang tepat dan dengan kecepatan lontaran yang cukup besar (beberapa ratus ms^{-2} , Zappalá dkk., 1996), fragmen-fragmen hasil tumbukan dapat memasuki daerah resonansi gerak rata-rata (*mean-motion resonance*) maupun resonansi sekular (*secular resonance*) yang mampu membuat orbit objek ini menjadi memotong orbit planet Mars (Bottke dkk., 2006). Interaksi gravitasi dengan planet Mars memegang peranan penting dalam mengantarkan fragmen-fragmen hasil tumbukan tersebut memasuki kawasan bagian dalam Tata Surya membentuk populasi baru, yaitu populasi asteroid dekat-Bumi. Secara definisi, ruang dekat-Bumi merupakan kawasan yang memenuhi ketidaksamaan nilai q (jarak perihelion) $< 1,3 \text{ au}$ & nilai Q (jarak aphelion) $> 0,98 \text{ au}$ [1 au (*astronomical unit*) didefinisikan sebagai jarak rata-rata Bumi – Matahari yang bernilai $1,5 \times 10^8 \text{ km}$].

Populasi asteroid yang berada di ruang dekat-Bumi tersebut dikelompokkan ke dalam empat kelas utama berdasarkan karakteristik orbitnya. Keempat kelas asteroid dekat-Bumi tersebut adalah Amor, Apollo, Aten, dan Atira. Dengan karakteristik orbit yang dimiliki, kelas Amor merupakan kelompok asteroid dekat-Bumi yang memiliki orbit memotong orbit planet Mars, Apollo dan Aten memotong orbit Bumi, sementara kelas Atira seluruh orbitnya berada di sebelah dalam orbit Bumi.

Papasan dekat (*close encounter*) yang dialami populasi asteroid dekat-Bumi dengan planet-planet terestrial (Merkurius, Venus, Bumi, dan Mars) berpengaruh dominan terhadap dinamika di ruang dekat-Bumi. Bahkan bukan saja peran dari papasan dekat, melainkan juga andil dari dinamika resonansi yang mempengaruhi peluruhan populasi

asteroid dekat-Bumi ke zona pembuangan (Michel dkk., 2005). Zona pembuangan dibagi menjadi zona mayor dan minor berdasarkan besar-kecilnya kontribusinya dalam mengurangi populasi asteroid dekat-Bumi (Bottke dkk., 2002). Kondisi akhir asteroid sebagai penumbuk Matahari maupun terlempar keluar dari Tata Surya ($> 60\%$) telah diketahui mendominasi keluaran komputasi numerik, dibandingkan dengan keadaan akhir sebagai penumbuk planet-planet ($< 20\%$) (Gladman dkk., 2000). Hasil yang diperoleh Gladman dkk. (1997) dan Morbidelli & Gladman (1998), menyimpulkan hanya 1% dari populasi asteroid dekat-Bumi yang berakhir sebagai penumbuk planet Bumi.

Diketahui bahwa Asteroid Sabuk-Utama memiliki ketidakstabilan dinamika orbit sehingga memungkinkan objek bergerak dalam pengaruh resonansi gravitasi dengan planet raksasa yang berada di dekatnya. Pada lingkup Tata Surya, mayoritas benda kecil bergerak mengelilingi Matahari secara *prograde* (Morais & Namouni, 2017).

Mean Motion Resonances (MMR) di luar Tata Surya telah terdeteksi diantara planet-planet raksasa, MMR di Tata Surya biasanya terjadi antara planet dan benda-benda kecil maupun antara planet dan planet lainnya. Disamping sistem eksoplanet, MMR juga memainkan peran penting dalam membentuk dinamika pada Tata Surya (Forgacs-Dajka dkk, 2018). Bazzano dkk (2009) melakukan penelitian mengenai MMR antara planet Venus dan Bumi, pada penelitiannya (Bazzano dkk., 2009) memperoleh bahwa planet Venus dan Bumi memiliki MMR 13:8.

Pada penelitian Tabare Gallardo (2006) ditemukan satu asteroid dalam resonansi 6:5 dengan Venus, lima asteroid dengan resonansi 1:2 dengan Venus, tiga asteroid dalam resonansi 1:2 dengan Bumi dan enam asteroid dengan resonansi 2:5 dengan Bumi.

Merujuk pada penelitian-penelitian sebelumnya mengenai evolusi orbit asteroid dekat-Bumi dan laju tumbukannya, penelitian mengenai asteroid dekat-Bumi dan laju tumbukannya akan dilakukan dengan memperhatikan resonansi yang mempengaruhi asteroid dekat-Bumi dengan planet Bumi, tumbukan asteroid dengan planet Bumi pada masa lalu yang terekam dalam sejarah geologi melalui kehadiran kawah-kawah besar dan analisis kandungan iridium (Bottke dkk., 2016). Sebagai contoh, kawah Barringer di Arizona, Amerika Serikat dengan menggunakan pernyataan empiris Shoemaker dkk. (1978) energi yang terjadi pada asteroid adalah $\approx 0,99$ kali bom atom Hiroshima, contoh lain yaitu, asteroid TC3 2008 yang masuk dan meledak di atmosfer di atas gurun Sudan pada 2008. Rekam sejarah geologi ini sangat menarik peneliti untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai evolusi orbit dengan menganalisis banyaknya asteroid dekat-Bumi yang memiliki nilai H (Magnitudo absolut untuk asteroid) $< 17,75$, nilai $H < 17,75$ ini adalah asteroid yang memiliki diameter antara 0,67 km – 1,5 km sehingga asteroid yang memiliki

$H < 17,75$ tidak akan terkikis habis saat melewati atmosfer Bumi, menganalisis laju tumbukan asteroid dekat-Bumi sehingga dapat memprediksikan frekuensi tumbukan antara asteroid dekat-Bumi dengan planet-planet Terrestrial, dan menganalisis resonansi yang mempengaruhi asteroid dekat-Bumi dengan planet Bumi sehingga asteroid tersebut berakhir menjadi penumbuk planet Bumi. Dalam penelitian ini digunakan 3372 sampel asteroid dekat-Bumi nyata yang dikenal baik ($U=0$). Perhitungan evolusi orbit sampel dilakukan dengan memanfaatkan paket integrator Swift_RMVS4 yang merupakan versi terbaru dari paket Swift yang dikembangkan Levison & Duncan (1994) dengan menggunakan model Tata Surya yang terdiri atas Matahari dan kedelapan planet termasuk Bulan sebagai objek terpisah. Frekuensi tumbukan antara populasi asteroid dekat-Bumi dengan planet-planet terrestrial melalui simulasi numerik yang menerapkan metode perhitungan jarak minimum orbit (*Minimum Orbit Intersection Distance* – MOID).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan dalam latar belakang, maka permasalahan yang muncul adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana fluks masuk dari kawasan dekat-Bumi menuju ke *sink* (kehancuran akibat bertumbukan dengan Matahari, planet-planet, maupun terlempar keluar Tata Surya) untuk asteroid dekat-Bumi yang memiliki nilai $H < 17,75$?
2. Bagaimana frekuensi tumbukan asteroid dekat-Bumi dengan planet-planet terrestrial?
3. Bagaimana pengaruh resonansi orbit terhadap evolusi orbit asteroid dekat-Bumi dalam 5×10^6 tahun?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis fluks masuk dari kawasan dekat-Bumi menuju ke *sink* (kehancuran akibat bertumbukan dengan Matahari, planet-planet, maupun terlempar keluar Tata Surya).
2. Menganalisis frekuensi tumbukan asteroid dekat-Bumi dengan planet-planet terrestrial.
3. Menganalisis pengaruh resonansi orbit terhadap evolusi orbit asteroid dekat-Bumi dalam 5×10^6 tahun.

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian Fluks Masuk dan Evolusi Orbit Asteroid Dekat-Bumi serta Laju Tumbukannya Terhadap Planet Terrestrial, maka pengetahuan mengenai fluks masuk, laju tumbukan, dan evolusi orbit asteroid dekat-Bumi dapat menjadi modal untuk prakira benda antariksa seperti asteroid dekat-Bumi yang berpotensi berdampak pada planet-planet disekitarnya, dampak yang terjadi bisa berupa tumbukan antara benda antariksa dengan planet Bumi yang kita tempati saat ini.

1.5. Sistematika Penulisan

Skripsi ini terdiri dari lima bab dengan beberapa sub-bab pelengkap yang meliputi: 1) pendahuluan, 2) tinjauan pustaka, 3) metode penelitian, 4) hasil dan pembahasan, dan 5) penutup.

BAB I berisikan mengenai latar belakang yang didasari dengan masalah evolusi orbit asteroid dekat-Bumi dan laju tumbukannya dengan planet terrestrial, rumusan masalah, tujuan penelitian yang mendeskripsikan mengapa penelitian ini harus dilakukan, manfaat penelitian yang bisa didapatkan dalam penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II merupakan tinjauan pustaka yang menjelaskan tentang kajian pustaka yang digunakan untuk pembahasan asteroid sabuk utama, asteroid dekat-Bumi, planet terrestrial, dan resonansi.

BAB III menyajikan metode-metode yang dilakukan penulis dalam penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan skripsi ini, sampel data yang diteliti, serta prosedur penelitian dan teknis analisis data yang dilakukan dalam penelitian.

BAB IV merupakan hasil yang diperoleh dan pembahasan penelitian yang berisikan tentang pembahasan-pembahasan yang dibuat berdasarkan latar belakang, tujuan, dan pokok permasalahan.

BAB V berisikan kesimpulan yang menjawab rumusan masalah dari pembahasan skripsi ini serta saran dalam penelitian agar tahu tindak lanjut dari masalah penelitian yang dilakukan agar segala bentuk kesalahan penelitian selanjutnya dapat diminimalisir dengan baik.