

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Matahari adalah bintang yang jaraknya paling dekat dengan Bumi. Dalam banyak penelitian mengenai hubungan Matahari dan Bumi, istilah *space weather* atau cuaca antariksa sering kali dibahas. Istilah ini mengacu pada kondisi yang terjadi di Matahari, di medium antar planet, angin matahari, magnetosfer, ionosfer, dan termosfer. Kondisi-kondisi ini, secara umum, dapat memengaruhi kinerja sistem teknologi baik yang berada di luar angkasa maupun di permukaan Bumi, serta dapat berdampak pada kehidupan manusia (Schwenn et al., 2005).

Dalam beberapa waktu terakhir, telah banyak dilakukan berbagai penelitian mengenai fenomena cuaca antariksa. Hal ini karena cuaca antariksa memiliki dampak yang luas pada beberapa sektor, mulai dari pertahanan, telekomunikasi, sektor komersial, penerbangan luar angkasa, hingga pembangkit listrik. Dampaknya cenderung lebih besar di wilayah dengan ketinggian dan lintang tinggi, sehingga pesawat luar angkasa dan pesawat yang terbang di ketinggian tinggi sangat rentan terhadap pengaruhnya (Timothy Howard, 2011). Teknologi modern lebih rentan terhadap gangguan yang berasal dari lingkungan antariksa, khususnya peristiwa eksplosif yang terjadi di Matahari. Fenomena ini sudah menjadi objek penelitian sejak pertama kalinya satelit diluncurkan ke luar angkasa (LANZEROTTI, 2007).

Sebelumnya para peneliti meyakini bahwa penyebab utama badai geomagnetik adalah *solar flare*. Namun kemudian diketahui bahwa penyebab utamanya adalah *Coronal Mass Ejection* (CME) atau Lontaran Massa Korona. CME sendiri merupakan lontaran massa korona dan medan magnet dari Matahari yang melaju dengan kecepatan ratusan hingga ribuan kilometer per detik. CME ini sangat dipengaruhi oleh siklus 11 tahun matahari dan sebagian besar massa dari CME ini dapat memasuki atmosfer Bumi ketika CME bertabrakan langsung dengan Bumi sehingga memicu terjadinya badai geomagnetik (Timothy Howard, 2011)

Badai magnetik sendiri merupakan bentuk ekstrim dari cuaca antariksa. Istilah badai magnetik pertama kali diperkenalkan oleh Von Humbolt pada tahun 1805, dan badai ini disebut

badai geomagnetik jika terjadi di bumi. Badai magnet adalah gangguan besar pada medan magnet suatu planet yang disebabkan oleh injeksi sejumlah besar energi dan partikel berenergi tinggi dari luar angkasa ke dalam magnetosfernya yang ketika menghantam suatu planet akan menyebabkan terbukanya garis-garis medan magnet yang seharusnya tertutup, sehingga atmosfer planet tersebut dapat terekspos oleh lingkungan luar angkasa (Tim Howard, 2014)

Menurut (Koskinen & Huttunen, 2006) CME merupakan penyebab utama terjadinya badai geomagnetik oleh karena itu penting sekali untuk dapat memprediksi waktu kedatangan CME. Terdapat pemodelan yang digunakan untuk memprediksi waktu kedatangan CME seperti model kecepatan konstan yang dikembangkan oleh Gopalswamy (Kaiser et al., 2001), model analitis berbasis *magnetohydrodynamics* yang dilakukan oleh Vrsnak (B. Vršnak et al., 2013) dan juga model numerik propagasi kejut kinematic versi Hakamada-Akasofu-Fry yang dikembangkan oleh (McKenna-Lawlor et al., 2008) atau model WSA-ENLIL+Cone (Odstrčil & Pizzo, 1999).

Sejarah mencatat beberapa badai geomagnetik ekstrem yang menimbulkan dampak signifikan di Bumi. Salah satunya adalah peristiwa Carrington tahun 1859, di mana badai geomagnetik menyebabkan kerusakan luas pada jaringan telegraf dan memunculkan aurora hingga ke daerah tropis. Lebih baru, pada Maret 1989, badai geomagnetik memicu pemadaman listrik total selama 9 jam di Quebec, Kanada. Peristiwa ini menunjukkan bahwa CME dengan energi dan kecepatan tinggi dapat memiliki konsekuensi serius pada infrastruktur modern.

Mitigasi terhadap dampak CME hanya dapat dilakukan jika prediksi waktu transitnya cukup akurat. Beberapa langkah mitigasi yang umum dilakukan adalah memberikan peringatan dini kepada operator satelit, sehingga satelit dapat diatur dalam mode aman untuk mengurangi kerusakan, kemudian mengatur ulang distribusi beban listrik untuk mencegah pemadaman massal akibat arus induksi geomagnetik. Pengamanan sistem komunikasi dan navigasi juga penting untuk dilakukan, termasuk mempersiapkan jalur komunikasi alternatif. Selain itu, dengan mengetahui waktu transit CME, proteksi terhadap misi luar angkasa bisa dilakukan dengan mengatur waktu peluncuran atau menunda aktivitas sensitif.

Penelitian ini penting karena prediksi kedatangan CME yang lebih akurat dapat membantu berbagai pihak, termasuk operator satelit, perusahaan penyedia listrik, serta badan antariksa

seperti NASA dan ESA, dalam mengambil langkah-langkah mitigasi untuk mengurangi dampak badai geomagnetik.

Selain itu, penelitian ini juga memiliki relevansi ilmiah dalam meningkatkan pemahaman mengenai propagasi CME di ruang antarplanet. Meskipun Elliptical-Cone DBM merupakan model sederhana, terdapat berbagai faktor yang dapat mempengaruhi akurasi prediksinya, seperti variabilitas angin matahari, interaksi CME dengan struktur medan magnet antarplanet, serta efek non-linier lainnya yang belum sepenuhnya dipahami.

Dengan semakin meningkatnya ketergantungan manusia terhadap teknologi berbasis satelit dan infrastruktur listrik, penelitian dalam bidang prediksi cuaca antariksa menjadi semakin penting. Studi ini tidak hanya berkontribusi dalam aspek ilmiah, tetapi juga memiliki manfaat praktis dalam meningkatkan kesiapan terhadap fenomena cuaca antariksa ekstrem di masa depan.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, penulis merumuskan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Seberapa akurat *Elliptical-Cone Drag-Based Model* (DBM) dalam memprediksi waktu kedatangan CME di Bumi?
2. Faktor apa saja yang mempengaruhi akurasi prediksi *Elliptical-Cone* DBM, termasuk peran koreksi kecepatan dan aspek rasio elips?
3. Seberapa besar perbedaan antara waktu tempuh hasil model dengan waktu tempuh hasil observasi?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari perumusan masalah tersebut adalah:

1. Menguji keakuratan prediksi *Elliptical-Cone* DBM dengan membandingkan hasil simulasi terhadap data observasi satelit (LASCO–SOHO dan ACE).
2. Mengoreksi kecepatan awal CME dengan metode *Elliptical-Cone Model*
3. Menganalisis pengaruh parameter seperti aspek rasio dari geometri CME, dan posisi sumber CME terhadap prediksi waktu tiba.

1.4. Batasan Masalah

Untuk memudahkan dalam penelitian ini, maka diberikan beberapa Batasan masalah sebagai berikut:

1. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Elliptical-Cone Drag-Based Model* (DBM) dengan asumsi bahwa gaya seret dari angin matahari adalah faktor utama yang mempengaruhi pergerakan CME. Model yang lebih kompleks seperti magnetohidrodinamika (MHD) tidak akan dibahas secara mendalam.
2. Pengaruh medan magnet antara planet (IMF) dan efek non-linier lainnya seperti gaya Lorentz, tekanan gradien plasma, gaya gravitasi matahari dan interaksi dengan struktur angin matahari tidak dimasukkan secara eksplisit dalam model, tetapi akan didiskusikan sebagai faktor yang dapat menyebabkan ketidaksesuaian prediksi.

1.5. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini, manfaat yang dapat diambil adalah:

1. Meningkatkan akurasi prediksi waktu tempuh CME, sehingga peringatan dini dapat lebih tepat dan andal bagi pihak-pihak yang terdampak.
2. Mengidentifikasi faktor penyebab ketidakakuratan DBM, sebagai dasar penyempurnaan model atau metode prediksi.
3. Memberikan kontribusi pada penelitian cuaca antariksa, khususnya dalam memahami dinamika pergerakan CME dan pengembangan sistem peringatan dini.

1.6. Sistematika Penelitian

Sistematika dalam penulisan laporan tugas akhir ini mengacu pada beberapa pembahasan yang diuraikan secara singkat sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Pada BAB I berisi beberapa informasi dalam penelitian ini, diantaranya adalah latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penelitian.

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada BAB II menjelaskan teori-teori yang berhubungan dengan penelitian seperti Coronal Mass Ejection (CME), komposisi CME, LASCO/SOHO, dan Drag-Based Model.

BAB III Metodologi Penelitian

Pada BAB III ini menjelaskan informasi mengenai bagaimana penelitian ini dilakukan termasuk data dan prosedur penelitian.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Pada BAB IV ini menjelaskan bagaimana hasil dan data yang diperoleh kemudian analisis dari penelitian yang dilakukan.

BAB V Penutup

Pada BAB V ini menjelaskan bagaimana kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang telah dilakukan serta penyampaian saran dalam pengembangan penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini menyajikan daftar referensi atau sumber-sumber yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan dan penelitian ini.

