

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis pada penelitian ini adalah studi literatur, pembuatan program komputer, dan simulasi. Studi literatur yaitu dengan mempelajari tentang sampah antariksa, hambatan atmosfer dan kaitannya dengan aktivitas Matahari, macam-macam model atmosfer terutama model atmosfer Russian GOST, dan penelitian kerapatan spasial populasi sampah antariksa. Pembuatan program komputer dilakukan dengan menggunakan *software* Matlab R2013a. Rancangan model kemudian diimplementasikan dengan Matlab R2013a lalu dilakukan simulasi.

Model kerapatan atmosfer yang digunakan dalam penelitian ini adalah model Russian GOST. Dari sekian banyak model kerapatan atmosfer, model ini dipilih karena memiliki kemudahan dan kesederhanaan dalam implementasi komputer dan juga memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi yaitu 90% selama aktivitas Matahari minimum dan sekitar 70 % selama badai geomagnetik. Model kerapatan spasial populasi sampah antariksa yang dikembangkan pada studi ini ditujukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh aktivitas Matahari secara khusus pada populasi sampah antariksa di ketinggian 200 hingga 1000 km. Ketinggian ini dipilih karena sekitar 47% benda antariksa buatan yang mengorbit Bumi berada pada ketinggian ini di mana kerapatan atmosfernya cukup padat (Rachman, 2013b).

Dari kelima faktor penambah dan pengurang populasi sampah antariksa seperti peluncuran satelit, penurunan kualitas material satelit, fragmentasi/pecahnya satelit, jatuhnya sampah antariksa, *deorbit and retrieval*, hanya faktor jatuhnya sampah antariksa (*decay*) yang diperhitungkan dalam studi ini karena hanya faktor ini yang terkait dengan aktivitas Matahari dan kuantitasnya yang berukuran lebih dari 10 cm bisa diperkirakan dengan baik. Hal ini berbeda dengan *satellite deteriorations* yang juga dipengaruhi oleh aktivitas Matahari namun ukurannya terlalu kecil

Desy Novia, 2015

MODEL KERAPATAN SPASIAL POPULASI SAMPAH ANTARIKSA TERKAIT AKTIVITAS MATAHARI DI KETINGGIAN 200 HINGGA 1000 KM

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

sehingga sulit diperkirakan jumlahnya. Ukurannya umumnya jauh di bawah 10 cm yang menjadi batasan studi ini.

3.2 Alur Penelitian

Dalam penelitian ini, ada 6 langkah yang dilakukan. Langkah pertama yaitu studi literatur mengenai sampah antariksa, hambatan atmosfer dan kaitannya dengan aktivitas Matahari, macam-macam model atmosfer, dan penelitian kerapatan spasial populasi sampah antariksa. Langkah kedua yaitu membuat kode program komputer untuk Model Atmosfer Russian GOST pada Matlab R2013a.

Langkah ketiga adalah membuat dan membandingkan profil kerapatan atmosfer terhadap ketinggian dengan menggunakan model NRLMSISE-00 dan model Russian GOST. Kerapatan atmosfer untuk model NRLMSISE-00 dihitung dengan memanfaatkan fungsi *atmosnrlmsise00* dari Aerospace Toolbox yang dimiliki Matlab. Sedangkan untuk model Russian GOST dihitung dengan terlebih dahulu membuat kode program komputernya dengan Matlab R2013a. Implementasi program komputer dibuat mengikuti model yang sudah dipaparkan di tinjauan pustaka. Nilai $F_{10,7}$, kp , dan A_p yang dipakai untuk membandingkan kedua model dapat dilihat pada Tabel 4.1. Nilai indeks kp yang dipakai pada kerapatan atmosfer model Russian GOST merupakan konversi dari nilai indeks A_p yang dipakai pada kerapatan atmosfer model NRLMSISE-00. Konversi nilai indeks A_p ke indeks kp didapat dari Vallado (2007).

Tabel 4.1 Nilai $F_{10,7}$, kp , dan A_p yang dipakai untuk membuat perbandingan kerapatan atmosfer model Russian GOST dan NRLMSISE-00 terhadap ketinggian

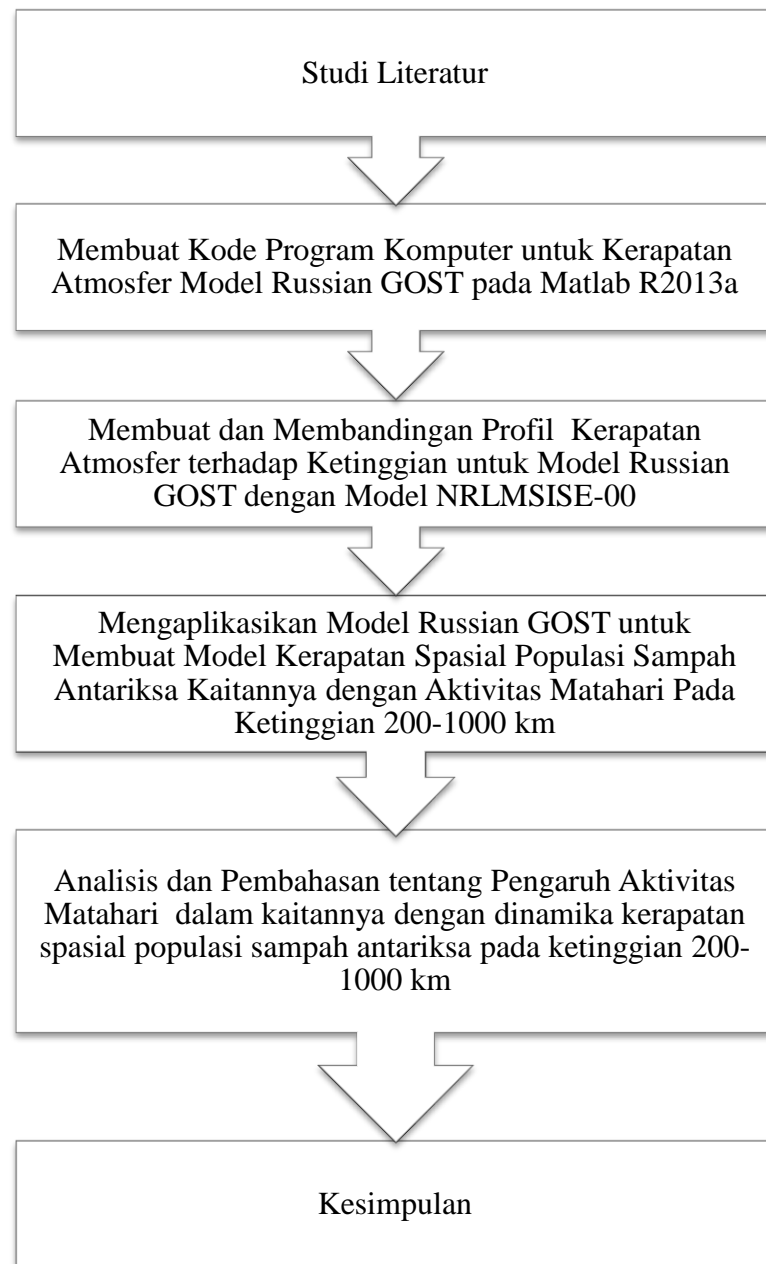
Model Russian GOST		Model NRLMSISE-00	
$F_{10,7}$	kp	$F_{10,7}$	A_p
75	2.3	75	8
125	2.67	125	12
175	3	175	16
225	3.67	225	20

Langkah keempat adalah mengaplikasikan model Russian GOST untuk membuat model kerapatan spasial populasi sampah antariksa kaitannya dengan aktivitas Matahari pada ketinggian 200-1000 km. Dalam penerapannya, model ini dipakai untuk menghitung perubahan kerapatan atmosfer pada setiap rentang ketinggian yang bergantung pada aktifitas Matahari. Dalam perhitungannya, kerapatan atmosfer yang besar berakibat pada cepatnya waktu jatuh benda antariksa sehingga berpengaruh pada profil kerapatan spasial populasi sampah antariksa.

Langkah kelima yaitu menganalisis dan membahas pengaruh aktivitas matahari dalam kaitannya dengan dinamika kerapatan spasial populasi sampah antariksa pada ketinggian 200-1000 km.

Langkah keenam yaitu membuat kesimpulan tentang pengaruh aktivitas matahari dalam kaitannya dengan dinamika kerapatan spasial populasi sampah antariksa pada ketinggian 200-1000 km.

Diagram alir tahapan proses penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1. Alur Penelitian

3.3 Pembuatan Model Kerapatan Spasial Populasi Sampah Antariksa Kaitannya dengan Aktivitas Matahari Pada Ketinggian 200-1000 km

Model kerapatan spasial populasi sampah antariksa dibuat dengan mengaplikasikan model Russian GOST yang sudah dibuat kode program

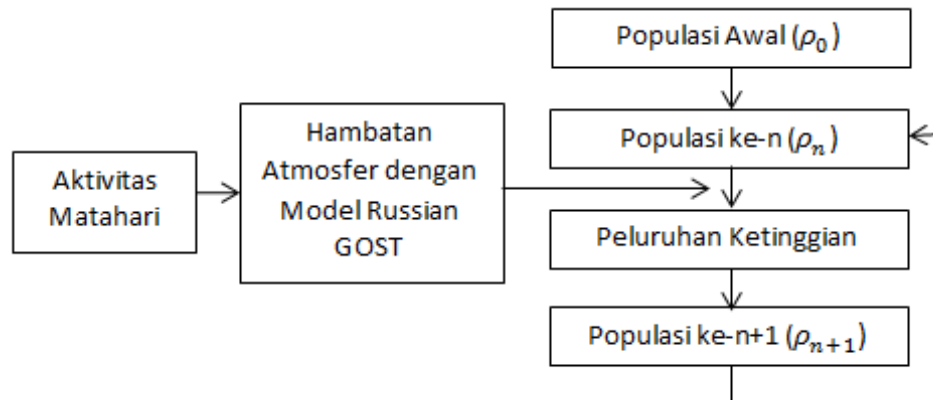
Desy Novia, 2015

MODEL KERAPATAN SPASIAL POPULASI SAMPAH ANTARIKSA TERKAIT AKTIVITAS MATAHARI DI KETINGGIAN 200 HINGGA 1000 KM

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

komputernya dengan Matlab R2013a. Model ini adalah penyempurnaan dari model sebelumnya oleh Rachman (2013b).

Rancangan model dimulai dengan merancang populasi awal sampah antariksa. Populasi ini terdiri dari 8 kelas ketinggian dengan interval 100 km dari 200-1000 km. Masing-masing kelas memiliki kerapatan tertentu yang menentukan jumlah anggotanya berdasarkan jumlah total populasi. Untuk populasi awal, variasi kerapatan tiap kelas ketinggian dinyatakan dalam fungsi ρ_0 .



Gambar 3.2. Rancangan model yang dikembangkan dalam studi ini. ρ menyatakan kerapatan populasi. (Rachman, 2013b)

Gambar 3.2 merupakan ilustrasi sederhana yang menggambarkan rancangan model. Untuk menentukan populasi awal dalam setiap rentang ketinggian, studi ini memakai fungsi randi yang terdapat dalam matlab. Kemudian model peluruhan tertentu dalam hal ini model peluruhan Kennewel (1999) digunakan untuk memperoleh ketinggian benda-benda di populasi berikutnya berdasarkan karakteristik populasi sebelumnya. Pengaruh aktivitas Matahari yang menyebabkan adanya hambatan atmosfer diperhitungkan untuk memperoleh kerapatan spasial pada setiap rentang ketinggian.

Berikutnya adalah merancang karakteristik anggota populasi. Diasumsikan orbit berupa lingkaran dan tidak diperhitungkan orientasinya di langit sehingga yang diperhitungkan hanya ukuran orbit yang dinyatakan oleh ketinggian. Koefisien balistik anggota populasi dapat divariasikan pada populasi awal, namun pada studi ini nilainya diseragamkan untuk semua benda.

Desy Novia, 2015

MODEL KERAPATAN SPASIAL POPULASI SAMPAH ANTARIKSA TERKAIT AKTIVITAS MATAHARI DI KETINGGIAN 200 HINGGA 1000 KM

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

Pengaruh variasi aktivitas Matahari dalam studi ini menggunakan F10,7 model yang diperhitungkan dengan mengasumsikan aktivitas tersebut berperilaku menurut fungsi sinusoidal dengan puncaknya pada 200 sfu dan minimumnya pada 60 sfu. Variasi aktivitas matahari F10,7 pada penelitian ini memakai model F10.7 yang dibuat terlebih dahulu skrip Matlabnya dan dapat dilihat pada skrip ke-2 Lampiran 4. Selain itu, model aktivitas Matahari yang dibuat dalam studi ini disesuaikan dengan siklus Matahari yang memiliki periode rata-rata 11 tahun.

Ketinggian benda dalam setiap kelasnya pada populasi awal ditentukan secara acak memakai distribusi seragam memanfaatkan fungsi randi pada Matlab R2013a. Ketinggian pada populasi berikutnya dihitung dengan memakai teknik yang terdapat pada Kennewel (1999) dan model atmosfer yang digunakan adalah model Russian GOST yang sudah dibuat kode program komputernya dalam studi ini.

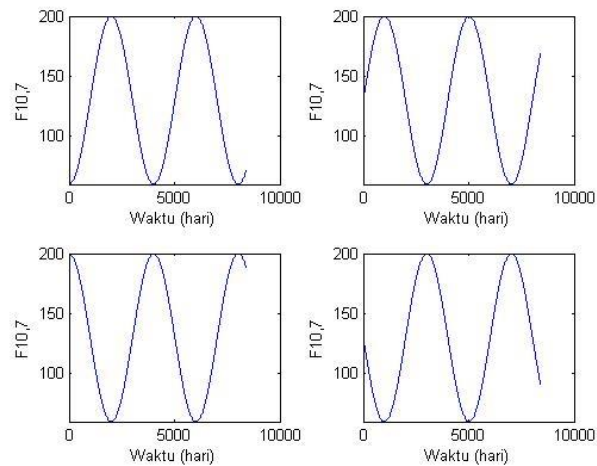
Rancangan model kemudian diimplementasikan dengan Matlab R2013a lalu dilakukan simulasi. Hasil simulasi kerapatan spasial populasi sampah antariksa pada rentang ketinggian 200-1000 km kemudian dianalisis keterkaitannya dengan aktivitas Matahari.

3.4 Teknik Analisis

Analisis dilakukan dengan melihat pengaruh variasi aktivitas Matahari, beda fase awal aktivitas Matahari, dan kerapatan spasial awal populasi terhadap profil kerapatan spasial populasi sampah antariksa.

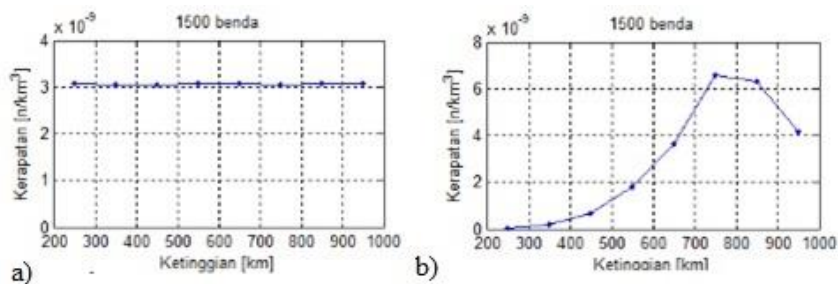
Pengaruh variasi aktivitas Matahari dilihat dari 2 aspek: 1) pengaruh F10,7 dimana nilai F10,7 di atas 150 sfu menunjukkan periode aktivitas Matahari maksimum (Wertz, 2002); 2) pengaruh berbedanya respon atmosfer terhadap aktivitas Matahari pada setiap ketinggian yang berpuncak pada ketinggian sekitar 600 km.

Pengaruh beda fase awal aktivitas Matahari (ϕ) dilihat dengan memulai simulasi saat aktivitas Matahari minimum ($\phi = 0$), $\frac{1}{4}$ siklus ($\phi = 0.25$), $\frac{1}{2}$ siklus ($\phi = 0.5$), dan $\frac{3}{4}$ siklus ($\phi = 0.75$). Profil aktivitas Matahari yang bersesuaian dengan fase-fase awal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Profil aktivitas Matahari untuk $\phi = 0$ (a) $\phi = 0.25$ (b) $\phi = 0.5$ (c) $\phi = 0.75$ (d)

Pengaruh perbedaan kerapatan spasial awal dilakukan dengan menggunakan kerapatan spasial awal yang sama ($\rho_0 = 1$) untuk semua rentang ketinggian dan kerapatan spasial yang mengikuti kerapatan spasial empiris (ρ_0 empiris). Kerapatan spasial awal yang sama untuk setiap rentang ketinggian artinya distribusi benda pada populasi awal dibuat merata pada setiap rentang ketinggian. Sedangkan kerapatan spasial awal yang mengikuti kerapatan spasial empiris artinya distribusi benda pada populasi awal dibuat mendekati kerapatan spasial empiris yang berpuncak pada ketinggian sekitar 750 km. Kerapatan spasial empiris dihitung dengan memanfaatkan skrip Matlab yang diperoleh dari Pusat Sains Antariksa LAPAN. Gambar 3.4 menunjukkan profil $\rho_0 = 1$ dan ρ_0 empiris.



Gambar 3.4. Profil kerapatan spasial awal untuk $\rho_0 = 1$ (a) dan ρ_0 empiris (b)

Desy Novia, 2015

MODEL KERAPATAN SPASIAL POPULASI SAMPAH ANTARIKSA TERKAIT AKTIVITAS MATAHARI DI KETINGGIAN 200 HINGGA 1000 KM

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