

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebuah Satelit secara umum yaitu segala bentuk natural atau *artificial* yang bergerak memutar sebuah *celestial body* seperti planet atau bintang. Pada konteks sekarang, satelit ditunjukkan sebagai sebuah bentuk *artificial* yang mengorbit terhadap planet bumi. Satelit tersebut diluncurkan ke dalam orbit tertentu dan memiliki *payloads* tergantung dengan *mission design concept* dari satelit tersebut [16]. Untuk beberapa misi, banyak perusahaan di bidang teknologi, informasi, dan komunikasi yang meluncurkan satelit ke orbit dalam jumlah banyak dan ditempatkan ke dalam posisi orbit yang sudah ditentukan untuk menjangkau *coverage* seluas – luasnya dengan mempertimbangkan *link budget*. Untuk pertukaran data antar satelit secara kontinu, dibutuhkan komunikasi antar satelit atau *Inter-Satellite-Link* (ISL).

Inter-Satellite-Link (ISL) merupakan komunikasi antar satelit yang digunakan untuk saling menukar data – data yang diterima dari masing – masing satelit. ISL sangat dibutuhkan dalam dunia telekomunikasi. Dengan ISL, data – data yang diambil dari berbagai penjuru dunia bisa disinkronisasikan oleh masing – masing satelit yang nantinya data – data yang telah disinkronisasi akan dikirim ke stasiun bumi atau *ground station* untuk diolah lebih lanjut. Contohnya, ISL digunakan oleh *mobile satellite service* (MSS). MSS merupakan layanan komunikasi secara *mobile* dengan perantara satelit, contohnya ialah *Iridium*. *Iridium* merupakan perusahaan yang menyediakan layanan data dan *voice* berbasis satelit. *Iridium* menggunakan *low-earth-orbit* (LEO) sebagai tempat mengorbit satelitnya, dengan 66 satelit diluncurkan saat tahun 1998. 66 satelit tersebut ditempatkan di konstelasinya masing – masing untuk menjangkau layanan data dan *voice* secara global. ISL berperan penting terhadap layanan data dan *voice* yang disediakan oleh *Iridium*, karena banyak *user* yang melakukan layanan data dan *voice* di seluruh penjuru dunia, dan *user* tersebut ingin melakukan komunikasi

terhadap *user* di belahan penjuru dunia lainnya. Nantinya satelit satu akan meng-*cover user* yang ingin mengirimkan data dan *voice*, satelit lainnya akan meng-*cover user* yang menerima data dan *voice* dari pengirim. Sehingga dibutuhkan komunikasi antar satelit untuk menghubungkan data dan *voice* yang dikirim dari *user* pertama ke *user* yang ingin menerima data dan *voice* dari pengirim[13].

Sistem komunikasi nirkabel sangat penting dalam dunia telekomunikasi modern. Dengan adanya komunikasi nirkabel, semua komunikasi bisa ditransmisikan tanpa penggunaan kabel. Dalam sistem komunikasi satelit menggunakan sistem komunikasi nirkabel. Sangat penting untuk memiliki sinyal yang kuat, khususnya untuk *inter-satellite-link* (ISL). Meningkatkan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Meningkatkan SNR pada perangkat penerima akan meningkatkan peluang data yang diterima benar. Sehingga, semakin tinggi probabilitas sebuah data diterima akan mengurangi besarnya pengulangan transmisi dari sebuah sumber.

Cara yang paling tepat untuk mendapatkan SNR yang lebih baik pada sisi penerima ialah meningkatkan *power* dari sumber. Tetapi cara ini memiliki beberapa kelemahan, hubungan antara *power* dan kekuatan sinyal mengikuti *Inverse-Square Law*. Artinya hal ini membutuhkan *power* yang lebih untuk mencapai peningkatan realistis terhadap SNR. Masalah lain yaitu akan terjadi interferensi dengan sistem yang lain. Untuk mengurangi interferensi dari sistem lain, dibutuhkan estimasi interferensi yang nantinya informasi estimasi interferensi tersebut akan digunakan untuk menyesuaikan bentuk beam yang dipancarkan agar bisa mendapatkan SNR yang optimal dan meminimalisir interferensi dengan sistem lain. Dengan Teknik *beamforming*, masalah tersebut bisa diatasi.

Teknik *Beamforming* bisa meningkatkan *gain* antena dengan menjaga omnidirectional coverage. Dengan *beamforming* akan meningkatkan SNR dan meningkatkan *bandwidth*. *Beamforming* menggunakan *array* antena untuk mengarahkan sinyal ke semua point yang di-*cover* di dalam *omnidirectional propagation* [1]. Teknik *beamforming* mempunyai kemampuan untuk menghasilkan daya *beam* yang besar dengan interferensi yang rendah, dan sangat penting di dalam komunikasi satelit secara *point-to-point*. Teknik *beamforming*

berdasarkan pemrosesan sinyal memberikan fleksibilitas *coverage* satelit yang tinggi dengan menjaga kesesuaian kompleksitas *payload* dari satelit. Lebih jauh lagi, penggunaan teknik ini bisa mengurangi *satellite development time* dan resiko yang terkait [2].

Untuk melakukan *beamforming*, hal yang paling mendasar untuk dilakukan ialah dengan mengetahui arah dan posisi dari sebuah target yang ingin berhubungan dengan target lain. Istilah yang biasa digunakan untuk mendeskripsikan fenomena mengetahui arah dan posisi dari sebuah target dinamakan *Direction of Arrival* (DOA). DOA dibutuhkan karena saat suatu target A mengirimkan sinyal kepada target B, target B bisa mendeteksi arah dan posisi dari target A. Sehingga saat target B hendak mengirimkan respon mengenai sinyal yang dikirimkan oleh target A, target B akan menembakan *beam* sesuai arah dan posisi dari target A dengan teknik *beamforming*. Dalam kasus ISL, DOA sangat diperlukan. Saat satelit utama yang berdekatan dengan lokasi *Ground Station*, satelit utama akan menerima data dari satelit lain untuk diteruskan ke *Ground Station*. Bila komunikasi satelit tersebut bisa mengetahui arah dan posisi dari masing – masing satelit, masing – masing satelit bisa menembakan *narrowbeam* ke satelit penerima dengan teknik *beamforming* [14]. Bila ISL tidak memakai teknik DOA, satelit akan menembakan *beam* yang tidak tajam dikarenakan teknik *beamforming* tidak akan bekerja. *Beam* yang tidak tajam bila ditembakkan ke satelit lain bisa menyebabkan interferensi bila satelit yang dituju berdekatan dengan satelit lain. *narrowbeam* yang dihasilkan dari teknik *beamforming* bisa menghasilkan *gain* yang tinggi dibandingkan dengan *beam* tanpa teknik *beamforming*. Maka dari itu, DOA sangat berkaitan erat dengan penggunaan teknik *beamforming*.

Kasus penting mengapa *Direction of Arrival* (DOA) bisa menciptakan dampak yang signifikan terhadap *Inter-Satellite-Link* (ISL) yaitu bisa memperkirakan *attitude* dari satelit tetangganya, dengan referensi *attitude* dari satelit itu sendiri. Teknik *Direction of Arrival* bisa menjadi *backup* untuk metode penentuan *attitude* dari satelit untuk mencegah kegagalan sistem bila metode lain dari penentuan *attitude* satelit gagal. Karena pada dasarnya, penentuan *attitude* dari satelit bisa menggunakan *magnetometer*, *reaction wheels*, dan *three-axis magnetorquer rods*.

Skema yang digunakan pada Tugas Akhir ini ialah dengan menggunakan algoritma DOA. Algoritma ini digunakan untuk menentukan arah kedatangan sinyal yang nantinya diproses arah sinyal ini untuk *beamforming*. Algoritma yang dipakai yaitu algoritma MUSIC (*Multiple Signal Classification*). Algoritma ini menggunakan teknik estimasi spektral yang bekerja dengan prinsip dekomposisi dari nilai eigen, yang bergantung pada *matrix covariance* dari sebuah sinyal [3]. Algoritma MUSIC bisa digunakan pada *uniform linear array* dan *non-uniform linear array*.

Dari literatur yang diusung oleh Pooja Gupta, S.P Kar yang ada, konsep algoritma MUSIC sudah diujikan dengan perbedaan spasi antar elemen, meningkatkan jumlah *array* antena, meningkatkan perbedaan antar sinyal datang dengan hasil spasi antar elemen sebesar $\lambda/2$, elemen *array* antena berjumlah 10, dan perbedaan sudut antar sinyal datang sebesar 30 derajat [3].

Literatur yang diusung oleh Mahmoud Mohanna, Mohamed L. Rabeh. Emad M. Zieur, Sherif Hekala juga menjelaskan konsep algoritma MUSIC untuk AOA (*angle of arrival*) terhadap komunikasi nirkabel. Dengan mengasumsikan adanya 3 buah sumber sinyal datang yang memiliki perbedaan sudut masing – masing yaitu 10, 15, dan 30 derajat. Perbedaan frekuensi tiap sumber sinyal datang yaitu 1 MHz, 2 MHz, dan 3 MHz dengan SNR tiap sumber sinyal datang sebesar 10 dB. Diasumsikan terdapat elemen *array* dari antena dengan masing-masing berjumlah 6, 10, 15, dan 20. Hasil simulasi tersebut didapatkan bahwa terjadi peningkatan resolusi terhadap sinyal yang datang saat jumlah elemen *array* dari suatu antena lebih atau sama dengan 10 buah [4]. Namun masalah dalam ISL, masing – masing antena pengirim dan antena penerima harus menyesuaikan arah dan *attitude* dari satelit tersebut. Untuk jarak antar satelit pun terbilang cukup jauh sehingga harus menciptakan *gain* yang optimal dengan pembentukan lebar *beam* yang sesuai.

Metode yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini ialah dengan mengasumsikan adanya sinyal *narrowband* sebesar F yang mempunyai frekuensi tengah sebesar F_c yang datang terhadap elemen *sensor* dari sebuah *array* sebesar D . Nantinya elemen D berjarak linear terhadap masing – masing elemen. Dibatasi

bahwa jumlah *sensor* harus lebih banyak dari jumlah sinyal yang datang ($D > F$). Pembatasan ini dilakukan untuk menciptakan hasil estimasi yang baik dimana sinyal F datang terhadap *planewave* dengan sudut θ . Jarak d masing – masing elemen dari sebuah antenna bisa direpresentasikan sebagai matriks $k [d_1 d_2 \dots d_{D-1}]$. Nantinya, diberikan beberapa indikator seperti element *spacing*, *number of array*, dan *signal incidence angle of difference* untuk menjadi perbandingan akurasi estimasi sinyal yang datang.

Keterkaitan Tugas Akhir ini dengan penelitian sebelumnya yaitu sama – sama membandingkan performa algoritma *MUSIC* dengan berbagai macam variabel, seperti efek perubahan SINR terhadap ketajaman *MUSIC peak*, spasi antar elemen sensor dan banyaknya jumlah array yang mengakibatkan akurasi dari algoritma *MUSIC* itu sendiri.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan deskripsi latar belakang dan penelitian terkait, maka dapat dirumuskan beberapa masalah di tugas akhir ini yaitu :

1. Mengapa *Direction of Arrival* merupakan salah satu teknik untuk meningkatkan performa pertukaran data untuk *Inter-Satellite-Link*?
2. Bagaimana peran *Direction of Arrival* dalam membantu penentuan *attitude* dari sebuah satelit?
3. Algoritma *Direction of Arrival* memiliki beberapa teknik seperti *Cramer-Rao Bound*, Estimasi korelasi, dan *Maximum Likelihood estimator*. Mengapa algoritma *MUSIC* yang digunakan?
4. Dalam menjalankan algoritma DOA untuk *MUSIC*, dibutuhkan beberapa parameter untuk menunjang hasil output dari DOA. Bagaimana mendefinisikan parameter terkait sistem DOA untuk *MUSIC*?
5. Mengapa *output* dari algoritma *MUSIC* bisa dijadikan acuan untuk peningkatan performa *Inter-Satellite-Link* ?

6. Algoritma MUSIC merupakan salah satu algoritma DOA untuk mendeteksi kedatangan sinyal yang mengenai *array* antena. Bagaimana menguji algoritma MUSIC dalam DOA ?
7. Terdapat beberapa parameter yang menjadi hasil keluaran dari algoritma MUSIC. Bagaimana analisis kinerja algoritma dengan indikator seperti akurasi dan SNR ?
8. Berapa waktu komputasi dari algoritma *MUSIC* sehingga algoritma tersebut bisa menyamai kecepatan relatif dari satelit?

1.3. Asumsi dan Batasan Masalah

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan *Uniform Linear Antenna (ULA)* .
2. Pergerakan satelit konstan terhadap satelit lainnya, tidak terpengaruh oleh pergerakan satelit.
3. Polarisasi gelombang pengirim dan polarisasi gelombang penerima sama

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Evaluasi atau simulasi maksimal dilakukan hanya terhadap N buah satelit yang saling berkomunikasi ke satelit utama. Dimana $N \leq M$. N merupakan jumlah satelit dan M merupakan jumlah *array*.
2. Tidak terjadi *hand-over* di dalam sistem ISL.
3. Tidak termasuk pembentukan *beam* dan pengarahannya terhadap target (*beamforming* dan *beamsteering*).
4. Ditinjau hanya posisi azimuth saja.
5. Tidak ada interferensi dari satelit lain.
6. Satelit Utama hanya mempunyai coverage sebesar 180°

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui hasil keluaran dari algoritma MUSIC yang digunakan untuk mengestimasi sinyal datang. Menguji keakuratan dan waktu komputasi dari algoritma MUSIC ini terhadap sinyal datang yang ditangkap oleh ULA. Melakukan perbandingan hasil keluaran seperti *gain*, *beamwidth*, dan SNR terhadap parameter – parameter yang sudah ditentukan.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini ialah memperkecil interferensi antar satelit, menurunkan BER di dalam ISL, meningkatkan *gain* dari suatu antena saat dipancarkan ke antena penerima, dan meningkatkan SNR.

1.5. Hipotesis

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah, Algoritma MUSIC akan menghasilkan keluaran spektrum yang bisa dianalisis puncaknya untuk mendapatkan estimasi arah sinyal optimal yang ditangkap oleh *array* antena. Ketepatan arah sinyal datang tersebut akan meningkat jika jumlah elemen *array* di dalam antena tersebut semakin banyak. Sehingga bila algoritma MUSIC bisa menghasilkan arah yang tepat sesuai dengan arah sinyal datang yang ditangkap oleh elemen *array* dari sebuah antena, *beamwidth* yang dipancarkan ke arah sinyal datang berupa *narrowband* sehingga *receive signal level* yang dihasilkan akan lebih besar daripada tidak memakai algoritma MUSIC, BER akan menurun terhadap arah sinyal datang, serta SNR akan meningkat [4].

Untuk *angular beamwidth*, karena ISL merupakan komunikasi antar satelit dimana satelit yang dihubungkan dengan satelit yang lain bisa berjumlah lebih dari satu, Algoritma MUSIC harus menentukan batas atau *threshold* untuk jarak antar satelit yang bisa dicapai agar sinyal yang dipancarkan oleh satelit tersebut bisa terdeteksi oleh satelit utama. Untuk parameter minimum yang dilakukan atau *degree of freedom* dari sebuah *array* antena di dalam sebuah algoritma MUSIC

yaitu $N = \theta + 1$. Dimana θ merupakan jumlah sudut yang datang terhadap satelit utama. Semakin banyak jumlah antena, semakin kecil *angular beamwidth*-nya.

Peningkatan jumlah *angle of arrival* (AOA) akan mempengaruhi grafik deteksi yang dilakukan oleh algoritma MUSIC, terutama grafik deteksi yang dilakukan oleh algoritma MUSIC. Semakin besar jumlah sudut yang dideteksi, semakin kecil penerimaan daya MUSIC yang dideteksi.

Peningkatan jumlah *array* antena akan meningkatkan penerimaan daya MUSIC. Semakin banyak elemen antena, semakin tinggi tingkat penerimaan daya MUSIC. Semakin banyak jumlah antena, semakin tinggi akurasi dan semakin tajam grafik per sudut yang ditentukan.

Peningkatan jarak *spacing* terhadap akurasi akan meningkatkan penerimaan daya MUSIC. Semakin panjang jarak antar elemen, semakin tinggi tingkat penerimaan daya MUSIC. Semakin panjang jarak antena, semakin tinggi akurasi dan semakin tajam grafik per *angle of arrival* (AOA).

Perbandingan frekuensi kerja akan menentukan panjang gelombang. Panjang gelombang digunakan untuk menentukan panjang spasi antar elemen, sehingga bila frekuensi kerja semakin tinggi, maka panjang gelombang akan mengecil. Bila jarak antar elemen mengecil, maka akurasi dari algoritma MUSIC akan semakin berkurang dan menurunkan penerimaan daya MUSIC.

Perbandingan *power* untuk masing – masing *angle of arrival* (AOA) menentukan akurasi dari algoritma MUSIC. Semakin besar *power* yang diterima, maka semakin akurasi deteksi *angle of arrival* (AOA) dan semakin besar penerimaan daya MUSIC yang diolah oleh algoritma MUSIC.

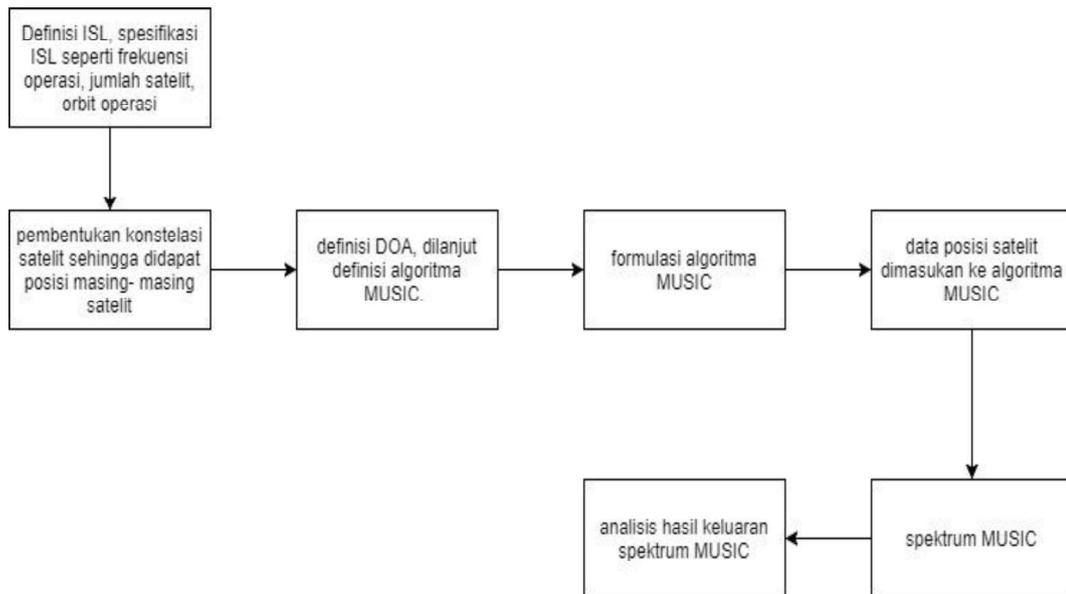
1.6. Metodologi Penelitian

1. Identifikasi masalah penelitian

Untuk menyusun perancangan dan simulasi algoritma MUSIC untuk DOA terhadap ISL, dibutuhkan mengenai informasi tentang teori ISL, bagaimana komunikasi berlangsung dan spesifikasi seperti rentang frekuensi ISL. Nantinya, informasi tersebut diolah untuk menemukan masalah terhadap ISL, seperti masalah SNR dan keterarahan. Jawaban permasalahan tersebut bisa dikerjakan dengan memanfaatkan algoritma MUSIC khususnya untuk mendapatkan estimasi arah sinyal datang yang akurat. Untuk mendapatkan estimasi arah sinyal datang yang akurat pun dibutuhkan juga informasi mengenai dasar teori, kegunaan, dan keuntungan DOA di dalam sistem ISL. Setelah mencari informasi tersebut, mencari tahu dan menganalisis kebutuhan algoritma MUSIC terhadap ISL seperti dasar teori, persamaan matematis, serta karakteristiknya. Nantinya, informasi tersebut bisa diolah sedemikian rupa untuk mendapatkan parameter – parameter yang diinginkan.

2. Formulasi Masalah dan desain model.

Bila sudah mendapatkan spesifikasi dan persamaan matematis dari sistem yang akan dirancang dan disimulasikan, langkah berikutnya yaitu merancang simulasi untuk mendeteksi arah kedatangan sinyal sumber menggunakan algoritma MUSIC. Dibutuhkan beberapa elemen untuk mendapatkan hasil keluaran dari algoritma MUSIC yaitu membandingkan jumlah elemen *array* dari antena, *spacing* dari masing – masing elemen *array* dari antena, dan banyaknya sampel data yang digunakan.



Gambar 1.1 Pemodelan dan formulasi masalah

Untuk desain model diatas, pemodelan terdiri dari 7 blok dimana masing – masing blok memiliki fungsi dan arti sendiri yang saling berkaitan dan kontinu satu salama lain. Untuk blok pertama yaitu mendefinisikan apa itu ISL dan bagaimana cara kerja dan terapannya. Sistem ISL mempunyai frekuensi kerja yang dipakai untuk menghubungkan komunikasi dari satu satelit ke satelit yang lain. *Spacing* disini bisa diartikan sebagai jarak dari antena satu ke antena lainnya.

Blok kedua menjelaskan tentang pembentukan konstelasi satelit. Satelit akan menempatkan orbit yang sudah ditentukan untuk menjangkau *global coverage*. Orbit yang ditempati oleh satelit akan mempunyai posisi azimuth dan elevasi. Karena batasan masalah hanya ditinjau informasi azimuth, hanya informasi azimuth yang diambil.

Blok ketiga yaitu mendefinisikan *Direction of Arrival*, pengaruhnya terhadap ISL, dan disambung dengan definisi dasar algoritma MUSIC.

Blok keempat mendefinisikan algoritma MUSIC secara komprehensif. Metode yang digunakan dalam perhitungan spektrum MUSIC dan formula-nya.

Blok kelima ialah memasukan koordinat satelit utama dan satelit penghubung. Tugas akhir ini membutuhkan koordinat satelit untuk menempatkan

satelit tersebut berada dimana dan menjadi parameter keluaran dari algoritma MUSIC untuk mengetahui keluaran spektrum MUSIC.

Blok keenam ialah memasukan matriks sinyal vektor yang nantinya akan dikirim ke satelit penghubung, hal ini menunjukkan bahwa algoritma MUSIC akan menganalisis matriks tersebut untuk mendapatkan posisi *azimuth* dari satelit penghubung. Untuk blok ke-enam, satelit utama akan memproses data sinyal vektor untuk didapatkan *azimuth* dari satelit penghubung. Proses tersebut akan mengeluarkan spektrum MUSIC.

Blok terakhir ialah menganalisis bagaimana hasil dari algoritma MUSIC dengan menggunakan MUSIC *peak*.

3. Pemecahan masalah dan pengujian

Bila desain sistem perancangan dan simulasi algoritma MUSIC, langkah selanjutnya ialah pengujian algoritma MUSIC tersebut. Untuk menguji algoritma MUSIC, dibutuhkan perbandingan jumlah elemen *array* dari antenna. Nantinya akan didapatkan hasil – hasil estimasi sinyal datang setelah diproses oleh algoritma MUSIC. Berlaku prosedur yang sama bagi perbandingan *spacing* elemen *array* dari antenna dan perbandingan banyaknya sampel data yang digunakan dalam perancangan dan simulasi. Indikator keberhasilan dari pengujian ini ialah hasil keluaran sangat mendekati atau sama persis dengan arah kedatangan sinyal asli.

4. Penarikan kesimpulan

Langkah terakhir ialah penarikan kesimpulan dari simulasi yang dijalankan. Penarikan kesimpulan sesuai dengan hasil keluaran yang terjadi saat simulasi berlangsung tanpa adanya rekayasa data. Bila hasil simulasi tidak sesuai dengan hipotesis, dilakukan analisis mengapa hasil tersebut bisa terjadi.