

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Petir menghasilkan radiasi elektromagnetik pada rentang frekuensi yang luas, termasuk *Very High Frequency* (VHF), yang dapat dimanfaatkan untuk mengamati perkembangan kanal petir secara spasial dan temporal. Sistem interferometri VHF menggunakan beberapa elemen antena untuk menerima sinyal dari sumber yang sama, kemudian memanfaatkan perbedaan waktu kedatangan dan perbedaan fase antarkanal sebagai dasar dalam mengestimasi arah datang sinyal atau *Direction of Arrival* (DOA). Ketelitian sistem tersebut dipengaruhi oleh konfigurasi array, jarak antareleman, frekuensi operasi, kualitas sinyal, serta karakteristik setiap jalur penerimaan [1].

Pada kondisi ideal, perbedaan waktu kedatangan sinyal antarkanal hanya disebabkan oleh perbedaan lintasan propagasi dari sumber menuju masing-masing elemen antena. Namun, dalam sistem pengukuran nyata, sinyal harus melewati kabel koaksial, konektor, *splitter*, *detector*, dan perangkat akuisisi data sebelum diproses. Ketidaksamaan karakteristik komponen dan respons internal kanal dapat menghasilkan tambahan waktu tunda atau *offset time delay*. Perbedaan tersebut dapat menyebabkan hubungan waktu dan fase antarkanal tidak lagi merepresentasikan kondisi geometris penerimaan sinyal secara murni. Penelitian tentang kalibrasi array menunjukkan bahwa kondisi perangkat keras yang tidak ideal dapat menimbulkan penyimpangan fase dan waktu tunda pada setiap kanal sehingga kalibrasi diperlukan untuk menjaga kinerja sistem array [2].

Pentingnya kalibrasi *time delay* telah ditunjukkan pada pengembangan sistem interferometri petir broadband. Liu *et al.* melaporkan bahwa penerapan kalibrasi *time delay* dapat meningkatkan koefisien korelasi antarsinyal dan mengurangi hasil lokasi yang tidak valid, khususnya ketika digunakan jendela analisis yang lebih pendek [3]. Penelitian lain pada *Long Wavelength Array* juga menunjukkan bahwa hasil setelah kalibrasi memiliki variasi lokasi yang lebih terpusat dan maksimum penyimpangan yang lebih kecil dibandingkan kondisi sebelum kalibrasi [4]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsistensi waktu antarkanal merupakan salah satu prasyarat penting dalam memperoleh hasil interferometri yang lebih stabil.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengestimasi perbedaan waktu antara dua sinyal adalah *cross-correlation*. Metode ini menghitung tingkat kemiripan kedua sinyal pada berbagai nilai pergeseran atau *lag*, kemudian posisi puncak korelasi maksimum digunakan sebagai estimasi *time delay*. Metode tersebut relatif sederhana dan sesuai untuk membandingkan sinyal yang berasal dari sumber referensi yang sama. Meskipun demikian, ketelitian hasilnya tetap dipengaruhi oleh panjang data, interval sampling, bentuk sinyal, derau, dan kemungkinan munculnya

beberapa puncak korelasi pada sinyal periodik [5]. Oleh karena itu, hasil pengukuran perlu dilakukan secara berulang dan dievaluasi secara statistik agar besar *offset* serta kestabilannya dapat diketahui.

Penelitian terdahulu telah membahas kalibrasi waktu tunda, interferometri petir, dan estimasi DOA [3], [4], [6]. Akan tetapi, nilai koreksi *time delay* bersifat spesifik terhadap konfigurasi perangkat keras dan jalur penerimaan yang digunakan. Karakteristik total waktu tunda pada enam jalur pengukuran yang merepresentasikan enam elemen array antenna VHF dalam penelitian ini belum diketahui secara eksperimental. Oleh karena itu, diperlukan karakterisasi pada frekuensi 30 MHz, 40 MHz, 50 MHz, dan 60 MHz untuk mengetahui besar pergeseran waktu dan tingkat kestabilan setiap jalur.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik sinyal hasil kalibrasi dan *time delay* antarkanal pada sistem array antenna VHF. Sinyal sinusoidal terkontrol dibangkitkan menggunakan *function generator* pada frekuensi 30 MHz, 40 MHz, 50 MHz, dan 60 MHz, kemudian dibagi menuju enam jalur pengukuran dan direkam menggunakan PicoScope. Data diolah menggunakan MATLAB melalui metode *cross-correlation* dengan kanal 1 sebagai kanal referensi sehingga diperoleh parameter TD12, TD13, TD14, TD15, dan TD16. Pengukuran dilakukan sebanyak 19 kali pada setiap frekuensi, kemudian dianalisis menggunakan nilai rata-rata dan standar deviasi untuk mengetahui besar *offset time delay* serta tingkat kestabilan masing-masing pasangan kanal. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam proses kalibrasi dan kompensasi antarkanal sehingga hubungan waktu dan fase pada sistem interferometri menjadi lebih konsisten serta berpotensi mendukung minimisasi ambiguitas sinyal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana karakteristik sinyal hasil kalibrasi pada sistem array antenna VHF pada rentang 30-60 MHz?
2. Bagaimana karakteristik *time delay* antar channel hasil pengolahan menggunakan metode *cross-correlation* pada variasi frekuensi 30-60 MHz?
3. Bagaimana tingkat kestabilan *time delay* antar channel berdasarkan analisis statistik (nilai rata-rata dan standar deviasi) pada sistem array antenna VHF?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis karakteristik sinyal hasil kalibrasi pada sistem array antenna VHF pada rentang frekuensi 30-60 MHz.
2. Menganalisis karakteristik *time delay* antar channel hasil pengolahan menggunakan metode *cross-correlation* pada variasi frekuensi 30-60 MHz.

3. Menganalisis tingkat kestabilan *time delay* antar channel berdasarkan nilai rata-rata dan standar deviasi sebagai parameter evaluasi sistem array antenna VHF.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai karakteristik *time delay* antar channel pada sistem array antenna VHF berdasarkan hasil kalibrasi pada rentang frekuensi 30-60 MHz.
2. Menjadi referensi dalam mengevaluasi kestabilan sistem array antenna VHF melalui analisis statistik berupa nilai rata-rata dan standar deviasi *time delay* hasil pengolahan menggunakan metode *cross-correlation*.
3. Menjadi dasar pengembangan sistem array antenna VHF yang memiliki karakteristik *time delay* lebih stabil sehingga dapat mendukung peningkatan akurasi pada penelitian lanjutan mengenai estimasi arah datang sinyal (DOA) dan minimisasi ambiguitas sinyal.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan manfaat penelitian, maka batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Penelitian difokuskan pada sistem interferometri VHF dengan rentang frekuensi 30-60 MHz menggunakan konfigurasi array antenna 6 elemen.
2. Data yang dianalisis merupakan hasil kalibrasi menggunakan *function generator*, PicoScope, dan MATLAB, sehingga tidak menggunakan sinyal petir aktual maupun data pengukuran lapangan.
3. Analisis difokuskan pada parameter *time delay* terhadap channel referensi, dan melakukan evaluasi menggunakan analisis statistik berupa nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi (*standard deviation*) untuk menilai kestabilan *time delay*.
4. Penelitian tidak membahas proses penentuan lokasi sumber petir, estimasi datang sinyal *Direction of Arrival*, maupun implementasi algoritma interferometri secara langsung.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi terkait uraian latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori dasar yang mendukung penelitian Tugas Akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rancangan penelitian, konfigurasi sistem pengukuran, peralatan dan bahan, parameter pengujian, prosedur akuisisi data, pengolahan menggunakan metode *cross-correlation*, serta analisis statistik.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini berisi informasi hasil dan analisa mengenai penelitian yang dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil pembahasan penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

