

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Hujan menjadi salah satu masalah utama bagi sistem telekomunikasi yang beroperasi pada frekuensi di atas 5 GHz, karena butiran hujan dapat menyebabkan atenuasi pada perambatan gelombang elektromagnetik^[1]. Atenuasi gelombang elektromagnetik yang disebabkan oleh hujan menimbulkan penurunan intensitas radiasi gelombang elektromagnetik, akibat adanya penyerapan dan hamburan oleh butiran hujan^[2]. Atenuasi gelombang elektromagnetik juga dapat menurunkan kualitas sinyal, sehingga stasiun penerima pada sistem telekomunikasi tidak mampu lagi menginterpretasikan sinyal tersebut dan berdampak kepada gagalnya komunikasi yang direncanakan. Semakin tinggi intensitas curah hujan dan frekuensi yang digunakan, semakin tinggi pula nilai atenuasi gelombang elektromagnetik^[2].

Dampak atenuasi gelombang elektromagnetik dapat diminimalisir, jika besarnya atenuasi tersebut terprediksi dengan akurat pada saat perancangan sistem telekomunikasi. Ada dua metode yang dapat digunakan untuk memprediksi atenuasi gelombang elektromagnetik yaitu metode teoritis dan metode empiris. Metode teoritis adalah metode yang menggunakan prinsip-prinsip fisika untuk menghitung besarnya atenuasi yang terjadi^[3], sedangkan metode empiris prediksi dilakukan berdasarkan data pengukuran (*database*) yang diambil dari stasiun pengamatan daerah tertentu. Penggunaan metode teoritis sulit dilakukan karena tidak semua parameter input dari prinsip fisika yang dibutuhkan tersedia. Selain itu, metode teoritis menggunakan banyak asumsi dan pendekatan untuk memperoleh nilai atenuasi gelombang elektromagnetik^[4]. Oleh karena itu, metode empiris lebih sering digunakan untuk memprediksi atenuasi gelombang elektromagnetik^[5]. Metode empiris yang umum digunakan adalah metode yang direkomendasikan oleh *International Union-Radiocommunication (ITU-R)*^[6].

ITU-R merupakan salah satu bagian dari *International Union (ITU)* yang bertanggung jawab terhadap sistem telekomunikasi gelombang radio di dunia.

Model ITU-R cukup akurat untuk memperkirakan intensitas curah hujan dan parameter yang terkait di daerah subtropis, namun memiliki akurasi yang rendah untuk daerah tropis.^[7,8] Curah hujan di daerah tropis sangat bervariasi, baik dari segi lokasi dan waktu termasuk variasi diurnal (variasi harian yang dikelompokkan menjadi dini hari, pagi hari, sore hari, dan malam hari), musiman dan tahunan. Karena model ITU-R mengasumsikan iklim tetap, maka model ini kurang akurat untuk daerah yang variasi iklimnya signifikan seperti Indonesia.

Pengujian tingkat akurasi model ITU-R dapat dilakukan dengan membandingkan nilai atenuasi dari model ITU-R dengan nilai atenuasi yang diperoleh dari hasil pengukuran^[3]. Ada tiga metode pengukuran nilai atenuasi; pertama, pengukuran dilakukan dengan menggunakan data atenuasi dari hasil pengukuran yang terekam pada sebuah *receiver*. Hasil pengujian model ITU-R menggunakan metode ini sangat akurat, tetapi hal ini hanya dapat dilakukan pada daerah yang memiliki nilai atenuasi dari hasil pengukuran. Kedua, pengukuran nilai atenuasi dari data intensitas curah hujan^[9]. Hasil pengujian menggunakan data ini kurang akurat, karena tidak melibatkan sifat-sifat mikrofisika hujan seperti ukuran butiran hujan, kecepatan jatuh butiran hujan, tipe-tipe hujan dan lain sebagainya. Kelemahan dari metode kedua dapat diatasi dengan menggunakan metode ketiga yaitu pengujian model ITU-R menggunakan nilai atenuasi dari hasil pengukuran yang melibatkan sifat-sifat mikrofisika hujan. Hal ini dikenal dengan istilah pengukuran atenuasi dari distribusi ukuran butiran hujan^[1].

Distribusi ukuran butiran hujan yang dikenal dengan *raindrop size distribution* (RDSD) merupakan sebaran ukuran butiran hujan pada ukuran tertentu per satuan volume sampel selama interval waktu^[10]. Pengamatan RDSD ini biasanya dilakukan dengan menggunakan alat yang dikenal dengan nama *disdrometer*. Data rekaman *disdrometer* akan diolah secara matematis menggunakan persamaan teori hamburan Mie untuk memperoleh koefisien atenuasi gelombang elektromagnetik^[11]. Atenuasi yang dialami oleh gelombang elektromagnetik yang melewati hujan bergantung pada RDSD. Beberapa penelitian telah mengungkapkan bahwa RDSD bervariasi terhadap tipe hujan dan

lingkungan^[12]. Secara umum, ada dua tipe hujan yang umum teridentifikasi, yaitu hujan *stratiform* dan konvektif. Keduanya memiliki dampak yang berbeda terhadap propagasi gelombang elektromagnetik^[13]. Kedua tipe hujan ini tidak hanya menunjukkan perbedaan dalam hal struktur vertikal dan luasan horizontalnya, namun juga pada RDSD^[14]. Oleh karena itu, sangat penting untuk meneliti dampak dari variasi tipe hujan ini terhadap atenuasi gelombang elektromagnetik, khususnya di wilayah Indonesia.

Penelitian mengenai estimasi atenuasi gelombang elektromagnetik oleh hujan menggunakan data RDSD di Indonesia telah dilakukan oleh beberapa peneliti^[1,13]. Penelitian yang telah dilakukan terkait dengan variasi diurnal atenuasi di Kototabang^[1] dan lima titik pengamatan di ekuator Indonesia^[13]. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa atenuasi di lokasi pengamatan terjadi secara signifikan pada frekuensi di atas 10 GHz. Namun, pengamatan yang dilakukan masih terbatas pada pita frekuensi *Ku-band*, *Ka-band* dan *W-band* saja, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pita frekuensi yang lebih banyak^[13]. Pada penelitian ini akan diteliti atenuasi untuk pita frekuensi gelombang mikro hingga terahertz karena tingginya peminat pada terahertz *waveband* untuk aplikasi komunikasi nirkabel berkecepatan *ultra-high* dan sistem penginderaan jauh. Namun, propagasi gelombang elektromagnetik pada panjang gelombang ini dipengaruhi secara signifikan oleh hujan^[15].

Hasil pemodelan dan pengukuran RDSD pada beberapa lokasi pengamatan di Indonesia memperlihatkan variasi RDSD yang signifikan^[16]. Walaupun atenuasi untuk beberapa lokasi sudah pernah diteliti sebelumnya^[13], pengaruh tipe hujan terhadap atenuasi belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan pengukuran RDSD yang dikumpulkan di beberapa daerah di Indonesia untuk mengkarakterisasi pengaruh tipe hujan dan variasi diurnal terhadap atenuasi gelombang elektromagnetik pada gelombang mikro hingga terahertz. Lokasi pengamatan dalam penelitian adalah Kototabang, Sicincin, Padang, Pontianak, Manado, dan Biak. Semua lokasi ini berada di sepanjang garis ekuator Indonesia. Pada lokasi pengamatan tersebut terpasang instrumen *Parsivel Disdrometer* (*particle size and velocity of disdrometer*) *Disdrometer* yang dapat

mengukur ukuran dan kecepatan dari butiran hujan yang kemudian di konversi menjadi nilai RDSD^[16].

I.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh variasi diurnal dan tipe hujan terhadap nilai atenuasi gelombang elektromagnetik pada pita frekuensi gelombang mikro hingga terahertz dari data RDSD di Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menguji akurasi model ITU-R dalam memprediksi nilai atenuasi gelombang elektromagnetik di Indonesia.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tingkat akurasi dari model ITU-R dalam memodelkan atenuasi gelombang elektromagnetik di Indonesia. Hal ini akan menjadi informasi tambahan bagi pihak-pihak yang melakukan perbaikan model ITU-R.

I.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada asumsi-asumsi bahwa butiran hujan dalam jalur perambatan adalah seragam dan berbentuk bulat (*spherical*). Penelitian ini juga dibatasi pada asumsi bahwa perbedaan waktu pengamatan (musim) pada daerah pengamatan memiliki pengaruh yang sangat kecil, sehingga hal ini dapat diabaikan^[17]. Serta penelitian ini juga dibatasi pada atenuasi untuk pita frekuensi gelombang mikro hingga terahertz.

