

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perambatan gelombang elektromagnetik dalam suatu medium akan mengalami pelemahan energi akibat proses hamburan dan penyerapan oleh partikel di dalam medium tersebut. Hal ini dikenal dengan istilah atenuasi gelombang elektromagnetik. Penyebab atenuasi gelombang elektromagnetik di atmosfer yang paling dominan untuk gelombang mikro dan radio adalah butiran hujan (Capsoni dkk., 2009). Butiran hujan dapat mengganggu perambatan gelombang tersebut dari pemancar ke penerima yang berdampak pada penurunan kualitas sinyal dalam sistem telekomunikasi (Yeo dkk., 2001).

Dampak atenuasi gelombang elektromagnetik pada sistem telekomunikasi dapat diminimalisir jika besarnya atenuasi gelombang elektromagnetik tersebut dapat diprediksi secara akurat. Metode prediksi atenuasi gelombang elektromagnetik yang paling umum diumumkan adalah metode empiris. Metode empiris merupakan metode prediksi yang berdasarkan data rekaman (*database*) dari stasiun pengamatan pada daerah tertentu. Salah satu metode empiris yang paling umum digunakan di dunia adalah metode yang direkomendasikan oleh ITU-R (Ojo dkk., 2008). ITU-R adalah singkatan dari *International Telecommunication Union-Radiocommunication* yang merupakan salah satu bagian dari ITU yang bertanggung jawab terhadap sistem telekomunikasi gelombang radio di dunia.

Penerapan ITU-R dalam memprediksi nilai atenuasi gelombang elektromagnetik dikenal dengan istilah model ITU-R. Model ITU-R telah diterapkan secara luas di kawasan lintang tinggi seperti di USA dan Eropa (ITU-R, 2001). Kawasan ini memiliki data input yang banyak, sehingga akurasi model ITU-R dalam memprediksi nilai atenuasi pada kawasan tersebut sangat tinggi (Garcia-Rubia, 2013). Selain itu, tingginya akurasi model ITU-R juga disebabkan oleh rendahnya variabilitas curah hujan yang teramati pada kawasan tersebut. Hal ini berbeda dengan kawasan tropis yang memiliki variabilitas curah hujan yang tinggi baik secara spasial maupun temporal, sehingga tingkat akurasi model ITU-R yang teramati pun bervariasi dari satu daerah ke daerah lainnya (Ojo dkk., 2008). Tingkat akurasi yang rendah teramati di Bangkok (Boonchuk dkk., 2005) dan di India (Maitra dan Chakravarty, 2009) pada frekuensi 12-14 GHz (*Ku-band*). Rendahnya tingkat akurasi ini juga teramati di Indonesia (Kototabang) pada frekuensi di atas 75 GHz (*W-band*) (Marzuki dkk., 2009). Di sisi lain, tingkat akurasi yang tinggi teramati pada frekuensi 20-30 GHz (*Ka-band*) di Taiwan (Tseng dkk., 2005). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menguji akurasi model ITU-R dalam memprediksi nilai atenuasi gelombang elektromagnetik pada kawasan tropis.

Pengujian tingkat akurasi model ITU-R dapat dilakukan dengan membandingkan nilai atenuasi dari model ITU-R terhadap nilai atenuasi yang diperoleh dari beberapa hasil pengukuran (Odedina dan Afullo, 2010). Ada tiga metode pengukuran nilai atenuasi. Pertama, pengukuran dilakukan dengan menggunakan data atenuasi dari hasil pengukuran (*data real*) 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 (Maitra dan Chakravarty, 2009). Hasil pengujian menggunakan dari data ini kurang akurat karena tidak melibatkan sifat-sifat mikrofisika hujan seperti ukuran butiran hujan, kecepatan jatuh butiran 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 (Marzuki, dkk., 2009).

Distribusi ukuran butiran hujan dinyatakan dalam *raindrop size distribution* (DSD) yang merupakan sebaran ukuran butiran hujan pada ukuran tertentu per satuan volume sampel selama interval waktu dan lokasi pengamatan tertentu (Jameson dan Kontiski, 2001). Pengamatan DSD 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 (Garcia-Rubia dkk., 2013).

Penelitian mengenai estimasi atenuasi gelombang elektromagnetik oleh hujan menggunakan data DSD telah dilakukan oleh Marzuki dkk. (2009) di Kototabang, Indonesia. Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa atenuasi di lokasi pengamatan terjadi secara signifikan pada frekuensi di atas 10 GHz.

Namun, pengamatan yang dilakukan terbatas pada pita frekuensi *Ku-band* saja, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pita frekuensi lainnya.

Dalam penelitian tugas akhir ini, estimasi atenuasi gelombang elektromagnetik dilakukan pada tiga pita frekuensi yang berbeda yaitu *Ku-band* (13,6 GHz), *Ka-band* (35,56 GHz), dan *W-band* (95 GHz). Nilai frekuensi *Ku-band* dan *Ka-band* digunakan pada radar hujan yang terpasang di *Global Precipitation Measurement (GPM)* dan frekuensi *W-band* pada satelit *Earth Clouds, Aerosols, and Radiation Explorer (EarthCARE)*. Hal ini bertujuan untuk melihat kinerja ketiga frekuensi pengamatan tersebut terhadap akurasi nilai atenuasi dari model ITU-R pada lokasi yang diamati. Lokasi pengamatan dalam penelitian ini dilakukan pada lima daerah di sepanjang garis ekuator Indonesia. Pada lokasi pengamatan tersebut terpasang instrumen Parsivel Disdrometer yang dapat mengukur ukuran dan kecepatan dari butiran hujan yang kemudian di konversi menjadi nilai DSD (Loffler-Mang dan Joss, 2000). Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan pemodelan DSD menggunakan model distribusi gamma DSD pada setiap lokasi pengamatan. Hal ini dikarenakan hampir 91% nilai DSD di alam mengikuti fungsi gamma (Mallet dan Barthes, 2009). Hasil pengukuran dan pemodelan DSD pada lokasi pengamatan cukup berbeda sebagaimana yang pernah diteliti oleh Marzuki, dkk. (2013). Hal ini dikarenakan variasi regional (topografi) dan variasi harian (diurnal) dari data DSD sangat kuat di sepanjang garis ekuator Indonesia. Oleh karena itu, nilai atenuasi gelombang elektromagnetik dari hasil pengukuran DSD dan model gamma DSD pada lima lokasi sepanjang garis ekuator di Indonesia diteliti dalam tugas akhir ini.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan besarnya nilai atenuasi gelombang elektromagnetik untuk frekuensi *Ku-band*, *Ka-band*, dan *W-band* dari data DSD 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 ITU-R dalam memodelkan atenuasi gelombang elektromagnetik di Indonesia. Hal ini akan menjadi informasi tambahan bagi pihak-pihak yang melakukan perbaikan model ITU-R.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada asumsi-asumsi bahwa butiran hujan dalam jalur penjaralan 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 (Kozu dkk., 2006). Data yang diolah adalah data harian dari 6 Januari 2012–31 Juli 2016 (1668 hari) di Kototabang ($00^{\circ} 12' \text{LS}$ dan $100^{\circ} 19' \text{BT}$), 31 Mar 2014–26 Nov 2016 (724 hari) di Padang ($00^{\circ} 57' \text{LS}$ dan $100^{\circ} 21' \text{BT}$), 6 Januari – 9 September 2012 (236 hari) di Pontianak ($00^{\circ} 05' \text{LS}$ dan $109^{\circ} 22' \text{BT}$), 27 Februari – 7 Januari 2012 (102 hari) di Manado ($01^{\circ} 33' \text{LU}$ dan $124^{\circ} 53' \text{BT}$), 11 Januari – 5 Juni 2012 (147 hari) di Biak ($01^{\circ} 01' \text{LS}$ dan $136^{\circ} 06' \text{BT}$).