

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan jangka panjang kecepatan angin, terutama angin permukaan, berpengaruh nyata pada berbagai aplikasi antara lain energi angin, konstruksi bangunan, erosi pantai, tingkat penguapan, pola curah hujan, dan lain sebagainya (Guo dkk., 2011, Setiawan, 2009, Pryor dkk., 2009). Studi terbaru di beberapa negara telah melaporkan tren kecepatan angin yang berbeda-beda. Guo dkk. (2011) menemukan penurunan kecepatan angin rata-rata tahunan di China sebesar $-0,018 \text{ m s}^{-1} \text{ thn}^{-1}$, selama tahun 1969-2005. Sebagian besar penurunan kecepatan angin di Cina dikaitkan dengan melemahnya perbedaan tekanan di lapisan troposfer bawah. Sebelumnya, Jiang dkk. (2010) juga mencapai kesimpulan serupa setelah menganalisis data kecepatan angin yang lebih lama di China (1956-2004). Mereka mengklaim bahwa penyebab utama penurunan kecepatan angin adalah modifikasi sirkulasi atmosfer akibat perubahan iklim. Namun, mereka juga mencatat, bahwa angin kencang ($>8 \text{ m s}^{-1}$) cenderung menurun sedangkan angin sepoi-sepoi ($<4 \text{ m s}^{-1}$) menunjukkan tren yang meningkat. Tren penurunan kecepatan angin permukaan juga teramati di Amerika (Pryor dkk., 2009), Australia (McVicar dkk., 2008) dan Eropa (Pirazzoli dan Tomasin, 2003).

Selain angin permukaan, perubahan jangka panjang kecepatan angin pada lapisan troposfer yang lebih tinggi juga penting karena memberikan dampak kepada sirkulasi atmosfer bumi. Perubahan angin troposfer atas terkait dengan perubahan aliran permukaan dan gradien suhu horizontal (Simmons, 2022).

Perubahan angin troposfer (lapisan atmosfer sekitar 0-16 km) dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya adalah kondisi geografis dan topografi sehingga tingkat perubahan di satu daerah akan berbeda dengan daerah lain. Oleh karena itu, penelitian terkait perubahan jangka panjang kecepatan angin di banyak lokasi di dunia sangat diperlukan, termasuk di Indonesia.

Penelitian tentang tren jangka panjang angin di Indonesia masih belum ada. Riset terkait angin pada umumnya hanya melihat pola angin dalam beberapa tahun. Handayani (2016) melakukan penelitian tentang angin zonal di Kota Padang menggunakan radiosonde, khusus pada lapisan 850 mb untuk periode 6 tahun. Keterbatasan riset terkait tren jangka panjang angin di Indonesia, disebabkan terbatasnya pengamatan dan akses terhadap data pengamatan seperti radiosonde. Namun, Indonesia sebetulnya memiliki satu instrumen canggih untuk pengamatan angin troposfer yaitu *Equatorial Atmosphere Radar* (EAR).

EAR dibangun pada tahun 2001 di pegunungan Sumatera (865 di atas permukaan laut) lebih tepatnya di Kototabang, Sumatera Barat (0,29°S, 100,32° E), kerjasama antara Universitas Kyoto dengan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN, sekarang bernama Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)). EAR menggunakan antenna putar sehingga dalam operasinya dapat diputar ke segala arah, sehingga mampu mengamati dalam angin arah tiga dimensi (vertikal, meridional, dan zonal) mulai ketinggian 1,5 hingga 20 km (Fukao dkk., 2003). Walaupun EAR telah beroperasi sekitar 20 tahun, tetapi pemanfaatan data angin dari EAR masih sangat terbatas.

Data angin ini baru dimanfaatkan untuk menganalisis proses fisika dari beberapa kasus atau fenomena yang terjadi seperti pengamatan gelombang gravitasi (Kaur dkk., 2012; Mori dkk., 2006), sedangkan terkait dengan tren jangka panjang kecepatan angin dalam jangka waktu yang lebih lama atau beberapa dekade belum pernah dianalisa. Pengamatan EAR yang sudah cukup lama, sekitar dua puluh tahun (2001-2022), dapat memberikan informasi penting terkait tren jangka panjang kecepatan angin di Kototabang, dalam kaitannya dengan perubahan iklim. Selain itu, posisi EAR di Kototabang yang berada di pegunungan (865 m di atas permukaan laut) juga akan memberikan informasi berharga terkait pengaruh pegunungan Sumatera dalam mengontrol atmosfer di kawasan ini. Pegunungan Sumatera memainkan peran besar dalam mengontrol pembentukan awan dan curah hujan, karena pengaruhnya terhadap struktur termal atmosfer dan transportasi uap air (Zhang dan Han, 2020). Atmosfir Sumatera juga dipengaruhi oleh sirkulasi berskala global seperti *Madden-Julian Oscillation* (MJO) (Hashiguchi dkk., 2016) dan musim (Marzuki dkk., 2022) yang menimbulkan variabilitas internal dari tren jangka panjang struktur vertikal angin.

Norfahmi dkk. (2016) menganalisis pengaruh MJO dan monsun terhadap pola angin zonal di kawasan Kototabang. Data pengamatan EAR selama 2002-2012 untuk periode Desember-Januari-Februari (DJF) menunjukkan tingginya anomali angin zonal akibat fenomena MJO dan monsun. Dengan demikian, sirkulasi di wilayah Sumatera sangat kompleks sehingga pemantauan angin di daerah pegunungan Sumatera sangat diperlukan. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji tentang perubahan jangka panjang pola angin troposfer dari pengamatan

radar EAR dan data reanalisis dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) generasi kelima ERA-5 selama 2001-2019. Tren jangka panjang kecepatan angin diuji menggunakan Uji Mann-Kendall dan Sen's Slope, yang lazim digunakan untuk mengamati tren jangka panjang dari data atmosfer (Diao dkk., 2020; Prasetyo dkk., 2021).

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis tren jangka panjang kecepatan angin di pegunungan Sumatera dari pengamatan EAR dan ERA-5 selama sembilan belas tahun (2001-2019). Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis variabilitas internal tren jangka panjang kecepatan angin di pegunungan Sumatera, dalam kaitannya dengan MJO dan musim.

Manfaat penelitian ini adalah memahami sirkulasi atmosfer di Sumatera. Hal ini pada akhirnya mengarah pada perbaikan model dan berkurangnya ketidakpastian terhadap penentuan tren perubahan iklim dan pemodelan cuaca. Selain itu, karakteristik kecepatan angin dari pengamatan EAR dan data satelit di Kototabang dapat digunakan untuk memvalidasi beberapa produk angin dari satelit, termasuk data reanalisis.

1.3 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah Kototabang, Sumatera Barat. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data EAR dan ECMWF ERA-5. Selain itu, digunakan juga data curah hujan dan data indeks MJO. Periode data yang digunakan adalah selama 2001-2019. Tren jangka panjang diuji menggunakan Uji Mann-Kendall dan Sen's Slope.