

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Awan merupakan komponen penggerak sistem iklim, terutama terkait dengan perkiraan radiasi matahari, sirkulasi atmosfer, dan sirkulasi hidrologi^[1]. Awan menjaga kesetimbangan energi di bumi dengan memantulkan dan menyerap radiasi matahari yang masuk ke atmosfer bumi serta mengurangi radiasi termal yang keluar dari Bumi^[2,3]. Keseimbangan radiasi sangat bergantung pada struktur vertikal dan distribusi awan di atmosfer. Dampak awan terhadap keseimbangan radiasi sistem atmosfer bumi juga bergantung pada ketinggian dasar, ketinggian atas dan sifat optik awan^[4,5]. *Cloud radiative forcings* (CRF), terutama yang diinduksi oleh interaksi aerosol-awan^[6,7,8], berkontribusi pada ketidakpastian dalam prakiraan cuaca dan iklim^[4]. Karakteristik awan terus mengalami perubahan seiring dengan perubahan iklim^[9]. Parameter awan yang mengalami perubahan diantaranya ketinggian awan, *Cloud-Base Height* (CBH), *Cloud Tops* (CT) dan jumlah lapisan awan^[10]. Selama beberapa dekade, pengamatan dan model telah banyak digunakan untuk menjelaskan karakteristik awan dan perubahannya terkait pada skala harian, musiman dan tahunan^[11,12,13], namun hingga saat ini profil awan masih kurang dipahami dan tetap menjadi sumber utama ketidakpastian dalam studi cuaca dan iklim global^[14].

Profil awan saat ini sebagian besar bergantung pada data satelit^[15] dan pengamatan berbasis permukaan^[16]. Munculnya radar awan di ruang angkasa seperti *CloudSat* telah meningkatkan pemahaman kita tentang struktur vertikal awan yang memungkinkan untuk mengkarakterisasi struktur vertikal awan pada skala regional dan global serta menjadi salah satu sumber data paling populer dalam studi awan^[17]. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, CBH, CT dan jumlah lapisan awan adalah parameter-parameter pokok, yang sangat mempengaruhi pertukaran energi antara lapisan awan dan permukaan tanah^[10]. Kehadiran satelit seperti *CloudSat* dan *Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation* (CALIPSO) telah memberikan gambaran baru

profil struktur vertikal awan. Kondisi ini telah digunakan untuk memperbaharui perkiraan radiasi termal ke bumi dari 324 Wm^{-2} [18] menjadi sekitar $345\text{--}350 \text{ Wm}^{-2}$ [22], namun radar awan yang terpasang di *CloudSat* ini tidak mampu mengidentifikasi awan tipis [19]. Sebuah studi terbaru dilakukan oleh Zhang dkk, (2017) menunjukkan adanya ketidakpastian nilai CBH dari data *CloudSat* dan data *CALIPSO*, yang dibandingkan dengan penginderaan jauh aktif berbasis awan [20]. Lain halnya dengan satelit, pengamatan awan berbasis darat seperti radar awan, lidar [21] dan ceilometer [22], dapat memberikan pengukuran CBH dengan akurasi yang lebih tinggi dan cakupan temporal yang berkelanjutan [23]. Sistem observasi awan di Amerika Utara menggunakan ceilometer. Ceilometer merupakan alat untuk mengukur ketinggian dari dasar permukaan awan. Namun ceilometer ini mengamati awan pada ketinggian kurang dari 4 km [24]. Beberapa negara lainnya penggunaan instrumen ini sangat terbatas. Kekurangan ini dapat diatasi oleh radiosonde yang dapat menembus lapisan awan untuk menyediakan pengukuran *in-situ* seperti suhu, kelembaban relatif dan tekanan. Besaran ini dapat digunakan untuk memperkirakan profil vertikal atmosfer termasuk awan [25]. Lebih penting lagi, jaringan radiosonde memungkinkan untuk mengambil CBH, CT dan jumlah lapisan awan dalam skala besar karena radiosonde mampu mencapai lapisan sekitar 30 km dari permukaan bumi [25]

Penelitian tentang struktur vertikal awan dengan memanfaatkan data pengamatan dalam jangka panjang telah dilakukan oleh beberapa peneliti diberbagai negara di dunia [2,3,8,9]. Peneliti Amerika telah melakukan pengamatan radiosonde pada tahun 1995 untuk kawasan dunia. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kemunculan awan satu lapis lebih mendominasi yaitu sebesar 44%, kemudian awan berlapis-lapis (dua lapis, tiga lapis dan empat lapis) kemunculannya sebesar 56%. Awan berlapis-lapis ini didominasi oleh awan dua lapis [26]. Penelitian lain juga menunjukkan kemunculan awan satu lapis sebesar 58% sedangkan awan berlapis-lapis sebesar 42% yang didominasi oleh awan dua lapis. Lapisan terendah dari sistem awan berlapis terletak di lapisan batas atmosfer di bawah ketinggian 2 km *Mean Sea Level* (MSL) [27]. Kemudian penelitian lain

yang telah dilakukan peneliti Rusia terkait dengan CBH, CT dan jumlah lapisan awan. Hasilnya mengindikasikan bahwa terjadinya penurunan ketinggian dasar awan pada semua musim sekitar 150 m, tetapi ketinggian puncak awannya meningkat 540 m^[28].

Penelitian tentang struktur vertikal awan di Indonesia masih sangat terbatas dan sebagian besar berhubungan dengan distribusi spasial awan dari citra satelit^[29,30,31] yang berkaitan dengan distribusi spasial curah hujan. Penelitian tentang profil struktur vertikal awan terutama yang terkait dengan perubahan iklim belum pernah ada peneliti yang melakukan di Indonesia, namun penelitian mengenai distribusi struktur vertikal awan dan aerosol di Jakarta selama dua tahun pengamatan pernah dilakukan menggunakan Lidar hamburan Mie^[32]. Mereka mendapatkan ketinggian dasar awan (CBH) maksimum 5 km pada musim hujan, namun penelitiannya belum mencapai ke ketinggian puncak awan, maka dari itu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang struktur vertikal awan di Indonesia.

Penelitian ini mengkaji karakteristik struktur vertikal awan sebagai dampak dari perubahan iklim menggunakan data pengamatan radiosonde. Kajian struktur vertikal awan mencakup ketinggian dasar awan (CBH), ketinggian puncak awan (CT) dan jumlah lapisan awan. Cakupan ini lebih luas dari penelitian sebelumnya di Indonesia, kemudian data pengamatan yang digunakan juga lebih lama. Data pengamatan di ambil selama ~30 tahun. Data ini di dapatkan di 9 stasiun pengamatan radiosonde (Padang, Pangkal Pinang, Medan, Surabaya, Jakarta, Manado, Ujung Pandang, Palu dan Biak) dari 51 stasiun yang tersebar di seluruh Indonesia. Stasiun ini dipilih berdasarkan kualitas dan kelengkapan data untuk mengkaji perubahan iklim, dimana studi perubahan iklim memerlukan data dalam waktu lama (minimal 30 tahun)^[52].

Indonesia merupakan daerah yang beriklim tropis yang memiliki temperatur udara yang cukup tinggi. Perubahan temperatur merupakan salah satu perubahan iklim yang berdampak terhadap perubahan struktur vertikal awan. Setiap perubahan dalam parameter awan yang disebabkan oleh perubahan iklim pada dasarnya memiliki hubungan timbal balik antara awan dan iklim, karena awan juga merupakan penggerak dari sistim iklim. Namun penelitian ini lebih

menganalisis bagaimana struktur vertikal awan di Indonesia sebagai dampak dari perubahan iklim.

I.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik struktur vertikal awan seperti ketinggian dasar awan (CBH), ketinggian puncak (CT) dan jumlah lapisan awan sebagai dampak dari perubahan iklim di Indonesia.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang kondisi struktur vertikal awan di Indonesia. Selain itu, penelitian ini juga menjadi informasi tambahan tentang klimatologi distribusi spasial, variasi musim struktur vertikal awan bagi pihak-pihak yang melakukan penelitian menggunakan radiosonde di Indonesia.

I.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada wilayah Indonesia dengan koordinat 10°N – 10°S dan 98.68° – 136.11°E . Struktur vertikal awan di analisis sebagai dampak dari perubahan iklim yang terjadi di Indonesia. Parameter ketinggian awan merupakan parameter utama yang akan mengalami perubahan akibat dari dampak perubahan iklim. Oleh karena itu penelitian ini dibatasi pada struktur vertikal awan dengan parameter CBH, CT dan jumlah lapisan awan.

