

# BAB 1 PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang Masalah

*Madden-Julian Oscillation* (MJO) adalah bentuk variabilitas intraseasonal yang dominan dan koheren di daerah tropis<sup>[1,2]</sup>. MJO merupakan osilasi pembentukan awan di daerah tropis dengan periode 30 sampai 60 hari. MJO terjadi akibat adanya pola sirkulasi atmosfer dan konveksi kuat yang bergerak di samudera Hindia ke samudera Pasifik dengan kecepatan 5-10 m/s<sup>[3]</sup>. Fenomena MJO terkait langsung dengan pembentukan kolam panas di Samudera Hindia bagian timur dan Samudera Pasifik bagian barat sehingga pergerakan MJO ke arah timur bersama angin baratan (*westerly wind*) sepanjang ekuator selalu diikuti dengan konveksi awan cumulus tebal<sup>[4]</sup>. MJO memiliki pengaruh yang mendalam terhadap cuaca tropis di Indo-Pasifik, hujan monsun ke benua terdekat di Asia dan Australia, dan siklon tropis di seluruh dunia, serta telekoneksi midlatitude dan pengaruhnya terhadap evolusi *El Niño–Southern Oscillation* (ENSO)<sup>[1,2]</sup>. Fenomena MJO menyebabkan intensitas curah hujan tinggi di sepanjang penjarannya yang menempuh jarak 100 kilometer dalam sehari di samudera Hindia dan 500 kilometer per hari ketika berada di Indonesia<sup>[4]</sup>.

Meskipun MJO penting untuk pengetahuan bagi masyarakat tentang dampak yang ditimbulkannya, pemahaman lengkap tentang fenomena tersebut tetap sulit dipahami sebagaimana diilustrasikan oleh kegagalan sebagian besar *Global Circulation Models* (GCM) untuk secara akurat mensimulasikan MJO<sup>[2]</sup>. Lebih lanjut, teori yang menjelaskan inisiasi, propagasi, dan periode waktu MJO masih kurang terutama untuk tinjauan teoritisnya<sup>[5]</sup>. Indonesia merupakan negara dengan dampak MJO terbesar<sup>[6]</sup> mengingat posisi Indonesia yang berada di ekuator yang merupakan daerah yang dilalui MJO. Sebagai benua maritime yang memiliki kawasan lautan lebih luas dari daratan, Indonesia diduga sebagai tempat penyimpanan bahang (panas) baik berupa *sensible heat* maupun *latent heat* bagi pembentukan awan-awan konvektif seperti Cumulonimbus<sup>[7]</sup>.

MJO mempengaruhi hampir semua parameter cuaca seperti angin, kelembaban, temperatur, curah hujan, dan awan. Sehingga penting untuk

dipelajari terutama dalam hubungannya dengan awan. Awan yang mempunyai ukuran vertikal yang mencolok biasanya menimbulkan cuaca buruk, sebaliknya dengan cuaca cerah tanpa awan adalah akibat udara yang stabil<sup>[8]</sup>.

Penelitian tentang struktur vertikal awan dalam kaitannya dengan MJO telah dilakukan dalam beberapa penelitian. Penelitian<sup>[4]</sup> menunjukkan bahwa pada saat MJO berada pada fase aktif terjadi konveksi yang semakin kuat dan banyak puncak awan tinggi yang terbentuk. Puncak awan tinggi cenderung berada lebih lama di sebelah barat lokasi pengamatan dengan ketinggian 5 km hingga lebih dari 15 km. Penelitian<sup>[9]</sup> menunjukkan bahwa pada saat MJO berada pada fase 3 (fase aktif) banyak tutupan awan yang terbentuk, memicu terjadinya penguapan yang cukup untuk menghasilkan awan konvektif dan menunjukkan *updraft* yang kuat untuk membentuk awan tinggi seperti cumulonimbus.

Penelitian<sup>[10]</sup> menunjukkan bahwa pada saat MJO berada pada fase aktif awan-awan konvektif cenderung lebih banyak terbentuk dan kurang tinggi, akibat dari kurangnya radiasi matahari yang sampai di bumi yang kemudian mengakibatkan kurangnya konveksi dan daya angkat udara ke atas. Sebaliknya pada saat MJO berada pada fase tidak aktif awan-awan konvektif cenderung lebih sedikit dan awan konvektif lebih tinggi, akibat dari radiasi matahari yang lebih banyak sampai ke permukaan bumi dan mengakibatkan kuatnya konveksi dan daya angkat udara.

Penelitian tentang struktur vertikal awan telah dilakukan oleh beberapa peneliti<sup>[11-14]</sup>. Namun, penelitian tentang struktur vertikal awan terutama di Indonesia masih sangat terbatas. Penelitian tentang awan yang banyak dilakukan di Indonesia adalah berkaitan distribusi spasial awan dari citra satelit<sup>[15-18]</sup>. Hal ini berkaitan dengan distribusi spasial curah hujan. Padahal struktur vertikal awan memainkan peran penting dalam menjaga kesetimbangan energi di bumi dengan memantulkan dan menyerap radiasi matahari yang masuk dan mengurangi radiasi termal keluar<sup>[19,20]</sup>. Dampak awan terhadap keseimbangan radiasi sistem atmosfer bumi bergantung pada struktur vertikal dan distribusi awan. Selain itu, dampak awan terhadap keseimbangan radiasi sistem atmosfer bumi juga bergantung pada ketinggian dasar, atas dan sifat optik<sup>[21,22]</sup>. Ketinggian awan memiliki peran

penting dalam penerbangan untuk menentukan keamanan dalam transportasi udara karena awan dapat mengganggu pandangan seorang pilot baik saat mendarat maupun selama berada di udara<sup>[23]</sup>. *Cloud Radiative Forcings* (CRF), terutama yang diinduksi oleh interaksi aerosol-awan<sup>[24-26]</sup>, berkontribusi terhadap ketidakpastian dalam prakiraan cuaca dan prediksi iklim<sup>[21]</sup>.

Pengamatan profil awan selama MJO bergantung pada satelit<sup>[27]</sup> dan pengamatan berbasis permukaan<sup>[28]</sup>. Munculnya radar awan di ruang angkasa (seperti CALIPSO) telah memungkinkan penggambaran struktur vertikal awan yang lebih baik pada skala regional dan global, menjadikannya salah satu sumber data yang paling populer untuk studi awan<sup>[29]</sup>. Namun dibandingkan dengan pengukuran satelit, pengamatan awan berbasis darat berdasarkan instrument seperti radar awan, lidar<sup>[30]</sup> dan ceilometer<sup>[31]</sup> dapat memberikan pengukuran *cloud based height* (CBH) dengan akurasi yang lebih tinggi dan cakupan temporal yang berkelanjutan<sup>[32]</sup>. Ceilometer merupakan instrumen yang menyediakan perkiraan akurat dan berkelanjutan dari dasar awan sebagai output standarnya<sup>[33]</sup> dan mendeteksi banyaknya lapisan awan di atas alat, serta banyaknya jumlah awan yang menutupi langit (kondisi langit)<sup>[34]</sup>. Ceilometer memiliki keterbatasan dalam memberikan informasi puncak awan dan ketebalan awan, sehingga keterbatasan ini dapat diatasi dengan instrument berbasis darat seperti radiosonde yang dipasang di tempat lokasi ceilometer dioperasikan<sup>[35]</sup>. Pengukuran dari instrument yang berbeda biasanya dikombinasikan untuk mengatasi keterbatasan dari salah satu instrument dalam menentukan struktur vertikal awan<sup>[34]</sup>.

Radiosonde adalah paket instrumentasi dengan berat 250-500 gram yang diterbangkan dengan menggunakan balon besar yang berisikan gas helium<sup>[36]</sup> dan digunakan untuk mengukur profil vertikal variabel meteorologi, serta mentransmisikan data ke *ground based* stasiun penerimaan dan pemrosesan<sup>[37]</sup>. Radiosonde dapat menembus lapisan awan untuk menyediakan pengukuran in-situ seperti suhu, kelembaban relatif dan tekanan. Parameter ini dapat digunakan untuk memperkirakan profil vertikal awan<sup>[38]</sup>. Lebih penting lagi, sebuah radiosonde dapat memberikan pengukuran langsung dari suhu, kelembaban relatif, dan

tekanan dalam perjalanan ke atmosfer, sehingga memungkinkan untuk memperkirakan awan tinggi dan awan dasar<sup>[39]</sup>.

Penelitian tentang MJO di Indonesia masih sangat terbatas dan sebagian besar berhubungan dengan curah hujan<sup>[9,40]</sup> dan kecepatan angin<sup>[41,42]</sup>. Penelitian tentang struktur vertikal awan di Indonesia juga masih sangat terbatas dan sebagian besar berhubungan dengan distribusi spasial awan dari citra satelit yang berhubungan dengan distribusi spasial curah hujan<sup>[14,15,16]</sup>. Penelitian tentang Pengaruh MJO terhadap struktur vertikal awan selama CPEA-I dan CPEA-II belum pernah ada peneliti yang melakukan di Indonesia, namun penelitian mengenai statistik awan di atas Benua Maritim Indonesia selama CPEA-I dan CPEA-II pernah dilakukan. Mereka mendapatkan hasil hubungan MJO dengan arah pergerakan awan yang dominan ke arah barat dari pada yang bergerak ke arah timur, ukuran awan yang lebih besar ( $r_{\max} > 210$  km) secara horizontal, dan kecepatan pergerakan awan rata-rata  $13,7$  m/s<sup>[16]</sup>. Penelitian yang dilakukannya belum sampai menjelaskan hubungan MJO terhadap struktur vertikal awan, maka dari pada itu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh MJO terhadap struktur vertikal awan.

Penelitian ini mengkaji tentang pengaruh MJO terhadap struktur vertikal awan dengan menggunakan instrument berbasis permukaan seperti Ceilometer dan Radiosonde. Penelitian ini menganalisa data selama dua periode *Coupling Processes in the Equatorial Atmosphere* (CPEA) yaitu CPEA I (April-Mei 2004) dan CPEA II (November-Desember 2005). Dua periode ini dipilih karena selama CPEA-I dan CPEA-II dilakukan pengamatan atmosfer yang komprehensif, melibatkan banyak sistem remote sensing seperti EAR, Doppler X-band, RASS, Ceilometer dan Radiosonde<sup>[43]</sup>, sehingga data pengamatan pada periode ini sangat lengkap, baik Ceilometer maupun Radiosonde. Kedua, selama CPEA-I dan II fase aktif dan tidak aktif MJO teramati dengan sangat jelas<sup>[16]</sup>, sehingga sangat memungkinkan untuk mengamati pengaruh MJO terhadap struktur vertikal awan.

## **I.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh MJO terhadap struktur vertikal awan di Sumatera dari pengamatan Radiosonde dan Ceilometer selama CPEA-I dan CPEA II.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan referensi dalam permodelan atmosfer di Sumatera, dan menjadi informasi tambahan bagi peneliti selanjutnya dalam mengkaji MJO maupun struktur vertikal awan.

## **I.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian ini yaitu wilayah Sumatera Barat. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data Radiosonde dan data RMM (*Real Multivariat MJO*). Periode data yang digunakan dalam penelitian ini adalah selama proyek CPEA I dan CPEA II yaitu

