

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Pantai barat Sumatera merupakan kawasan yang berperan penting dalam mempengaruhi curah hujan dan cuaca ekstrem yang terjadi di daratan Sumatera. Hal ini disebabkan karena pantai barat Sumatera berada di kawasan Samudera Hindia yang memiliki uap air tinggi dan rentan dipengaruhi oleh berbagai variabilitas skala besar, seperti *Indian Ocean Dipole* (IOD), El Niño Southern Oscillation (ENSO), monsoon, dan *Madden Julian Oscillation* (MJO)<sup>[1][2][3]</sup>. Salah satu variabilitas yang dominan terjadi adalah MJO. Osilasi ini merupakan osilasi *intra-seasonal* yang dominan terjadi di daerah tropis dan berlangsung selama 30-60 hari. MJO ditandai dengan awan skala besar atau *super clouds cluster* di Samudera Hindia yang bergerak dari arah barat ke timur dengan kecepatan  $\sim 5$  m/s<sup>[4]</sup>. MJO mempengaruhi fenomena cuaca termasuk curah hujan dan petir. Kejadian cuaca ekstrem di seluruh dunia bergantung pada fase-fase MJO<sup>[5][6]</sup>. MJO terdiri dari 8 fase yang dikelompokkan sesuai dengan lokasinya selama bergerak ke arah timur. Fase-fase MJO yaitu fase 8-1 (di belahan bumi barat dan Afrika), fase 2-3 (di Samudra Hindia), fase 4-5 (di Benua Maritim) dan fase 6-7 (di laut Pasifik barat)<sup>[7]</sup>. Wilayah Indonesia memberikan respon yang beragam terhadap MJO. Selama fase MJO aktif (fase 2-5), MJO meningkatkan kemungkinan kejadian curah hujan ekstrem di Indonesia bagian barat hingga 70%. Curah hujan tersebut lebih banyak terjadi di lautan<sup>[8][9]</sup>.

Pantai barat Sumatera merupakan wilayah yang paling awal merespon MJO saat bergerak ke arah timur dan kawasan ini memiliki curah hujan tertinggi sepanjang tahunnya<sup>[10][11]</sup>. MJO mampu meningkatkan proses konveksi yang cukup intensif di sepanjang pantai barat Sumatera. Hal ini menyebabkan terbentuknya awan hujan. Kemudian pada malam hari, awan akan mengalami penjalaran ke arah daratan sehingga mengakibatkan curah hujan yang tinggi dan menyebabkan bencana hidrometrologi seperti banjir dan longsor yang akan berdampak pada populasi yang

berada di daratan Sumatera. Pemahaman yang baik mengenai pantai barat Sumatera sangat diperlukan untuk mitigasi bencana yang terjadi di daratan Sumatera <sup>[1][12]</sup>.

Pengamatan terkait pengaruh MJO terhadap curah hujan pada kawasan pantai barat Sumatera telah dilakukan oleh beberapa peneliti <sup>[13][14][10]</sup>. MJO memodulasi siklus diurnal curah hujan di pantai barat Sumatra dimana migrasi puncak siklus diurnal lepas pantai (ke arah barat) terlihat jelas ketika MJO merambat ke arah timur di atas Samudera Hindia, tetapi tidak jelas setelah MJO melewati Sumatera <sup>[13]</sup>. Konveksi kuat berkembang di sepanjang lereng pegunungan pada sore hari kemudian bermigrasi ke arah barat daya. Sedangkan konveksi yang terkait dengan fase MJO aktif bermigrasi ke arah timur dari Samudera Hindia bagian timur mendekati Pulau Sumatera. Dua sistem konvektif skala menengah bertemu dan bergabung di pantai barat pulau pada malam hari, menyebabkan hujan lebat di pantai barat Sumatera <sup>[14]</sup>. Pada fase aktif (fase 2-3) terjadi penguatan angin barat ke barat dan penguatan angin timur ke timur laut menghasilkan konvergensi yang lebih kuat di dekat Pulau Sumatera. Hal ini juga disebabkan oleh anomali rasio pencampuran uap air 850-hPa yang positif pada fase aktif sehingga mempengaruhi kekuatan adveksi dan konveksi <sup>[10]</sup>. Penelitian-penelitian yang telah dilakukan di pantai barat Sumatera tersebut hanya terbatas pada karakteristik horizontal (variasi spasial) hujan dan tidak melakukan pengamatan terhadap karakteristik struktur vertikal hujan.

Selain karakteristik hujan secara horizontal, karakteristik hujan secara vertikal juga dipengaruhi MJO. Struktur vertikal dapat mencerminkan proses mikrofisika hujan yang dapat dilihat dari berbagai parameter seperti *radar reflectivity factor* ( $Z$ ) dan distribusi butiran hujan atau yang lebih dikenal *raindrop size distribution* (DSD). DSD merupakan hal yang sangat penting untuk memperkirakan intensitas hujan dipermukaan <sup>[15][16]</sup>. Selama fase MJO tidak aktif, butiran hujan berukuran besar jumlahnya meningkat di daratan Sumatra <sup>[17][18]</sup>. Penelitian yang ada masih terbatas di daratan, sedangkan untuk di kawasan pantai masih belum ada. Marzuki et al. <sup>[19]</sup> pernah melakukan penelitian DSD di atas lautan terbuka di Samudera Hindia bagian selatan dan menemukan bahwa pada fase MJO aktif ukuran butiran

hujan lebih besar daripada fase MJO tidak aktif. Temuan ini bertolak belakang dengan hasil penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan di daratan Sumatera.

Selain curah hujan dan DSD, MJO juga mempengaruhi karakteristik petir<sup>[20]</sup>. Daerah tropis seperti di Indonesia, densitas kilatan petirnya lebih besar dibandingkan dengan daerah lintang menengah dan kutub<sup>[21]</sup>. Awan-awan konvektif penghasil petir banyak terbentuk dikawasan tropis akibat dari penguapan yang lebih banyak karena temperatur permukaan yang tinggi<sup>[22][23]</sup>. Hubungan MJO dengan petir pernah dikaji oleh beberapa peneliti<sup>[20][24][25][26]</sup>. Virts et al.<sup>[20]</sup> melakukan pengamatan petir di Indonesia, didapatkan hasil bahwa curah hujan meningkat di seluruh daerah saat MJO mendekat dari barat dan kemudian menurun saat MJO bergeser ke timur ke Pasifik barat. Sebaliknya, petir rata-rata paling jarang terjadi di sekitar waktu puncak curah hujan. Pengamatan petir di atas Samudra Hindia, Benua Maritim, dan Pasifik barat densitas petir pada saat *Mesoscale Convective System* (MCS) menghasilkan frekuensi petir yang lebih banyak saat fase MJO mulai aktif, menyiratkan konveksi yang lebih kuat. Pada fase MJO sudah aktif akan menghasilkan frekuensi petir yang sedikit karena didominasi oleh hujan statiform<sup>[24]</sup>. Arbain<sup>[25]</sup> melakukan pengamatan klimatologi badai petir di Jakarta dan sekitarnya. Hasil yang didapatkan terjadinya peningkatan frekuensi petir tertinggi pada fase 3 ketika menjelang memasuki fase 4. Terjadinya penurunan frekuensi petir pada fase 5 dan 6 hal ini ditandai dengan periode kering. Terjadi peningkatan kembali frekuensi petir pada fase 7 dan 8. Data petir yang digunakan pada penelitian tersebut diperoleh dari SYNOP (*Surface Synoptic Observations*), yang biasa dikenal dengan FM 12-IX. Kelemahan data SYNOP ini terbatasnya distribusi stasiun di wilayah Jakarta dan sekitarnya untuk studi klimatologi. Pengamatan petir di kawasan pantai barat Sumatera selama MJO menunjukkan bahwa frekuensi petir aktif sering terjadi selama fase MJO yang ditekan secara konvektif dan disertai angin timur. Sedangkan frekuensi petir berkurang ketika fase MJO melewati pantai barat Sumatera disertai angin barat yang kuat dan frekuensi petir lebih aktif cenderung berada di sisi timur pegunungan<sup>[26]</sup>. Meskipun demikian, penelitian-penelitian yang ada tidak melakukan pengamatan terhadap sifat mikrofisika hujan, padahal sifat mikrofisika juga mempengaruhi frekuensi petir<sup>[27]</sup>.

Pada penelitian ini akan digunakan data satelit *Global Precipitation Measurement* (GPM). Satelit ini menggunakan *Dual Frequency Precipitation Radar* (DPR) yaitu Ka-band precipitation radar (KaPR) beroperasi pada frekuensi 35.5 GHz and Ku-band precipitation radar (KuPR) pada frekuensi 13.6 GHz dan dilengkapi dengan GPM microwave imager. GPM DPR menyediakan data observasi DSD berupa parameter *mass-weighted mean diameter* ( $D_m$ ) dan *normalized intercept parameter* ( $N_w$ )<sup>[15][16]</sup>. Peningkatan sensitivitas pita Ku dan Ka memungkinkan radar hujan di GPM untuk mendeteksi hujan dengan intensitas rendah ( $<0,5$  mm/jam). Curah hujan di permukaan dapat diamati menggunakan data IMERG (*Integrated Multi-satellite Retrievals for the GPM*). IMERG memiliki resolusi setiap 30 menit dan resolusi spasial  $0,1^\circ \times 0,1^\circ$  di rentang garis lintang dari  $60^\circ$ LU hingga  $60^\circ$ LS. IMERG memiliki distribusi spasial yang baik daripada satelit *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM)-3B42 baik secara diurnal maupun musiman<sup>[28]</sup>. Data petir yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari *Wide Lightning Location Network* (WWLLN). WWLLN adalah jaringan stasiun global berbasis darat. Jaringan ini mendeteksi sinyal *Verry Low Frequency* (VLF) dari pelepasan petir di seluruh permukaan bumi<sup>[29]</sup>.

Penelitian karakteristik hujan secara horizontal selama MJO untuk wilayah Indonesia telah dilakukan oleh beberapa peneliti<sup>[13][14]</sup> tetapi penelitian terkait struktur vertikal hujan dan petir masih minim dilakukan khususnya di pantai barat Sumatera. Pemahaman yang baik tentang curah hujan dan petir bermanfaat dalam *quantitative precipitation estimation* (QPE) yang akurat dari pengamatan *remote sensing*<sup>[27]</sup>. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan diselidiki karakteristik hujan dan petir di pantai barat Sumatera pada setiap musim dan fase MJO.

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

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik hujan (horizontal dan vertikal) dan petir pada setiap musim dan fase MJO di pantai barat Sumatera.

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pemodelan cuaca dan iklim lokal, mengetahui karakteristik hujan dan petir, dan informasi untuk mitigasi bencana yang terjadi di daratan Sumatera.

### I.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi untuk lokasi pengamatan pantai barat Sumatera yaitu  $1,5^{\circ}$  LU hingga  $2,5^{\circ}$  LU dan  $96,9^{\circ}$  BT hingga  $97,6^{\circ}$  BT untuk kawasan utara ekuator,  $0,5^{\circ}$  LU hingga  $-0,5^{\circ}$  LS dan  $98,3^{\circ}$  BT hingga  $98,9^{\circ}$  BT untuk kawasan ekuator,  $-1,5^{\circ}$  LS hingga  $-2,5^{\circ}$  LS dan  $99,5^{\circ}$  BT hingga  $100,2^{\circ}$  BT untuk kawasan selatan ekuator. Data curah hujan yang digunakan pada penelitian ini yaitu data satelit GPM level 3 IMERG untuk tahun 2000-2020 dan data GPM DPR level 2 untuk Maret 2014-December 2020. Data petir dari data *Wide Lightning Location Network* (WLLN) untuk tahun 2017-2018. Data MJO yang terdiri dari fase MJO dan amplitude yang diunduh melalui website *Bureau of Meteorology* (BoM) Australia.

### I.4 Hipotesis

Karakteristik hujan dengan struktur vertikal yang ditandai oleh reflektifitas yang tinggi kemungkinan akan berhubungan dengan jumlah sambaran petir yang lebih sering terjadi pada musim panas dan fase MJO tidak aktif.

