

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Gunung Marapi merupakan salah satu gunung aktif di wilayah Sumatra yang terus mengalami erupsi dari awal tahun 2023 hingga saat ini bulan Maret tahun 2024. Gunung Marapi merupakan salah satu gunung berapi dengan tinggi 2891 mdpl yang secara administratif terletak dalam kawasan Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar dan berada dalam pantauan Pos Pengamatan Gunung Api (PGA) setempat. Gunung api ini merupakan salah satu gunung api aktif yang memiliki catatan letusan terbanyak daripada gunung api aktif lainnya di Pulau Sumatra dengan jumlah letusan lebih dari 500 kali sejak tahun 1770 (Badan Geologi, 2011).

Berdasarkan *Press Release* dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) bahwa Gunung Marapi letusan Gunung Marapi memiliki tinggi kolom erupsi berkisar antara 75 – 3000 meter dari puncak kawah dan telah berstatus waspada (level II) sejak 3 Agustus 2011 hingga 8 Januari 2023 (Santoso, 2023). Namun terhitung pada 9 Januari 2024 sehubungan dengan meningkatnya aktivitas Gunung Marapi yang teramati secara visual dan masih terekamnya gempa erupsi dan gempa hembusan yang disertai dengan tremor menerus menunjukkan aktivitas Gunung Marapi masih tergolong tinggi maka rekomendasi yang disesuaikan dengan menaikkan tingkat aktivitas Gunung Marapi ke level III (Siaga) (Santoso, 2024).

Tercatat akibat dari terjadinya erupsi eksplosif Gunung Marapi telah berdampak pada lahan pertanian warga, yakni terdapat 900 hektar lebih lahan pertanian warga mengalami kerusakan akibatnya 3000 petani di sekitar Gunung Marapi mengalami kerugian. Selain itu erupsi Gunung Marapi juga berdampak pada penutupan sementara operasional Bandara Internasional Minangkabau (BIM) sebagai langkah mitigasi akibat adanya abu Gunung Marapi yang terdeteksi dengan pertimbangan utama terhadap keselamatan penerbangan sebanyak 2 kali penutupan sementara yaitu pada tanggal 22 Desember dan 5 Januari 2024 dengan total 44 penerbangan (DJPU, 2024).

Hal ini sejalan dengan Dokumen *Monitoring* Kualitas Udara untuk PM<sub>2.5</sub> Stasiun *Global Watch Atmosphere* (GAW) Kototabang (2023-2024) di mana terdapatnya peningkatan konsentrasi PM<sub>2.5</sub> sebelum dan sesaat terjadinya erupsi yang menunjukkan adanya dampak signifikan dari aktivitas vulkanik terhadap kualitas udara. Kondisi ini memerlukan perhatian khusus karena peningkatan partikel halus di atmosfer akibat abu vulkanik dapat menimbulkan risiko kesehatan. Untuk mengurangi kerugian akibat erupsi Gunung Marapi, penting untuk melakukan pendeteksian dini terhadap penyebaran abu vulkanik dengan memprediksi penyebarannya secara akurat. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah simulasi penyebaran abu vulkanik melalui perangkat lunak pemodelan udara.

Stasiun *Global Watch Atmosphere* (GAW) Bukit Kototabang telah melakukan simulasi penyebaran abu menggunakan perangkat lunak HYSPLIT versi *online* dengan data *default* dari *Global Data Assimilation System* (GDAS). GDAS dikembangkan oleh para ilmuwan di *Goddard Space Flight Center* (GSFC) dan *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) yang memiliki resolusi spasial berupa grid 1 derajat sehingga setiap grid atau sel dalam data GDAS memiliki ukuran 1 derajat di setiap arah, yang setara dengan sekitar 111 km di lintang dan bujur (Rodell et al, 2004). Namun, Su et al (2015) menemukan bahwa lintasan balik HYSPLIT yang dihasilkan dari berbagai dataset GDAS menunjukkan perbedaan signifikan, terutama karena metode perhitungan kecepatan vertikal. Oleh karena itu, HYSPLIT versi *offline* dengan data meteorologi dari sumber observasi atau data global dengan resolusi lebih baik menjadi alternatif yang menarik.

Salah satu penelitian menggunakan perangkat lunak *Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory* (HYSPLIT) dalam mensimulasikan penyebaran pada Gunung Sakrajima, Jepang, menunjukkan kecocokan 63,52% antara jalur penyebaran abu berdasarkan model dan data satelit COMS-GOCI, sehingga memberikan hasil yang memuaskan (Ryu et al., 2014). Di sisi lain, perangkat lunak *Atmospheric Dispersion Modelling* (AERMOD), yang direkomendasikan oleh US EPA, telah digunakan dalam simulasi penilaian risiko pada Gunung Santorini untuk polutan gas SO<sub>2</sub>. Hasil simulasi AERMOD menghasilkan peta probabilitas dan kurva yang mengidentifikasi konsentrasi tinggi di sebelah selatan

dan timur gunung berapi, yang akan digunakan sebagai manajemen risiko bencana (Jenkins et al., 2015).

Meskipun HYSPLIT merupakan perangkat lunak yang sering digunakan dalam simulasi dispersi abu vulkanik karena kemampuannya yang terbukti dalam memprediksi jalur dan konsentrasi abu, AERMOD masih relatif jarang diterapkan untuk tujuan yang sama. HYSPLIT telah diandalkan dalam banyak studi dan operasional untuk mengatasi penyebaran polutan, termasuk abu vulkanik, berkat fleksibilitas dan akurasi model trajektori. Di sisi lain, AERMOD, yang biasanya digunakan untuk memodelkan dispersi polutan atmosfer di lingkungan urban dan industri, belum banyak dieksplorasi khususnya dalam simulasi dispersi abu vulkanik.

Penelitian komparatif mengenai uji kinerja AERMOD dan HYSPLIT dalam simulasi penyebaran abu vulkanik memiliki potensi untuk memberikan wawasan yang sangat berharga. Dengan membandingkan akurasi, efisiensi, dan kemampuan prediktif kedua model dalam mensimulasikan dispersi abu vulkanik pada Gunung Marapi. Selain itu hasil dari studi komparatif ini dapat menjadi dasar pengembangan dan penyempurnaan sistem peringatan dini dalam memitigasi dampak bencana vulkanik dan meminimalkan dampak terhadap masyarakat dan lingkungan.

## **1.2.Maksud dan Tujuan**

Berdasarkan latar belakang, adapun maksud yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah melakukan uji kinerja perangkat lunak pemodelan kualitas udara HYSPLIT dan AERMOD dalam memodelkan sebaran kualitas udara pada abu vulkanik pada saat terjadinya erupsi Gunung Marapi. Oleh karena itu, diperoleh tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Mensimulasikan dispersi dan konsentrasi abu vulkanik menggunakan perangkat lunak HYSPLIT dan AERMOD
2. Melakukan validasi pada pola dispersi dan konsentrasi model dengan Citra Satelit Himawari 8 dan NASA *Worldview* serta konsentrasi PM<sub>2.5</sub> pada dokumen *Monitoring* Kualitas Udara dari GAW Kototabang

3. Mengevaluasi konsentrasi hasil simulasi model dengan ketentuan regulasi pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021
4. Mengidentifikasi zona-zona yang berpotensi sebagai zona yang terpapar abu vulkanik tinggi dan merekomendasikan tindakan mitigasi untuk meminimalkan risiko.
5. Memberikan rekomendasi perangkat lunak yang tepat berdasarkan hasil uji kinerja HYSPLIT dan AERMOD dalam simulasi dispersi abu vulkanik dari erupsi gunung.

### **1.3. Manfaat Penelitian Tesis**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berkontribusi dengan memberikan masukan dalam analisis akademis terkait manajemen kualitas udara di sekitar daerah yang terdampak abu vulkanik.
2. Penelitian ini akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kemampuan masing-masing model dalam mensimulasikan penyebaran abu vulkanik di atmosfer.
3. Dengan mengetahui kelebihan dan kekurangan dari kedua model, penelitian ini dapat membantu pemangku kepentingan untuk mengoptimalkan penggunaan model yang tepat dalam situasi tertentu khususnya saat terjadinya hujan abu vulkanik.
4. Menyajikan rekomendasi sebagai panduan bagi para pengambil kebijakan dan instansi terkait dalam upaya mitigasi bencana khususnya terkait bencana abu vulkanik.
5. Untuk warga sekitar, menjadi lebih menyadari wilayah-wilayah yang terpapar tingkat polusi yang signifikan.

### **1.4. Batasan Masalah**

Untuk mengarahkan dan memfokuskan penelitian sesuai dengan tujuan, penulis menetapkan batasan permasalahan terkait, di antaranya:

1. Perangkat lunak yang digunakan dalam mensimulasikan konsentrasi dan penyebaran abu vulkanik ialah HYSPLIT dan AERMOD

2. Validasi hasil simulasi penyebaran abu vulkanik perangkat lunak pemodelan udara HYSPLIT dan AERMOD menggunakan hasil olahan satelit HIMAWARI-8 dan tangkapan layar NASA Satelit
3. Validasi hasil simulasi konsentrasi abu vulkanik perangkat lunak pemodelan udara HYSPLIT dan AERMOD menggunakan hasil konsentrasi PM<sub>2.5</sub> pada dokumen *Monitoring Kualitas Udara* dari GAW Kototabang
4. Data yang digunakan sebagai input perangkat lunak HYSPLIT dan AERMOD hanya menggunakan data sekunder.
5. Data konsentrasi yang digunakan pada setiap wilayah kabupaten dan kota merupakan konsentrasi maksimum pada wilayah tersebut.
6. Simulasi Dispersi dilakukan pada satu kali erupsi yang terjadi pada tanggal-tanggal tersebut.

### **1.5.Sistematika Penulisan**

Tesis yang disusun terdiri dari lima bab dan penulisan tesis dilakukan dengan mengikuti sistematika sebagai berikut:

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, maksud dan tujuan dari penelitian, manfaat yang diharapkan, batasan masalah atau ruang lingkup penelitian, serta sistematika penulisan yang diikuti dalam dokumen ini.

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisikan tentang profil Gunung Marapi, dasar-dasar teori, abu vulkanik, pencemar udara, ketentuan dan peraturan yang berlaku, pemodelan pencemar udara, validasi model, analisis statistik, penelitian terdahulu yang relevan dan teori-teori pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

#### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menguraikan lokasi penelitian yang dipilih dan rinciannya, serta menjelaskan langkah-langkah kerja yang dilakukan secara

terperinci. Tahapan tersebut dimulai dengan studi literatur untuk mendapatkan pemahaman yang baik, dilanjutkan dengan proses pembuatan simulasi penyebaran dan konsentrasi abu vulkanik, serta analisis data secara mendalam.

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menggambarkan hasil penelitian yang mencakup pembahasan tentang simulasi sebaran dan konsentrasi abu vulkanik Gunung Marapi menggunakan HYSPLIT dan AERMOD, pengujian keakuratan model menggunakan HIMAWARI-8, NASA *WorldView* dan data monitoring konsentrasi PM<sub>2.5</sub> di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Koto Tabang serta rekomendasi terkait mitigasi dan perencanaan darurat bencana.

#### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisikan simpulan dan saran berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan.

