

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aktivitas gunung api merupakan fenomena geologi yang berpengaruh terhadap kondisi lingkungan dan atmosfer. Salah satu produk utama aktivitas vulkanik adalah gas sulfur dioksida (SO_2) yang dilepaskan ke atmosfer melalui proses *degassing* maupun saat erupsi. Keberadaan SO_2 di atmosfer dapat memengaruhi kualitas udara, membentuk senyawa sulfat yang berpotensi menyebabkan hujan asam, serta memberikan dampak terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pemantauan konsentrasi SO_2 menjadi salah satu aspek penting dalam mitigasi bencana vulkanik dan pengelolaan lingkungan (Putri et al., 2023; Priatna & Primulyana, 2020). Peningkatan konsentrasi SO_2 merupakan salah satu indikator aktivitas magmatik yang dapat digunakan untuk memantau perkembangan aktivitas gunung api. Namun, pengukuran emisi gas vulkanik secara langsung di lapangan memiliki berbagai keterbatasan karena tingginya tingkat bahaya dan sulitnya akses menuju kawah. Oleh sebab itu, teknologi penginderaan jauh menjadi alternatif yang lebih efektif untuk memantau distribusi gas vulkanik secara luas, aman, dan berkesinambungan (Yusuf, 2017).

Salah satu satelit yang banyak dimanfaatkan dalam pemantauan gas atmosfer adalah *Sentinel-5 Precursor (Sentinel-5P)* yang membawa sensor *TROPOspheric Monitoring Instrument (TROPOMI)*. Sensor ini mampu mendeteksi berbagai gas atmosfer, termasuk SO_2 , serta menyediakan data dengan resolusi spasial yang lebih baik dibandingkan sensor pendahulunya. Penelitian Sihotang et al. (2022) menunjukkan bahwa data *Sentinel-5P* efektif digunakan untuk memantau distribusi konsentrasi SO_2 vulkanik pada Gunung Sinabung sehingga berpotensi diterapkan pada gunung api aktif lainnya di Indonesia.

Gunung Semeru merupakan gunung api aktif tertinggi di Pulau Jawa dengan aktivitas erupsi yang tinggi dan berulang. Berdasarkan laporan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Gunung Semeru beberapa kali mengalami peningkatan status aktivitas hingga level III (siaga) dan

level IV (awas) selama periode 2021–2026. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pemantauan konsentrasi SO₂ secara berkelanjutan sebagai salah satu indikator aktivitas vulkanik.

Penelitian Ramadhanni dan Jaelani (2025) telah memanfaatkan citra *Sentinel-5P* melalui *Google Earth Engine* untuk menganalisis distribusi spasial dan temporal konsentrasi SO₂ di Gunung Semeru periode 2019–2024. Namun, penelitian tersebut belum secara khusus mengkaji perubahan konsentrasi SO₂ pada periode peningkatan status aktivitas level III (siaga) dan level IV (awas). Oleh karena itu, penelitian ini menganalisis perubahan konsentrasi SO₂ menggunakan citra *Sentinel-5P* pada periode Januari 2021 hingga Januari 2026 yang difokuskan pada saat Gunung Semeru berada pada status level III (siaga) dan level IV (awas). Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih rinci mengenai dinamika konsentrasi SO₂ selama periode peningkatan aktivitas Gunung Semeru serta mendukung pemantauan bencana vulkanik berbasis penginderaan jauh.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perubahan konsentrasi SO₂ akibat erupsi Gunung Semeru pada saat status aktivitas level III (Siaga) dan level IV (awas) selama periode tahun 2021-2026 berdasarkan data citra *Sentinel-5P*?
2. Bagaimana arah persebaran spasial konsentrasi SO₂ akibat erupsi Gunung Semeru berdasarkan arah angin dominan pada saat status aktivitas level III (siaga) dan level IV (awas) selama periode tahun 2021-2026, serta wilayah yang berpotensi terdampak?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perubahan konsentrasi SO₂ akibat erupsi Gunung Semeru pada saat status aktivitas vulkanik level III (siaga) dan level IV (awas) selama periode tahun 2021-2026 berdasarkan data citra *Sentinel-5P*.

2. Menganalisis arah persebaran spasial konsentrasi SO₂ akibat erupsi Gunung Semeru berdasarkan arah angin dominan pada saat status aktivitas level III (siaga) dan level IV (awas) selama periode tahun 2021-2026 serta mengidentifikasi wilayah yang berpotensi terdampak.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi mengenai perubahan konsentrasi gas sulfur dioksida (SO₂) akibat erupsi Gunung Semeru pada saat status aktivitas level III (siaga) dan level IV (awas) selama periode tahun 2021-2026 berdasarkan data citra *Sentinel-5P*. Informasi dapat digunakan untuk memahami karakteristik perubahan konsentrasi SO₂ selama aktivitas erupsi serta menjadi referensi dalam pemanfaatan data penginderaan jauh untuk pemantauan gas vulkanik.
2. Memberikan informasi mengenai arah persebaran spasial konsentrasi SO₂ berdasarkan arah angin dominan serta mengidentifikasi wilayah yang berpotensi terdampak emisi gas vulkanik di sekitar Gunung Semeru. Informasi tersebut dapat digunakan sebagai data pendukung dalam interpretasi persebaran gas vulkanik dan menjadi masukan dalam pemantauan wilayah yang berpotensi terpapar emisi SO₂.

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan pada penelitian ini tidak bias dan tidak terlalu jauh dari kajian masalah, maka penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut ini:

1. Periode penelitian dibatasi pada periode Januari 2021-Januari 2026, dengan tujuan mengidentifikasi konsentrasi saat kejadian erupsi Gunung Semeru yang memiliki status siaga (level III) dan awas (level IV) berdasarkan data resmi PVMBG/MAGMA Indonesia. Sehingga, bukan pada analisis tren tahunan atau perubahan konsentrasi SO₂ secara kontinu sepanjang waktu.
2. Analisis yang dilakukan dibatasi pada analisis deskriptif dan spasial untuk menggambarkan perubahan konsentrasi dan persebaran SO₂ dari nilai

maksimum konsentrasi SO₂ selama periode pengamatan yang telah ditentukan.

3. Data yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada citra satelit *Sentinel-5P TROPOMI* produk Level-3 (OFFL) yang diakses dan diolah melalui platform *Google Earth Engine* (GEE). Data yang digunakan merupakan data hasil pemrosesan standar ESA yang telah melalui proses *gridding* dan *quality control*, sehingga penelitian ini tidak melakukan pengolahan data level-2 mentah. Penelitian ini tidak membandingkan produk *Sentinel-5P* dengan sensor satelit lain maupun data pengukuran in-situ, serta tidak melakukan evaluasi performa algoritma *retrieval* SO₂, karena fokus penelitian diarahkan pada analisis perubahan dan persebaran konsentrasi SO₂ berbasis data yang telah tersedia di platform *Google Earth Engine*.
4. Nilai konsentrasi SO₂ yang diperoleh merupakan hasil estimasi dari konversi *vertical column density* (mol/m²) menjadi konsentrasi (µg/m³) menggunakan asumsi tinggi kolom atmosfer ($H = 13.000 \text{ m}$). Oleh karena itu, nilai yang dihasilkan merupakan nilai estimasi berbasis asumsi dan tidak merepresentasikan konsentrasi SO₂ hasil pengukuran langsung di permukaan.
5. Validasi lapangan langsung terhadap nilai absolut konsentrasi SO₂ tidak dilakukan, karena keterbatasan keselamatan, aksesibilitas, dan ketersediaan data lapangan. Sehingga, hasil penelitian difokuskan pada perubahan dan persebaran berdasarkan data penginderaan jauh.
6. Faktor meteorologi seperti arah angin tidak dianalisis secara kuantitatif mendalam, karena fokus penelitian yang diarahkan pada analisis perubahan dan persebaran konsentrasi SO₂ akibat erupsi. Informasi arah angin digunakan sebagai data pendukung untuk membantu interpretasi arah persebaran SO₂ secara spasial.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memahami lebih jelas, maka materi-materi yang tertera pada skripsi ini dikelompokkan menjadi beberapa sub-bab dengan sistematika penyampaian

berdasarkan pedoman Pendidikan Program studi Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang, yaitu sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

BAB I mencakup sub-bab yang terdiri dari latar belakang yang berisikan alasan mengambil fokus penelitian. Rumusan masalah berisikan masalah yang akan diteliti. Maksud dan tujuan menjelaskan sasaran yang ingin dicapai oleh penulis. Batasan masalah bermaksud untuk membatasi permasalahan yang akan diteliti. Sistematika penulisan berisikan tata penyusunan penulisan proposal. BAB I ini sebagai landasan untuk memahami konteks, urgensi dan ruang lingkup penelitian.

2. BAB II LANDASAN TEORI

BAB II ini berisikan teori yang berupa pengertian dan definisi yang diambil dari kutipan buku yang berkaitan dengan penyusunan laporan skripsi serta beberapa literature review yang berhubungan dengan penelitian.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

BAB III berisikan penjelasan tentang bagaimana kajian ini dilakukan, yang akan membahas terkait metodologi penelitian atau panduan secara rinci pelaksanaan penelitian dari lokasi penelitian, alat dan data yang digunakan, serta diagram alir penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV berisi penjelasan secara rinci hasil serta kajian, dan pembahasan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V ini berisikan kesimpulan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, serta tambahan saran sebagai bentuk penyempurnaan data.