

**SKRIPSI**

**ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI SO<sub>2</sub> AKIBAT ERUPSI DI  
GUNUNG SEMERU MENGGUNAKAN CITRA *SENTINEL-5P*  
TAHUN 2021 – 2026**



**Disusun Oleh:**

**Maysadora Tarabetsi Binti**

**22.25.040**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
MALANG  
2026**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI SO<sub>2</sub> AKIBAT ERUPSI DI  
GUNUNG SEMERU MENGGUNAKAN CITRA *SENTINEL-5P***

**TAHUN 2021 – 2026**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Mencapai Gelar Sarjana  
Teknik (S.T) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan  
Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang**

**Disusun oleh:**

**Maysadora Tarabetsi Binti**

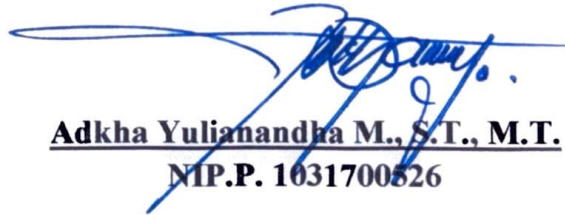
**2225040**

**Menyetujui,  
Dosen Pembimbing I**



**Feny Arafah, S.T., M.T.**  
**NIP.P. 1031500516**

**Menyetujui,  
Dosen Pembimbing II**



**Adkha Yulianandha M., S.T., M.T.**  
**NIP.P. 1031700826**

**Menyetujui,  
Ketua Program Studi Teknik Geodesi S-1**



**Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T.**  
**NIP.P. 1039500280**



**PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**

**NAMA : MAYSADORA TARABETSI BINTI**  
**NIM : 2225040**  
**JURUSAN : TEKNIK GEODESI**  
**JUDUL : ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI SO<sub>2</sub> AKIBAT  
ERUPSI DI GUNUNG SEMERU MENGGUNAKAN  
CITRA SENTINEL-5P TAHUN 2021 – 2026**

Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 (S-1) Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang dan Diterima untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S-1) Bidang Teknik Geodesi.

Pada Hari/Tanggal : Selasa/04 Agustus 2026

Dengan Nilai : \_\_\_\_\_

**Panitia Ujian Skripsi**  
**Ketua Penguji**

**Fransisca Dwi Agustina, S.T., M. Eng.**  
**NIP.P. 1012000582**

**Anggota Penguji**

**Dosen Penguji I**

**Alifah Noraini, S.T., M.T.**  
**NIP.P. 1031500478**

**Dosen Penguji II**

**Feny Arafah, S.T., M.T.**  
**NIP.P. 1031500516**

**ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI SO<sub>2</sub> AKIBAT ERUPSI DI  
GUNUNG SEMERU MENGGUNAKAN CITRA *SENTINEL-5P*  
TAHUN 2021 – 2026**

Maysadora Tarabetsi Binti (22.25.040)

Dosen Pembimbing I: Feny Arafah, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II: Adkha Yulianandha M., S.T., M.T.

**ABSTRAK**

Gunung Semeru merupakan salah satu gunung api paling aktif di Indonesia yang menghasilkan emisi sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) saat erupsi. Perubahan konsentrasi SO<sub>2</sub> berpotensi menjadi salah satu indikator aktivitas vulkanik, namun perlu dievaluasi keterkaitan aktivitas vulkanik pada status aktivitas Level III (Siaga) dan Level IV (Awas) serta pola persebarannya berdasarkan arah angin dominan untuk mendukung pemantauan Gunung. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan konsentrasi SO<sub>2</sub> akibat erupsi Gunung Semeru pada status aktivitas Level III (Siaga) dan Level IV (Awas) selama periode 2021–2026 serta menganalisis arah persebaran spasial SO<sub>2</sub> berdasarkan arah angin dominan menggunakan citra *Sentinel-5P Level-3* (OFFL). Data diolah menggunakan *Google Earth Engine* pada *buffer* 15 km dari kawah Gunung Semeru. Analisis dilakukan terhadap konsentrasi maksimum harian dan bulanan, dilanjutkan dengan regresi linier sederhana dan analisis *windrose*. Hasil pengolahan menunjukkan bahwa konsentrasi maksimum SO<sub>2</sub> pada periode harian mencapai 6,22 µg/m<sup>3</sup>, sedangkan pada periode bulanan mencapai 5,97 µg/m<sup>3</sup>. Hasil analisis regresi menunjukkan hubungan yang lemah antara konsentrasi SO<sub>2</sub> dan aktivitas vulkanik, dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,0158 – 0,1809. Selain itu, pola persebaran SO<sub>2</sub> tidak selalu mengikuti arah angin dominan sehingga wilayah yang berpotensi terdampak bervariasi pada setiap periode pengamatan. Secara keseluruhan, *Sentinel-5P* mampu memantau perubahan konsentrasi dan persebaran SO<sub>2</sub>, meskipun hubungan dengan aktivitas vulkanik tidak selalu kuat.

**Kata kunci:** Gunung Semeru, sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), *Sentinel-5P*, *Google Earth Engine*, aktivitas vulkanik, arah angin.

**ANALYSIS OF SO<sub>2</sub> CONCENTRATION CHANGES CAUSED BY THE  
ERUPTION OF MOUNT SEMERU USING SENTINEL-5P IMAGES**

**2021 – 2026**

Maysadora Tarabetsi Binti (22.25.040)

*Supervisor I:* Feny Arafah, S.T., M.T.

*Supervisor II:* Adkha Yulianandha M., S.T., M.T.

**ABSTRACT**

*Mount Semeru is one of the most active volcanoes in Indonesia, emitting sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) during eruptions. Changes in SO<sub>2</sub> concentration have the potential to serve as an indicator of volcanic activity; however, it is necessary to evaluate the relationship between volcanic activity at Activity Levels III (Alert) and IV (Danger) and the dispersion patterns of SO<sub>2</sub> based on prevailing wind directions to support the monitoring of the volcano. This study aims to analyze changes in SO<sub>2</sub> concentrations resulting from Mount Semeru's eruptions at Activity Levels III (Alert) and IV (Danger) during the 2021–2026 period, as well as to analyze the spatial distribution of SO<sub>2</sub> based on prevailing wind directions using Sentinel-5P Level-3 (OFFL) imagery. Data were processed using Google Earth Engine within a 15-km buffer zone around the Mount Semeru crater. Analyses were conducted on daily and monthly maximum concentrations, followed by simple linear regression and wind rose analysis. The results showed that the maximum daily SO<sub>2</sub> concentration reached 6.22 µg/m<sup>3</sup>, while the maximum monthly concentration reached 5.97 µg/m<sup>3</sup>. The regression analysis results indicate a weak relationship between SO<sub>2</sub> concentrations and volcanic activity, with R<sup>2</sup> values ranging from 0.0158 to 0.1809. Furthermore, the distribution pattern of SO<sub>2</sub> does not always follow the prevailing wind direction, so the areas potentially affected vary across each observation period. Overall, Sentinel-5P is capable of monitoring changes in SO<sub>2</sub> concentration and distribution, although the relationship with volcanic activity is not always strong.*

**Keywords:** Mount Semeru, sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), Sentinel-5P, Google Earth Engine, volcanic activity, wind direction.

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda atangan di bawah ini:

Nama : Maysadora Tarabetsi Binti  
NIM : 2225040  
Program Studi : Teknik Geodesi  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan yang sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul:

**ANALISIS PERUBAHAN KONSENTRASI  $SO_2$  AKIBAT ERUPSI DI  
GUNUNG SEMERU MENGGUNAKAN CITRA *SENTINEL-5P*  
TAHUN 2021 – 2026**

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, 4 September 2026

Yang membuat pernyataan



Maysadora Tarabetsi Binti

2225040

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Segala sesuatu yang telah saya lewati tidak terlepas dari kasih, penyertaan, dan pertolongan Tuhan Yesus Kristus.

“Segala perkara dapat kutanggung di dalam Dia yang memberi kekuatan kepadaku.” **Filipi 4:13**

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah Bapa, Tuhan Yesus Kristus, dan Roh Kudus atas kasih, penyertaan, kekuatan, serta pertolongan-Nya yang tidak pernah berhenti selama proses perkuliahan hingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dalam setiap proses yang tidak selalu mudah, Bapa selalu memberikan jalan, kekuatan, dan orang-orang baik yang hadir di waktu yang tepat.

Saya persembahkan karya ini kepada Papah dan Mamah tercinta, Bapak Yohanes Ramba dan Ibu Talita Kumi yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta pengorbanan yang tidak ternilai. Terima kasih karena selalu percaya, mendukung setiap langkah yang saya ambil, dan menjadi tempat saya kembali ketika segala sesuatu terasa berat. Tanpa doa dan dukungan Papah dan Mamah, saya tidak akan sampai pada titik ini.

Kepada Kakak, Timothy Tarayusthe Binti. Terima kasih atas doa, dukungan, perhatian, serta segala hal kecil yang mungkin sederhana tetapi sangat berarti selama proses ini. Semoga kita selalu diberikan kesehatan, kelancaran, dan kesuksesan dalam setiap langkah ke depannya.

Terima kasih saya ucapkan kepada kedua dosen pembimbing skripsi, Ibu Feny Arafah, S.T., M.T. dan Bapak Adkha Yulianandha M., S.T., M.T., yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan arahan, kritik, saran, serta ilmu selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih juga kepada seluruh dosen dan staff Program Studi Teknik Geodesi yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama saya menempuh pendidikan di ITN Malang.

Terima kasih kepada teman-teman Teknik Geodesi angkatan 2022 yang berjuang bersama-sama selama perkuliahan, yang telah menjadi bagian dari perjalanan panjang ini. Terima kasih untuk setiap bantuan, cerita, tawa, keluh kesah, dan

momen-momen yang telah dilewati bersama. Banyak hal yang mungkin tidak akan terulang, tetapi akan selalu menjadi bagian dari cerita yang saya kenang.

Untuk Ana, Angel, Ami, April, dan Leni. Kelima teman saya yang menemani saya dalam proses panjang menyelesaikan skripsi. Terima kasih karena sudah mendukung saya, membantu, menguatkan, dan menjadi tempat berbagi cerita selama melewati berbagai proses dan tekanan dalam menyelesaikan skripsi. Terutama di detik-detik terakhir perjuangan, ketika segala sesuatu terasa semakin berat dan melelahkan.

Untuk Kak Nawra, Elok, dan Kak Nanda, terima kasih telah turut hadir dalam perjalanan penyelesaian skripsi ini, meskipun tidak berada di dekat saya. Terima kasih karena tetap memberikan dukungan dari jauh, serta dengan sabar menjawab berbagai pertanyaan dan kebingungan yang saya hadapi selama menyelesaikan skripsi. Terima kasih sudah meluangkan waktu dan tetap membantu sampai akhir.

Untuk Marchello Gabriel L, terima kasih telah menjadi salah satu bagian yang membawa kembali kebahagiaan setelah penulis melewati proses panjang. Terima kasih telah hadir dan membantu penulis menemukan kembali rasa bahagia setelah melewati salah satu proses panjang dalam perjalanan ini.

Dan yang terakhir, untuk diri saya sendiri. Terima kasih karena sudah mau berusaha, berjuang, bertahan, dan tidak menyerah ketika menghadapi berbagai kesulitan. Terima kasih karena tetap memilih untuk melanjutkan meskipun ada banyak hari ketika semuanya terasa berat. Mungkin dalam prosesnya ada tangis, kecewa, lelah, sakit, dan keinginan untuk menyerah, tetapi pada akhirnya tetap menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Skripsi ini bukan hanya tentang sebuah karya ilmiah, tetapi juga tentang perjalanan, doa, perjuangan, dan penyertaan Tuhan. Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan.”

**Yeremia 29:11**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Perubahan Konsentrasi  $\text{SO}_2$  Akibat Erupsi di Gunung Semeru Menggunakan Citra *Sentinel-5P* Tahun 2021–2026” dengan baik dan sesuai pada waktunya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Studi Teknik Geodesi S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penelitian ini membahas analisis perubahan konsentrasi sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ) akibat aktivitas erupsi Gunung Semeru pada status aktivitas III (siaga) dan IV (awas) menggunakan data citra satelit *Sentinel-5P* berbasis penginderaan jauh dengan penggunaan *Google Earth Engine*. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini terdapat banyak tantangan dan keterbatasan, namun berkat bantuan, bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala penyertaan dan pertolongan-Nya.
2. Bapak Dedy Kurnia Sunaryo, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Geodesi S-1, serta Bapak Adkha Yulianandha M, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Geodesi S-1, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Ibu Feny Arafah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I, dan Bapak Adkha Yulianandha M, S.T., M.T. yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penyusunan skripsi, sehingga penulis dapat melakukan penelitian serta menyusun penulisan skripsi ini dengan rapi dan baik.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Geodesi S-1 Institut Teknologi Nasional Malang yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
5. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis.

6. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), MAGMA Indonesia, *European Space Agency* (ESA), *Copernicus Climate Data Store*, dan *Google Earth Engine* yang menyediakan data dan platform pendukung penelitian.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan penelitian di masa mendatang. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan dalam bidang penginderaan jauh, khususnya terkait pemantauan aktivitas vulkanik dan analisis konsentrasi gas SO<sub>2</sub>.

Malang, 4 September 2026

Penulis

Maysadora Tarabetsi Binti

## DAFTAR ISI

|                                                                     |             |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>                                     | <b>i</b>    |
| <b>BERITA ACARA UJIAN SEMINAR HASIL SKRIPSI .....</b>               | <b>ii</b>   |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                | <b>iii</b>  |
| <b><i>ABSTRACT</i> .....</b>                                        | <b>iv</b>   |
| <b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</b>                      | <b>v</b>    |
| <b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>                                     | <b>vi</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                                         | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>                                             | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                          | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                           | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>                                      | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                            | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                           | 2           |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                         | 2           |
| 1.4 Manfaat Penelitian .....                                        | 3           |
| 1.5 Batasan Masalah .....                                           | 3           |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                                     | 4           |
| <b>BAB II LANDASAN TEORI .....</b>                                  | <b>6</b>    |
| 2.1 Gunung Api .....                                                | 6           |
| 2.2 Tingkat Aktivitas Gunung Api .....                              | 7           |
| 2.3 Jenis Gempa Vulkanik .....                                      | 9           |
| 2.4 Kawasan Rawan Bencana (KRB) Gunung Api .....                    | 11          |
| 2.5 Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ) .....                        | 15          |
| 2.6 Pelepasan dan Persebaran SO <sub>2</sub> Akibat Erupsi .....    | 18          |
| 2.7 Penginderaan Jauh .....                                         | 20          |
| 2.8 Sentinel-5P TROPOMI .....                                       | 21          |
| 2.9 Arah Angin .....                                                | 25          |
| 2.10 Kesesuaian Konsentrasi SO <sub>2</sub> dengan Arah Angin ..... | 28          |
| 2.11 Konsep Anomali dalam Analisis Konsentrasi .....                | 30          |
| 2.12 Uji Regresi Linier Sederhana .....                             | 32          |
| 2.13 <i>Google Earth Engine</i> .....                               | 35          |

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>                                            | <b>36</b> |
| 3.1 Lokasi Penelitian.....                                                            | 36        |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....                                                    | 37        |
| 3.3 Diagram Alir .....                                                                | 39        |
| 3.4 Tahap Persiapan .....                                                             | 44        |
| 3.5 Pengolahan Data.....                                                              | 45        |
| 3.5.1 Pengolahan Citra <i>Sentinel-5P</i> untuk Konsentrasi SO <sub>2</sub> .....     | 45        |
| 3.5.2 Pengolahan Data Arah Angin.....                                                 | 48        |
| 3.5.3 Pengolahan Data Jumlah Erupsi.....                                              | 49        |
| 3.5.4 Perbandingan Anomali Konsentrasi SO <sub>2</sub> dengan Aktivitas Vulkanik..... | 51        |
| 3.5.5 Analisis Persebaran Spasial Konsentrasi SO <sub>2</sub> dengan Arah Angin...    | 54        |
| 3.5.6 Analisis Arah Angin Dominan terhadap Wilayah Permukiman .....                   | 55        |
| 3.5.7 Visualisasi dan Penyajian Hasil .....                                           | 56        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                                               | <b>57</b> |
| 4.1 Hasil Konsentrasi SO <sub>2</sub> Gunung Semeru dari <i>Sentinel-5P</i> .....     | 57        |
| 4.1.1 Distribusi Spasial Konsentrasi SO <sub>2</sub> Periode Harian.....              | 59        |
| 4.1.2 Distribusi Spasial Konsentrasi SO <sub>2</sub> Periode Bulanan .....            | 62        |
| 4.2 Analisis Anomali Konsentrasi SO <sub>2</sub> .....                                | 65        |
| 4.2.1 Identifikasi Anomali Harian.....                                                | 65        |
| 4.2.2 Identifikasi Anomali Bulanan .....                                              | 68        |
| 4.2.3 Perbandingan Anomali SO <sub>2</sub> dengan Data PVMBG/MAGMA .....              | 71        |
| 4.3 Analisis Korelasi Konsentrasi SO <sub>2</sub> dengan Aktivitas Vulkanik.....      | 75        |
| 4.4 Analisis Persebaran Spasial SO <sub>2</sub> dan Pengaruh Meteorologi.....         | 76        |
| 4.4.1 Pola Persebaran SO <sub>2</sub> Periode Harian dengan Arah Angin .....          | 77        |
| 4.4.2 Pola Persebaran SO <sub>2</sub> Periode Bulanan dengan Arah Angin.....          | 79        |
| 4.4.3 Analisis Arah Angin Dominan dengan Wilayah Pemukiman.....                       | 81        |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>                                                             | <b>88</b> |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                                  | 88        |
| 5.2 Saran.....                                                                        | 88        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                            | <b>90</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                                                                  | <b>95</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Gunung Semeru.....                                                         | 6  |
| Gambar 2. 2 Gunung Semeru saat level 4 Tahun 2025.....                                 | 8  |
| Gambar 2. 3 Letusan/Erupsi di Gunung Semeru .....                                      | 10 |
| Gambar 2. 4 Peta KRB Gunung Semeru.....                                                | 12 |
| Gambar 2. 5 Sumber Utama Gas Sulfur Dioksida .....                                     | 15 |
| Gambar 2. 6 Pelepasan Gas Vulkanik Erupsi .....                                        | 19 |
| Gambar 2. 7 Sistem Aktif dan Pasif Penginderaan Jauh.....                              | 20 |
| Gambar 2. 8 <i>European Space Agency</i> (ESA).....                                    | 22 |
| Gambar 2. 9 Skema Arah Angin .....                                                     | 26 |
| Gambar 2. 10 Diagram <i>Windrose</i> .....                                             | 27 |
| Gambar 2. 11 Analisa Kesesuaian Konsentrasi .....                                      | 29 |
| Gambar 2. 12 Grafik Anomali .....                                                      | 31 |
| Gambar 2. 13 <i>Google Earth Engine</i> .....                                          | 35 |
| Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian .....                                                    | 36 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian .....                                              | 40 |
| Gambar 3. 3 Pengolahan <i>Sentinel-5P</i> Periode Harian .....                         | 46 |
| Gambar 3. 4 Pengolahan <i>Sentinel-5P</i> Periode Bulanan .....                        | 46 |
| Gambar 3. 5 GeoTIFF Konsentrasi SO <sub>2</sub> di ArcGIS .....                        | 47 |
| Gambar 3. 6 Hasil Klasifikasi Konsentrasi SO <sub>2</sub> di ArcGIS .....              | 47 |
| Gambar 3. 7 Pengolahan Data Angin di Python .....                                      | 48 |
| Gambar 3. 8 Hasil Diagram <i>Windrose</i> Pengamatan 1.....                            | 49 |
| Gambar 3. 9 Analisis Anomali pada Grafik dengan Aktivitas Vulkanik.....                | 52 |
| Gambar 3. 10 Hasil Grafik Regresi untuk Uji Regresi .....                              | 53 |
| Gambar 3. 11 Persebaran Spasial dengan Arah Angin dan Lingkungan .....                 | 54 |
| Gambar 3. 12 Analisa Arah Angin Dominan terhadap Wilayah Permukiman .....              | 55 |
| Gambar 4. 1 <i>Area of Interest</i> 15 Km dari Kawah Gunung Semeru .....               | 58 |
| Gambar 4. 2 Hasil Konsentrasi Maksimal SO <sub>2</sub> Periode Pengamatan Harian ..... | 60 |
| Gambar 4. 3 Grafik Min-Max Raster SO <sub>2</sub> Harian.....                          | 61 |
| Gambar 4. 4 Hasil Rata-Rata Maksimal SO <sub>2</sub> Periode Bulanan.....              | 63 |
| Gambar 4. 5 Grafik Min-Max Raster SO <sub>2</sub> Bulanan .....                        | 64 |

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4. 6 Grafik Maksimum SO <sub>2</sub> Periode Harian.....             | 67 |
| Gambar 4. 7 Grafik Rata-Rata Maksimum SO <sub>2</sub> Periode Bulanan ..... | 70 |
| Gambar 4. 8 Analisa Persebaran & Arah Angin Pengamatan Periode Harian ..... | 78 |
| Gambar 4. 9 Analisa Persebaran & Arah Angin Pengamatan Periode Harian ..... | 80 |
| Gambar 4. 10 Visual Area Permukiman Dalam AOI 15 Km .....                   | 82 |
| Gambar 4. 11 Visualisasi Tiap Area Permukiman.....                          | 83 |
| Gambar 4. 12 Analisa Wilayah Terdampak Pengamatan Periode Harian .....      | 85 |
| Gambar 4. 13 Analisa Wilayah Terdampak Pengamatan Periode Bulanan.....      | 86 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Tingkat Aktivitas Gunung Api.....                                                                   | 8  |
| Tabel 2. 2 Interpretasi Hasil Koefisien Korelasi .....                                                         | 34 |
| Tabel 3. 1 Alat untuk Penelitian.....                                                                          | 37 |
| Tabel 3. 2 Bahan untuk Penelitian .....                                                                        | 37 |
| Tabel 3. 3 Daftar Periode Data Level III dan IV Gunung Semeru 2021 - 2026 ...                                  | 39 |
| Tabel 3. 4 Informasi Kegempaan Saat Periode Pengamatan 1 di <i>Excel</i> .....                                 | 50 |
| Tabel 3. 5 Tabel Data Letusan/Erupsi untuk Uji Regresi .....                                                   | 52 |
| Tabel 4. 1 Tabel Periode Pengamatan.....                                                                       | 57 |
| Tabel 4. 2 Tabel Luas Konsentrasi SO <sub>2</sub> Periode Harian .....                                         | 61 |
| Tabel 4. 3 Tabel Luas Konsentrasi SO <sub>2</sub> Periode Bulanan.....                                         | 64 |
| Tabel 4. 4 Tabel Nilai Anomali dan Tanggalnya (Harian) .....                                                   | 68 |
| Tabel 4. 5 Tabel Nilai Anomali dan Tanggalnya (Bulanan).....                                                   | 70 |
| Tabel 4. 6 Tabel Informasi Erupsi Pengamatan 3 (Harian) .....                                                  | 72 |
| Tabel 4. 7 Tabel Informasi Erupsi Pengamatan 8 (Harian) .....                                                  | 72 |
| Tabel 4. 8 Tabel Informasi Erupsi Pengamatan 5 (Bulanan).....                                                  | 74 |
| Tabel 4. 9 Tabel Informasi Erupsi Pengamatan 6 (Bulanan).....                                                  | 74 |
| Tabel 4. 10 Tabel Hasil Regresi Linier Konsentrasi SO <sub>2</sub> dengan Aktivitas Vulkanik.....              | 76 |
| Tabel 4. 11 Tabel Arah Angin Dominan dan Lokasi Konsentrasi SO <sub>2</sub> (Harian) ..                        | 79 |
| Tabel 4. 12 Tabel Arah Angin Dominan dan Lokasi Konsentrasi SO <sub>2</sub> (Bulanan)                          | 80 |
| Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Azimuth dan Klasifikasi Sektor Mata Angin Permukiman .....                       | 83 |
| Tabel 4. 14 Identifikasi Wilayah Permukiman yang Berada pada Sektor Arah Pergerakan Massa Udara (Harian) ..... | 85 |
| Tabel 4. 15 Identifikasi Wilayah Permukiman yang Berada pada Sektor Arah Pergerakan Massa Udara (Bulanan)..... | 87 |