

## DAFTAR ISI

|  |     |
|--|-----|
| LEMBAR PENGESAHAN .....                                      | iii |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....                              | iv  |
| KATA PENGANTAR .....   | v   |
| DAFTAR ISI.....  | vii |
| DAFTAR TABEL.....  | x   |
| DAFTAR GAMBAR .....  | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN.....   | xv  |
| INTISARI.....  | 1   |
| <i>ABSTRACT</i> .....  | 2   |
| BAB I.....   | 3   |
| PENDAHULUAN .....  | 3   |
| I.1. Latar Belakang .....                                    | 3   |
| I.2. Rumusan Masalah .....                                   | 6   |
| I.3. Tujuan Penelitian .....                                 | 6   |
| I.4. Batasan Masalah .....                                   | 7   |
| I.5. Lokasi Penelitian.....                                  | 8   |
| I.6. Manfaat Penelitian .....                                | 8   |
| I.7. Penelitian Pendahulu.....                               | 9   |
| I.8. Keaslian Penelitian.....                                | 11  |
| BAB II.....  | 12  |
| TINJAUAN PUSTAKA .....                                       | 12  |
| II.1. Stratigrafi Regional.....                              | 12  |
| II.2. Geologi Daerah Penelitian.....                         | 15  |
| II.3. Geomorfologi Gunung Slamet.....                        | 17  |
| II.4. Vulkanisme Gunung Slamet .....                         | 18  |
| II.5. Lahar Gunung Slamet .....                              | 20  |
| II.6. Penggunaan Lahar dalam Mitigasi Bahaya Gunung Api..... | 21  |
| BAB III .....  | 25  |
| LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS .....                           | 25  |
| III.1. Terminologi Lahar.....                                | 25  |
| III.2. Faktor Pembentuk Lahar .....                          | 25  |
| III.3. Jenis-jenis Lahar .....                               | 26  |
| III.4. Mekanisme Aliran Lahar .....                          | 27  |

|  |    |
|--|----|
| III.4.1. Aliran Debris.....                        | 29 |
| III.4.2. Aliran Hiperkonsentrat .....              | 30 |
| III.4.3. Aliran Sungai .....                       | 31 |
| III.4.4. Erosi dan bulking .....                   | 31 |
| III.4.5. Proses <i>dilution</i> .....              | 32 |
| III.5. Ciri-ciri Endapan Lahar .....               | 33 |
| III.6. Analisis Granulometri .....                 | 35 |
| III.7. Laharz .....                                | 37 |
| III.8. Dasar Perhitungan Risiko Kerugian .....     | 39 |
| III.9. Hipotesis .....                             | 41 |
| BAB IV .....                                       | 42 |
| METODE PENELITIAN.....                             | 42 |
| IV.1. Alat dan Bahan Penelitian .....              | 42 |
| IV.1.1. Tahap pendahuluan.....                     | 42 |
| IV.1.2. Tahap pengambilan data lapangan .....      | 43 |
| IV.1.3. Tahap analisis laboratorium.....           | 45 |
| IV.1.4. Tahap pemodelan aliran lahar.....          | 46 |
| IV.2. Tahap Penelitian.....                        | 47 |
| IV.2.1. Tahap Pendahuluan.....                     | 47 |
| IV.2.2. Tahap Pengambilan Data Lapangan .....      | 48 |
| IV.2.3. Tahap Analisis Laboratorium .....          | 49 |
| IV.2.4. Tahap Pemodelan Daerah Landaan Lahar ..... | 51 |
| IV.2.5. Tahap Interpretasi Data .....              | 55 |
| IV.2.6. Tahap Penyusunan Laporan.....              | 56 |
| BAB V.....   | 58 |
| HASIL PENELITIAN.....                              | 58 |
| V.1. Penyajian Data Lapangan .....                 | 58 |
| V.1.1. GC03 .....                                  | 59 |
| V.1.2. GC04 .....                                  | 60 |
| V.1.3. GC02 .....                                  | 61 |
| V.1.4. GC07 .....                                  | 62 |
| V.1.5. GC05 .....                                  | 63 |
| V.1.6. GC01 .....                                  | 64 |
| V.1.7. GC09 .....                                  | 65 |

|  |     |
|--|-----|
| V.2. Hasil Analisis Granulometri .....           | 67  |
| V.3. Hasil Analisis Kompoenen Endapan Lahar..... | 72  |
| V.3.1. Analisis Fragmen .....                    | 73  |
| V.3.2. Analisis Matriks .....                    | 75  |
| V.4. Hasil Pemodelan Daerah Landaan Lahar .....  | 78  |
| BAB VI .....                                     | 84  |
| PEMBAHASAN .....                                 | 84  |
| VI.1. Karakteristik Endapan Lahar.....           | 84  |
| VI.1.1. Endapan Lahar Tua.....                   | 84  |
| VI.1.2. Endapan Lahar Muda.....                  | 91  |
| VI.2. Mekanisme Aliran Lahar.....                | 94  |
| VI.3. Peta Bahaya Genangan Lahar .....           | 97  |
| VI.4. Analisis Lahan Terdampak Lahar .....       | 101 |
| BAB VII.....                                     | 106 |
| KESIMPULAN .....                                 | 106 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                             | 108 |
| LAMPIRAN.....                                    | 112 |

## DAFTAR TABEL

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| <b>Tabel 1.1.</b>  | Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian ini. ....  | 9   |
| <b>Tabel 2.1.</b>  | Catatan erupsi Gunung Slamet (Kusumadinata 1979; Abdurachman dkk. 2007 dalam Pratomo dan Hendrasto, 2012). ..  | 19  |
| <b>Tabel 3.1.</b>  | Perbedaan fase aliran lahar (Smith, 1986 dalam Adityarani, 2012).....  | 31  |
| <b>Tabel 3.2.</b>  | Perbedaan endapan aliran debris, endapan aliran hiperkonsentrat, dan aliran sungai (Smith, 1986 dalam Adityarani, 2012). ....  | 34  |
| <b>Tabel 3.3.</b>  | Skala ukuran butir Wentworth (1922).....   | 35  |
| <b>Tabel 4.1.</b>  | Alat yang diperlukan dalam tahap pendahuluan penelitian.....   | 42  |
| <b>Tabel 4.2.</b>  | Bahan yang diperlukan dalam tahap pendahuluan penelitian.....  | 43  |
| <b>Tabel 4.3.</b>  | Alat yang diperlukan dalam tahap pengambilan data lapangan. ....   | 43  |
| <b>Tabel 4.4.</b>  | Bahan yang diperlukan dalam tahap pengambilan data lapangan. ....  | 45  |
| <b>Tabel 4.5.</b>  | Alat yang diperlukan dalam tahap analisis laboratorium. ....   | 45  |
| <b>Tabel 4.6.</b>  | Bahan yang diperlukan dalam tahap analisis laboratorium. ....  | 46  |
| <b>Tabel 4.7.</b>  | Alat yang diperlukan dalam tahap pemodelan aliran lahar. ....  | 46  |
| <b>Tabel 4.8.</b>  | Bahan yang diperlukan dalam tahap pemodelan aliran lahar. ....   | 47  |
| <b>Tabel 4.9.</b>  | Perhitungan nilai kemiringan lereng Lembah Guci.....   | 53  |
| <b>Tabel 4.10.</b> | Perhitungan skenario volume lahar berdasarkan sejarah erupsi Gunung Slamet. ....   | 54  |
| <b>Tabel 5.1.</b>  | Karakteristik fisik endapan lahar tua. ....  | 66  |
| <b>Tabel 5.2.</b>  | Karakteristik fisik endapan lahar muda. ....   | 66  |
| <b>Tabel 5.3.</b>  | Paremeter-parameter hasil analisis granulometri lahar tua.....   | 70  |
| <b>Tabel 5.4.</b>  | Parameter-parameter hasil analisis granulometri lahar muda.....  | 71  |
| <b>Tabel 5.5.</b>  | Hasil analisis petrografi beberapa sampel fragmen endapan lahar yang mewakili. ....  | 73  |
| <b>Tabel 5.6.</b>  | Variasi litologi penyusun fragmen endapan lahar pada setiap endapan lahar. ....  | 74  |
| <b>Tabel 5.7.</b>  | Persentase komponen penyusun matriks endapan lahar pada setiap sampel hasil ayakan ukuran 0-1 phi. ....  | 76  |
| <b>Tabel 5.8.</b>  | Hasil analisis petrografi untuk sampel matriks endapan lahar dengan tingkat kekompakan matriks sedang-tinggi.....  | 77  |
| <b>Tabel 5.10.</b> | Hasil perhitungan panjang genangan lahar dan luas area genangan lahar. ....  | 81  |
| <b>Tabel 6.1.</b>  | Luas area landaan lahar pada setiap skenario volume lahar di daerah penelitian. ....   | 98  |
| <b>Tabel 6.2.</b>  | Ketebalan genangan lahar yang dihitung berdasarkan sayatan genangan lahar pada volume 34.000 m <sup>3</sup> , 340.000 m <sup>3</sup> , 700.000 m <sup>3</sup> , 1.000.000 m <sup>3</sup> ..... | 101 |
| <b>Tabel 6.3.</b>  | Banyaknya objek wisata dan hotel/penginapan yang terdampak model aliran lahar dengan skenario volume 34.000 m <sup>3</sup> , 340.000 m <sup>3</sup> , 1.000.000 m <sup>3</sup> .....           | 102 |
| <b>Tabel 6.4.</b>  | Luas penggunaan lahan yang terlanda lahar di daerah penelitian. ....   | 104 |
| <b>Tabel 6.5.</b>  | Perhitungan risiko kerugian daerah terdampak aliran lahar di daerah penelitian. ....   | 104 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabel 7.1.</b> Perbedaan karakteristik lahar tua dan lahar muda..... | 106 |
|---|-----|

## DAFTAR GAMBAR

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Gambar 1.1.</b> | Peta Kawasan Rawan Bencana Gunung Api Slamet (digambar ulang dari Peta KRB Gunung Api Slamet PVMBG oleh Abdurachman dkk. 2006).....   | 4  |
| <b>Gambar 1.2.</b> | Peta daerah penelitian (sumber: citra Google Earth dan citra DEMNAS ( <a href="https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/">https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/</a> )). .....   | 8  |
| <b>Gambar 2.1.</b> | Peta Geologi Gunung Api Slamet oleh Sutawidjaja dkk., (1985) dalam Harijoko dkk., (2021). .....   | 12 |
| <b>Gambar 2.2.</b> | Peta Geologi Gunung Slamet (modifikasi Vukadinovic dan Sutawidjaja, 1995; Sutawidjaja dan Sukhyar, 2009). .....   | 16 |
| <b>Gambar 2.3.</b> | Peta Morfologi Gunung Api Slamet oleh Harijoko dkk., (2021) skala 1:50.000 modifikasi dari Vukadinovic dan Sutawidjaja (1995), Milla (2019), and Harijoko et al. (2020). .....  | 18 |
| <b>Gambar 2.4.</b> | Peta Geologi Lembar Purwokerto-Tegal oleh Djuri dkk. (1996). .....  | 21 |
| <b>Gambar 2.5.</b> | Hasil pemodel aliran lahar Gunung Semeru dengan menggunakan fitur Laharz oleh Hendrawan dkk. (2023). .....  | 22 |
| <b>Gambar 2.6.</b> | Model aliran lahar di Mt. La Soufrier dengan menggunakan fitur Laharz (Phillips dkk., 2024). .....  | 23 |
| <b>Gambar 3.1.</b> | Proses pergerakan partikel dalam aliran lahar (Vallance dan Iverson, 2015). .....   | 28 |
| <b>Gambar 3.2.</b> | Mekanisme fase aliran lahar (Kataoka dan Nakajo, 2004). ....  | 28 |
| <b>Gambar 3.3.</b> | Gambaran perbedaan tipe aliran material vulkaniklastik (Smith dan Lowe, 1991). .....  | 29 |
| <b>Gambar 3.4.</b> | Metode grafis (a) histogram, (b) kurva frekuensi berat kumulatif (McManus, 1988). .....   | 36 |
| <b>Gambar 3.5.</b> | Perhitungan dan klasifikasi parameter-parameter pada analisis granulometri (McManus, 1988). .....   | 36 |
| <b>Gambar 3.6.</b> | Hubungan antara cross section dengan planimetric area serta pembagian zona bahaya proksimal dan zona bahaya distal (modifikasi Iverson dkk. 1998 dalam Schilling, 2014). .....  | 39 |
| <b>Gambar 4.1.</b> | Peta sayatan morfologi Lembah Guci melalui Sungai Gung yang menjadi jalan aliran material vulkanik. ....  | 53 |
| <b>Gambar 4.2.</b> | Diagram alir proses pemodelan area genangan lahar dengan fitur Laharz. ....   | 55 |
| <b>Gambar 4.3.</b> | Skema tahap-tahap penelitian. ....  | 57 |
| <b>Gambar 5.1.</b> | Peta sebaran titik pengamatan endapan lahar di daerah penelitian. ....  | 58 |
| <b>Gambar 5.2.</b> | Kenampakan endapan lahar di titik GC03 (a) endapan lahar muda (LHM3) berada di dinding sungai sisi timur laut dan (b) endapan lahar tua (LHT3) (c) stratigrafi endapan lahar di titik GC03 menunjukkan lahar tua (LHT3) berada di |    |

|                     |   |    |
|---------------------|---|----|
|                     | lapisan bawah dengan ketebalan singkapan 3 m dan di atasnya terdapat lahar muda (LHM3) ketebalan 1 m. ....  | 60 |
| <b>Gambar 5.3.</b>  | Kenampakan endapan lahar di titik GC04 (a) singkapan di titik GC04 terdapat endapan lahar tua dan lahar muda, (b) stratigrafi endapan lahar di titik GC04 menunjukkan endapan lahar tua (LHT4) berada di lapisan bawah endapan lahar muda (LHM4). ....  | 61 |
| <b>Gambar 5.4.</b>  | Kenampakan endapan lahar di titik GC02 (a) singkapan endapan lahar muda (LHM2) dengan struktur masif (b) stratigrafi endapan lahar di titik GC02. ....  | 62 |
| <b>Gambar 5.5.</b>  | Kenampakan endapan lahar di titik GC07 (a) singkapan di titik GC07 terdapat endapan lahar tua (LHT7) dengan struktur masif (b) stratigrafi endapan lahar LHT7. ....   | 62 |
| <b>Gambar 5.6.</b>  | Kenampakan endapan lahar di titik GC05 (a) singkapan di titik GC05 terdapat produk endapan lahar tua (LHT5) dan jatuhan piroklastik (JP) (b) stratigrafi singkapan di titik GC05, yaitu endapan lahar tua di lapisan paling bawah dan di atasnya terdapat lapisan jatuhan piroklastik yang diselingi dengan lapisan tanah. .... | 63 |
| <b>Gambar 5.7.</b>  | Kenampakan endapan lahar di titik GC01 (a) singkapan di titik GC01 terdapat endapan lahar tua (LHT1) dan endapan aliran piroklastik (FL) (b) stratigrafi di titik GC01, yaitu endapan lahar berada di lapisan bawah dan di atasnya terdapat endapan aliran piroklastik. ....  | 64 |
| <b>Gambar 5.8.</b>  | Kenampakan endapan lahar di titik GC09 (a) singkapan di titik GC09 terdapat endapan lahar tua (LHT9) dan lava (LV) (b) stratigrafi di titik GC09 yaitu endapan lahar tua berada di bawah lapisan lava. ....   | 65 |
| <b>Gambar 5.9.</b>  | Histogram frekuensi persen berat setiap ukuran butir pada sampel endapan lahar beserta dengan posisi pengambilan sampel. ....   | 69 |
| <b>Gambar 5.10.</b> | Kurva frekuensi kumulatif sampel endapan lahar yang menunjukkan makin halus ukuran butir endapan lahar dari sampel LHM03M (hulu) hingga LHT09M (hilir). ....  | 69 |
| <b>Gambar 5.11.</b> | Grafik nilai parameter analisis granulometri pada sampel lahar muda. Grafik ini menunjukkan hubungan linear untuk nilai rata-rata ukuran butir, sortasi dan skewness endapan lahar muda. ....   | 72 |
| <b>Gambar 5.12.</b> | Grafik nilai parameter analisis granulometri pada sampel lahar tua. Grafik ini kurang menunjukkan hubungan linear pada setiap parameter. ....   | 72 |
| <b>Gambar 5.13.</b> | Variasi komponen penyusun matriks endapan lahar (hasil ayakan ukuran butir 0-1 phi). ....   | 76 |
| <b>Gambar 5.14.</b> | Persentase komposisi matriks endapan lahar hasil analisis petrografi. ....  | 78 |
| <b>Gambar 5.15.</b> | Hasil model area landaan lahar dengan fitur Laharz. ....  | 79 |

|                      |  |     |
|----------------------|--|-----|
| <b>Gambar 5.16.</b>  | Peta panjang genangan lahar yang dapat dibentuk oleh masing-masing skenario volume lahar. ....   | 80  |
| <b>Gambar 5.17.</b>  | Peta Kawasan Rawan Bencana Lahar Gunung Slamet. ....   | 82  |
| <b>Gambar 5. 18.</b> | Hasil model Lahar Distal Zone with Confidential Level pada volume lahar 34.000 m <sup>3</sup> . (a). Zona bahaya distal dengan tingkat kepercayaan 50 % menghasilkan area genangan lahar yang lebih sempit dan memiliki perbedaan area genangan lahar antarbatas tingkat kepercayaan yang tidak signifikan. (b). Zona bahaya distal dengan tingkat kepercayaan 99% menghasilkan area genangan lahar yang lebih luas pada batas kepercayaan atas. Lahar secara umum memodelkan area genangan lahar pada rata-rata batas kepercayaan 99%. .... | 83  |
| <b>Gambar 6.1.</b>   | Sayatan morfologi titik-titik endapan lahar tua beserta gambaran stratigrafinya untuk melihat hubungan antarendapan lahar. ....  | 86  |
| <b>Gambar 6.2.</b>   | Sayatan morfologi titik-titik endapan lahar muda beserta gambaran stratigrafinya untuk melihat hubungan antarendapan lahar. ....   | 92  |
| <b>Gambar 6.3.</b>   | Posisi area penelitian terhadap zona bahaya proksimal (area sumber material lahar) dan zona bahaya distal (area lahar terbentuk). ....   | 96  |
| <b>Gambar 6.4.</b>   | Peta area genangan lahar di daerah penelitian. Lahar dengan volume terkecil, 34.000 m <sup>3</sup> , sudah mampu mengenai Kawasan Wisata Guci. ....  | 98  |
| <b>Gambar 6.5.</b>   | Peta posisi sayatan genangan lahar untuk menentukan tinggi genangan lahar. ....  | 99  |
| <b>Gambar 6.6.</b>   | Sayatan morfologi Lembah Guci untuk mengetahui ketinggian genangan lahar pada volume 34.000 m <sup>3</sup> , 340.000 m <sup>3</sup> , 700.000 m <sup>3</sup> , 1.000.000 m <sup>3</sup> . ....   | 100 |
| <b>Gambar 6.7.</b>   | Peta sebaran titik-titik objek wisata dan hotel/penginapan terhadap peta bahaya lahar. Banyak objek wisata dan penginapan yang terdampak aliran lahar. Volume lahar terkecil yang dimodelkan sudah mampu mengenai objek wisata dan hotel. ....   | 102 |
| <b>Gambar 6.8.</b>   | Peta landaan lahar terhadap tutupan lahan saat ini. Lahar mampu melanda area wisata, hutan dan semak belukar, dan lahan pertanian yang berada pada lembah Sungai Gung. ....  | 103 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| <b>Lampiran 1.</b> | Gambaran posisi stratigrafi dan singkapan endapan lahar di daerah penelitian.....      | 113 |
| <b>Lampiran 2.</b> | Data persentase berat butir ayakan sampel matriks endapan lahar tua. ....              | 114 |
| <b>Lampiran 3.</b> | Data persentase berat butir ayakan sampel matriks endapan lahar muda. ....             | 115 |
| <b>Lampiran 4.</b> | Statistik granulometri setiap interval.....  | 116 |
| <b>Lampiran 5.</b> | Analisis variasi komponen matriks endapan lahar pada sampel ayakan ukuran 0-1 phi..... | 122 |
| <b>Lampiran 6.</b> | Analisis petrografi sampel fragmen endapan lahar. ....                                 | 123 |
| <b>Lampiran 7.</b> | Analisis petrografi matriks endapan lahar.....   | 139 |