

**SKRIPSI**

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN LONGSOR  
MENGUNAKAN METODE KINEMATIK DAN FUZZY LOGIC  
DAERAH GIYOMBONG DAN SEKITARNYA KABUPATEN  
PURWOREJO, PROVINSI JAWA TENGAH**


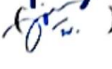


Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)  
Pada Program Studi Teknik Geologi  
Universitas Sriwijaya

Oleh:  
Muhammad Akbar Sudrajat  
03071181621009

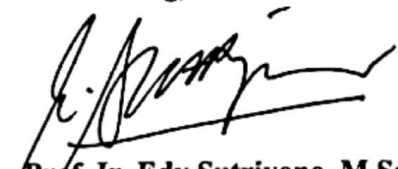
**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN


1. Judul Penelitian : Analisis Tingkat Kerawanan Longsor menggunakan Metode Kinematik dan *Fuzzy Logic* Daerah Giyombong dan Sekitarnya, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah
2. Biodata Peneliti
  - a. Nama : Muhammad Akbar Sudrajat
  - b. Jenis kelamin : Laki-laki
  - c. NIM : 03071181621009
  - d. Alamat Tinggal : Jalan Raya Palembang - Kayuagung Pemandokan Citra Blok 16 D Indralaya Utara, Ogan Ilir
  - e. Nomor HP : +6282282416840
3. Nama Penguji
  - a. Nama Penguji I : Budhi Setiawan, S.T., M.T., Ph.D. (  )
  - b. Nama Penguji II : Stevanus Nalendra Jati S.T., M.T. (  )
4. Jangka Waktu Penelitian : 1 (satu) bulan
  - a. Persetujuan lapangan : 1 Juli 2019
  - b. Sidang sarjana : 4 Oktober 2021
5. Pendanaan
  - a. Sumber dana : Mandiri
  - b. Besar dana : Rp. 6.500.000,00

Indralaya, 28 Oktober 2021

**Menyetujui,**  
Pembimbing,

  
**Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc. Ph.D.**  
NIP 195812261988111001

Peneliti,

  
**Muhammad Akbar Sudrajat**  
NIM 03071181621009

**Menyetujui,**  
Koordinator Program Studi Teknik Geologi,

  
**Elisabet Dwi Mayasari, S.T., M.T.**  
NIP 198705252014042001

## UCAPAN TERIMAKASIH

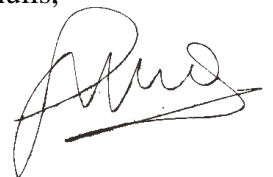
Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan rahmat dan ampunan kepada tiap hambanya sehingga penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir (TA) ini. Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc. Ph.D. , selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu, ilmu dan arahan terhadap studi ini kepada penulis. Dalam penyelesaian laporan ini, penulis kembali mengucapkan terima kasih atas segala bantuan, bimbingan, dan dukungannya kepada:

1. Elisabet Dwi Mayasari, S.T., M.T. sebagai Ketua Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
2. Segenap dosen dan staf tata usaha Program Studi Teknik Geologi yang telah memberikan ilmu dan membantu mengurus berbagai berkas yang dibutuhkan.
3. Masyarakat Kecamatan Bruno yang telah memberikan perizinan dan menyediakan penginapan Serta membantu kelancaran kegiatan pengambilan data lapangan.
4. Teman-teman Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya angkatan 2016 yang selalu memberikan semangat dan dukungannya, serta teman seperjuangan pemetaan “Bruno Team” Aulia, Fanes dan Selvi yang telah berjuang bersama dalam suka dan duka saat sebelum hingga setelah dilakukannya observasi pemetaan.
5. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Geologi (HMTG) “Sriwijaya”.
6. Para penghuni “Kontrakan Bejo”, Andi, Deri, Dio, Fikry dan Ivan yang telah menjadi rekan diskusi segala permasalahan di kehidupan perkuliahan serta memberikan pengalaman maupun kenangan sepanjang perkuliahan.
7. Lisma Diana yang menjadi komitmen, motivasi, semangat dan rekan diskusi sejati bagi penulis sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik
8. Kedua orang tua tercinta, Bapak Prayugo dan Ibu R.A Fadhillah, beserta adik saya terkasih Nasywa Anindya yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa kepada penulis demi kelancaran penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat-Nya kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan kepada penulis. Menyadari jauhnya manusia dari kesempurnaan, begitu pula dalam penulisan laporan ini yang masih terdapat banyak kekurangan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk dapat menyempurnakan penulisan tugas akhir ini. Harapan penulis, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah khazanah ilmu pengetahuan bagi yang membacanya

Indralaya, 28 Oktober 2021

Penulis,



Muhammad Akbar Sudrajat  
NIM, 03071181621009

## PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah tugas akhir ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah tugas akhir ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia laporan tugas akhir ini digugurkan dan tidak diluluskan pada mata kuliah tugas akhir, serta di proses sesuai dengan peraturan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70).

Indralaya, 28 Oktober 2021



Muhammad Akbar Sudrajat  
NIM 03071181621009



**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN LONGSOR  
MENGUNAKAN METODE KINEMATIK DAN FUZZY LOGIC  
DAERAH GIYOMBONG DAN SEKITARNYA KABUPATEN  
PURWOREJO, PROVINSI JAWA TENGAH**

Muhammad Akbar Sudrajat  
03071181621009  
Universitas Sriwijaya

**ABSTRAK**

Penelitian tugas akhir menggunakan metode kinematik dan *fuzzy logic* telah dilakukan di Desa Giyombong dan sekitarnya, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. Penelitian kinematik bertujuan untuk mengidentifikasi tipe longsor yang terbentuk akibat diskontinuitas kekar. Hasil analisis kinematik didapatkan tiga tipe longsor yang berbeda pada daerah penelitian yaitu, tipe longsor bidang berada di Desa Giyombong, Mergolangu dan Medono, lalu tipe longsor busur terdapat di Desa Dempel dan Tirip serta tipe longsor membaji berada di Desa Watuduwur yang mana setiap titik longsor menjadi acuan dalam penentuan nilai sampel penilaian *fuzzy*. Analisis *fuzzy* berfungsi untuk menentukan persebaran tingkat kerawanan longsor dengan menggunakan pendekatan kuantitatif berupa persamaan matematis sederhana diolah melalui sistem komputasi. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kemiringan lereng, elevasi morfologi, tutupan lahan, curah hujan, jenis batuan dan jenis tanah. Hasil analisis data lapangan yang diintegrasikan dengan pengolahan komputasi melalui perangkat lunak *ArcGIS* menunjukkan daerah studi memiliki 3 kelas potensi kerawanan longsor antara lain kerawanan rendah bernilai rentang (3.40 – 4.50%) dengan luas persebaran 12.576 Km<sup>2</sup>, lalu tingkat kerawanan sedang bernilai rentang (4.50 – 5.40%) dengan luas persebaran 51.306 Km<sup>2</sup>, serta tingkat kerawanan tinggi bernilai rentang (5.40 – 7.00%) dengan luas persebaran 17.118 Km<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** Analisis *fuzzy logic*, kinematik, kekar, longsor

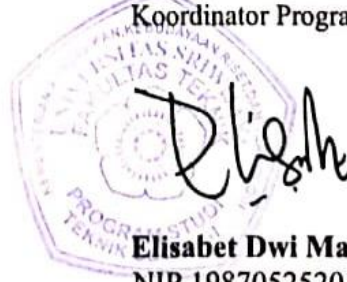
Indralaya, 28 Oktober 2021

**Menyetujui,**  
Pembimbing,



**Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc. Ph.D.**  
NIP 195812261988111001

**Mengetahui,**  
Koordinator Program Studi Teknik Geologi



**Elisabet Dwi Mayasari, S.T., M.T**  
NIP 198705252014042001

**ANALYSIS LEVEL OF LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY  
USING KINEMATIC METHODS AND FUZZY LOGIC IN  
GIYOMBONG AND SURROUNDING AREAS, PURWOREJO  
DISTRICT, CENTRAL JAVA PROVINCE**

Muhammad Akbar Sudrajat  
03071181621009  
Universitas Sriwijaya

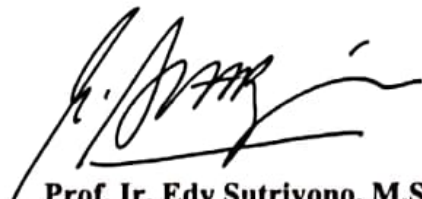
**ABSTRACT**

*This research using kinematic and fuzzy logic methods has been conducted in Giyombong Village and surrounding areas, Purworejo Regency, Central Java Province. Kinematic research aims to identify the type of landslide that is formed due to joint discontinuity. The results of the kinematic analysis obtained three different types of landslides in the study area, namely, the type of field landslide in the villages of Giyombong, Mergolangu and Medono, then the type of arc landslide in the villages of Dempel and Tirip and the wedge type of landslide in the village of Watuduwur where every point of the landslide becomes reference in determining the value of the fuzzy assessment sample. Fuzzy logic research at this location is intended to identify the level of landslide insecurity and analyze the spread of landslide insecurity using a quantitative approach simple mathematical equations processed through computational systems. The parameters used in the study include slope, morphological elevation, land cover, rainfall, rock type and soil type. The results of field data analysis integrated with computational processing through ArcGIS software showed that the study area had 3 classes of landslide insecurity potential, among others, low-value vulnerability range (3.40 - 4.50%) with a distribution area of 12.576 Km<sup>2</sup>, then the level of vulnerability is worth the range (4.50 - 5.40%) with a distribution area of 51.306 Km<sup>2</sup>, as well as a high level of vulnerability worth the range (5.40 - 7.00%) with a distribution area of 17,118 Km<sup>2</sup>.*

*Keywords: Fuzzy logic analysis, kinematics, joint, landslide*

Indralaya, 28 Oktober 2021

**Menyetujui,**  
Pembimbing,



**Prof. Ir. Edy Sutriyono, M.Sc. Ph.D.**  
NIP 195812261988111001

**Mengetahui,**  
Koordinator Program Studi Teknik Geologi



**Elisabet Dwi Mayasari, S.T., M.T**  
NIP 198705252014042001

## DAFTAR ISI

|   |           |
|---|-----------|
| Halaman Judul.....  | i         |
| Halaman Pengesahan .....                                      | ii        |
| Ucapan Terimakasih.....                                       | iii       |
| Halaman Pernyataan Orisinalitas Pemetaan Geologi.....         | iv        |
| Abstrak .....   | v         |
| Daftar Isi.....   | vii       |
| Daftar Gambar.....  | ix        |
| Daftar Tabel .....  | xi        |
| Daftar Lampiran .....   | xii       |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                                 | <b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang .....                                      | 1         |
| 1.2 Maksud dan Tujuan.....                                    | 2         |
| 1.3 Rumusan Masalah .....                                     | 3         |
| 1.4 Batasan Masalah .....                                     | 3         |
| 1.5 Lokasi dan Kesampaian Daerah Telitian .....               | 3         |
| <b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>                             | <b>5</b>  |
| 2.1 Tanah longsor .....                                       | 5         |
| 2.1.1 Faktor terjadinya longsor .....                         | 5         |
| A. Geomorfologi.....  | 5         |
| B. Kemiringan lereng .....                                    | 6         |
| C. Kondisi geologi.....                                       | 7         |
| D. Kondisi jenis tanah dan batuan penyusun lereng.....        | 7         |
| E. Curah hujan.....   | 8         |
| F. Tata guna lahan.....                                       | 8         |
| 2.1.2 Klasifikasi Longsor.....                                | 9         |
| 2.2 Sistem Informasi Geografis.....                           | 10        |
| 2.2.1 Komponen Sistem Informasi Geografis.....                | 11        |
| 2.2.2 Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis .....            | 12        |
| 2.3 Metode penentuan kerawanan longsor dan tipe longsor ..... | 12        |
| 2.3.1 Metode <i>Fuzzy Logic</i> .....                         | 13        |
| 2.3.1.1 <i>Sistem Fuzzy</i> .....                             | 13        |
| 2.3.1.2 <i>Membership function</i> .....                      | 14        |
| 2.3.1.3 Operasi dasar himpunan.....                           | 17        |
| 2.3.2 Metode Kinematik.....                                   | 18        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>                     | <b>20</b> |
| 3.1 Tahap pendahuluan.....                                    | 20        |
| 3.2 Tahap pengumpulan data.....                               | 21        |
| 3.2.1 Data primer.....  | 21        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.2.2 Data sekunder.....   | 23        |
| 3.3 Tahap pengolahan dan analisis.....                               | 24        |
| 3.3.2 Analisis laboratorium.....                                     | 24        |
| 3.3.2 Analisis studio.....   | 26        |
| 3.3.3 Analisis <i>fuzzy logic</i> .....                              | 27        |
| 3.3.4 Analisis kinematik.....  | 37        |
| 3.4 Penyajian laporan Tugas Akhir.....                               | 40        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>                              | <b>41</b> |
| 4.1 Geologi lokal.....   | 41        |
| 4.1.1 Geomorfologi.....  | 42        |
| A. Perbukitan Tinggi Lipatan lereng landai – sangat curam.....       | 42        |
| B. Perbukitan Tinggi Lipatan terdenudasi lereng miring – agak curam. | 43        |
| C. perbukitan terdenudasi berlereng landai – agak curam.....         | 44        |
| 4.1.2 Stratigrafi.....   | 45        |
| A. Formasi Penosogan.....  | 45        |
| B. Formasi Halang.....   | 46        |
| C. Formasi Peniron.....  | 47        |
| 4.1.3 Struktur geologi.....  | 48        |
| A. Struktur lipatan.....   | 49        |
| B. Struktur sesar.....   | 50        |
| 4.2 Analisis longsor daerah penelitian.....                          | 50        |
| 4.2.1 Analisis kinematik longsor.....                                | 52        |
| A. Analisis kinematik lokasi pengamatan longsor 1 .....              | 53        |
| B. Analisis kinematik lokasi pengamatan longsor 2 .....              | 54        |
| C. Analisis kinematik lokasi pengamatan longsor 3 .....              | 56        |
| D. Analisis kinematik lokasi pengamatan longsor 4 .....              | 58        |
| E. Analisis kinematik lokasi pengamatan longsor 5 .....              | 60        |
| F. Analisis kinematik lokasi pengamatan longsor 6 .....              | 62        |
| 4.2.2 Analisis <i>fuzzy logic</i> .....                              | 64        |
| 4.2.2.1 <i>Fuzzy database</i> .....                                  | 64        |
| 4.2.2.2 <i>Fuzzifikasi</i> .....                                     | 71        |
| 4.2.2.3 <i>Defuzzifikasi</i> .....                                   | 84        |
| 4.2.2.4 <i>Rule base fuzzy</i> .....                                 | 87        |
| 4.3 Diskusi.....   | 90        |
| <b>BAB V KESIMPULAN.....</b>   | <b>93</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>  | <b>xv</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>  |           |



## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 1.1  | Peta kesampaian lokasi penelitian di Daerah Giyombong dan sekitarnya Kecamatan Bruno, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah..... | 4  |
| Gambar 2.1  | Gaya pengontrol dalam kelerengan (Karnawati, 2007).....  | 6  |
| Gambar 2.2  | Fisiografi Pulau Jawa pada bagian Jawa Tengah (Van Bemmelen, 1949 dalam Kusumayudha 2019).....                                       | 7  |
| Gambar 2.3  | Klasifikasi Longsor (Highland Johnshon, 2004 dalam Indriani 2017).....   | 9  |
| Gambar 2.4  | Faktor dan komponen Longsor (Karnawati, 2007 dalam Purba 2014)...  | 10 |
| Gambar 2.5  | Komponen Sistem Informasi Geografis (SIG) (Prahasta, 2009 dalam Rahmawati, 2017).....  | 11 |
| Gambar 2.6  | Konsep Logika <i>Fuzzy</i> Kusumadewi (2013).....  | 13 |
| Gambar 2.7  | Komponen sistem <i>Fuzzy</i> Kusumadewi (2013) .....   | 13 |
| Gambar 2.8  | Pembagian tipe kurva <i>membership function</i> Kusumadewi (2013) .....  | 14 |
| Gambar 2.9  | Jenis kurva linear naik Kusumadewi (2013).....   | 14 |
| Gambar 2.10 | Persamaan <i>membership function</i> kurva naik Kusumadewi (2013).....   | 15 |
| Gambar 2.11 | Jenis kurva Linear Turun Kusumadewi (2013).....  | 15 |
| Gambar 2.12 | Persamaan <i>membership function</i> kurva turun Kusumadewi (2013) .....   | 15 |
| Gambar 2.13 | Jenis kurva segitiga Kusumadewi (2013).....  | 16 |
| Gambar 2.14 | Persamaan <i>membership function</i> kurva segitiga Kusumadewi (2013) .....  | 16 |
| Gambar 2.15 | Jenis kurva trapesium Kusumadewi (2013).....   | 16 |
| Gambar 2.16 | Persamaan <i>membership function</i> kurva trapesium Kusumadewi (2013)...  | 17 |
| Gambar 2.17 | Jenis operasi himpunan <i>fuzzy</i> Kusumadewi (2013) .....  | 17 |
| Gambar 2.18 | Tipe longsor kinematik (Hoek dan Bray, 1981 dalam Redesa 2020) .....   | 18 |
| Gambar 3.1  | Diagram alir penelitian.....   | 20 |
| Gambar 3.2  | Komponen pengukuran kekar .....  | 22 |
| Gambar 3.3  | Metode Hukum V dalam penarikan jenis batuan.....   | 23 |
| Gambar 3.4  | Klasifikasi batuan sedimen (Pettijohn, 1975) .....   | 24 |
| Gambar 3.5  | Klasifikasi batuan sedimen karbonat (Dunham, 1962).....  | 25 |
| Gambar 3.6  | Klasifikasi batuan piroklastik berdasarkan tipe dari material penyusunnya (Fisher, 1984) .....                                       | 25 |
| Gambar 3.7  | Klasifikasi batuan beku (Streckeisen, 1976). .....   | 26 |
| Gambar 3.8  | Tahapan pengolahan <i>Fuzzy Inference System</i> (Kusumadewi, 2004 dalam Arifin, 2015) .....   | 27 |
| Gambar 3.9  | <i>Fuzzy</i> database parameter longsor daerah penelitian .....  | 27 |
| Gambar 3.10 | Tahapan alur <i>fuzzifikasi</i> Kusumadewi (2013).....   | 32 |
| Gambar 3.11 | Implikasi kurva <i>fuzzy</i> (Kusumadewi (2013) .....  | 32 |
| Gambar 3.12 | Komposisi aturan nilai sampel parameter longsor .....  | 32 |
| Gambar 3.13 | Titik rumus normalisasi data nilai sampel (Demirici, 2000) .....   | 33 |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 3.14 | Jenis operasi dasar himpunan <i>fuzzy</i> .....   | 33 |
| Gambar 3.15 | Langkah pengolahan <i>Fuzzy Membership</i> pada ArcGIS 10.6.1.....                                      | 36 |
| Gambar 3.16 | Langkah input data <i>Overlay Fuzzy</i> pada ArcGIS 10.6.1.....   | 36 |
| Gambar 3.17 | Kenampakan longsor yang dipengaruhi struktur kekar .....  | 37 |
| Gambar 3.18 | Tampilan awal perangkat lunak <i>Rock Science Dips v. 5.1</i> .....                                     | 37 |
| Gambar 3.19 | Proses pengaturan format kedudukan kekar .....  | 38 |
| Gambar 3.20 | Representasi persebaran data kedudukan kekar melalui <i>tools pole plot</i> ...                         | 38 |
| Gambar 3.21 | Representasi data <i>contour plot</i> dan proses identifikasi kinematika longsor ..                     | 39 |
| Gambar 3.22 | Hasil akhir tahapan analisis kinematik longsor .....  | 39 |
| Gambar 4.1  | Peta Lintasan pengamatan lokasi penelitian .....  | 41 |
| Gambar 4.2  | Peta Geomorfologi lokasi penelitian .....   | 42 |
| Gambar 4.3  | Kenampakan relief perbukitan tinggi lipatan berlereng landai – sangat curam di Desa Giyombong .....     | 43 |
| Gambar 4.4  | Kenampakan relief perbukitan tinggi lipatan terdenudasi berlereng miring – curam di Desa Penerusan..... | 43 |
| Gambar 4.5  | Kenampakan relief perbukitan terdenudasi berlereng landai – agak curam di Desa Brondong .....           | 44 |
| Gambar 4.6  | Kenampakan longsor di beberapa titik pengamatan daerah penelitian.....                                  | 44 |
| Gambar 4.7  | Kolom stratigrafi daerah penelitian .....   | 45 |
| Gambar 4.8  | Singkapan Satuan Batupasir Formasi Penosogan di Desa Medono.....  | 45 |
| Gambar 4.9  | Singkapan Satuan Batupasir Formasi Halang di Desa Brondong.....   | 46 |
| Gambar 4.10 | Singkapan Satuan Batulempung Formasi Halang di Desa Kalialang .....                                     | 47 |
| Gambar 4.11 | Singkapan Satuan Breksi Formasi Halang di Kali Gede.....  | 47 |
| Gambar 4.12 | Peta geologi daerah penelitian.....   | 48 |
| Gambar 4.13 | Rekonstruksi penampang geologi daerah penelitian .....  | 48 |
| Gambar 4.14 | Bagan alur pembahasan studi khusus .....  | 51 |
| Gambar 4.15 | Peta lokasi penelitian dan titik longsor studi khusus.....  | 51 |
| Gambar 4.16 | Tipe kinematika longsor menurut Hoek dan Bray (1981).....   | 52 |
| Gambar 4.17 | Titik longsor dan Geometri longsor di Desa Giyombong .....  | 53 |
| Gambar 4.18 | Persebaran arah pola <i>joint</i> set lokasi pengamatan 1.....  | 54 |
| Gambar 4.19 | Hasil analisis kinematik proyeksi stereografi lokasi pengamatan 1 .....                                 | 54 |
| Gambar 4.20 | Titik longsor dan Geometri longsor di Desa Mergolangu .....   | 55 |
| Gambar 4.21 | Persebaran arah pola <i>joint</i> set lokasi pengamatan 2.....  | 55 |
| Gambar 4.22 | Hasil analisis kinematik proyeksi stereografi lokasi pengamatan 2 .....                                 | 56 |
| Gambar 4.23 | Titik longsor dan Geometri longsor di Desa Medono .....   | 56 |
| Gambar 4.24 | Persebaran arah pola <i>joint</i> set lokasi pengamatan 3 .....   | 57 |
| Gambar 4.25 | Hasil analisis kinematik proyeksi stereografi lokasi pengamatan 3.....                                  | 58 |
| Gambar 4.26 | Titik longsor dan Geometri longsor di Desa Tirip .....  | 58 |
| Gambar 4.27 | Persebaran arah pola <i>joint</i> set lokasi pengamatan 4 .....   | 59 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.28 Hasil analisis kinematik proyeksi stereografi lokasi pengamatan 4.....  | 59 |
| Gambar 4.29 Titik longsor dan Geometri longsor di Desa Watuduwur .....  | 60 |
| Gambar 4.30 Persebaran arah pola <i>joint</i> set lokasi pengamatan 5.....  | 61 |
| Gambar 4.31 Hasil analisis kinematik proyeksi stereografi lokasi pengamatan 5 .....   | 61 |
| Gambar 4.32 Titik longsor dan Geometri longsor di Desa Dempel .....   | 82 |
| Gambar 4.33 Persebaran arah pola <i>joint</i> set lokasi pengamatan 6.....  | 63 |
| Gambar 4.34 Hasil analisis kinematik proyeksi stereografi lokasi pengamatan 6.....  | 63 |
| Gambar 4.35 <i>Fuzzy Inference System</i> Kusumadewi (2013) .....   | 64 |
| Gambar 4.36 <i>Fuzzy database</i> parameter longsor daerah penelitian .....   | 64 |
| Gambar 4.37 Peta kemiringan lereng daerah penelitian (Widyatmanti, <i>et al.</i> , 2016) .....                                  | 65 |
| Gambar 4.38 Peta elevasi daerah penelitian (Widyatmanti, <i>et al.</i> , 2016).....   | 66 |
| Gambar 4.39 Peta tutupan lahan daerah penelitian (Arief, 2016).....   | 67 |
| Gambar 4.40 Peta curah hujan daerah penelitian (BMKG, 2020).....  | 68 |
| Gambar 4.41 Peta jenis batuan daerah penelitian (Sudrajat 2020).....  | 69 |
| Gambar 4.42 Peta jenis tanah daerah penelitian (Sobirin, 2013) .....  | 70 |
| Gambar 4.43 Alur <i>fuzzifikasi</i> Kusumadewi (2013) .....   | 71 |
| Gambar 4.44 Implikasi kurva sistem <i>fuzzy</i> kemiringan lereng.....  | 71 |
| Gambar 4.45 Komposisi aturan nilai sampel kemiringan lereng.....  | 72 |
| Gambar 4.46 Hasil representasi derajat keanggotaan kemiringan lereng Lp 3 dan Lp 6  | 72 |
| Gambar 4.47 Hasil representasi derajat keanggotaan kemiringan lereng Lp 1,2,4 & 5 ..  | 73 |
| Gambar 4.48 Operasi himpunan sistem <i>fuzzy</i> kemiringan lereng.....   | 73 |
| Gambar 4.49 Implikasi kurva sistem <i>fuzzy</i> elevasi morfologi .....   | 74 |
| Gambar 4.50 Komposisi aturan nilai sampel elevasi morfologi.....  | 74 |
| Gambar 4.51 Hasil representasi derajat keanggotaan elevasi morfologi setiap titik<br>pengamatan longsor daerah penelitian ..... | 75 |
| Gambar 4.52 Operasi himpunan sistem <i>fuzzy</i> elevasi morfologi.....   | 75 |
| Gambar 4.53 Implikasi kurva sistem <i>fuzzy</i> tutupan lahan.....  | 76 |
| Gambar 4.54 Komposisi aturan nilai sampel tutupan lahan .....   | 76 |
| Gambar 4.55 Hasil representasi derajat keanggotaan tutupan lahan setiap titik longsor   | 77 |
| Gambar 4.56 Operasi himpunan sistem <i>fuzzy</i> tutupan lahan .....  | 77 |
| Gambar 4.57 Implikasi kurva sistem <i>fuzzy</i> curah hujan.....  | 78 |
| Gambar 4.58 Komposisi aturan nilai sampel curah hujan .....   | 78 |
| Gambar 4.59 Hasil representasi derajat keanggotaan curah hujan setiap titik pengamatan<br>longsor daerah penelitian.....        | 79 |
| Gambar 4.60 Operasi himpunan sistem <i>fuzzy</i> curah hujan.....   | 79 |
| Gambar 4.61 Implikasi kurva sistem <i>fuzzy</i> jenis batuan. ....  | 80 |
| Gambar 4.62 Komposisi aturan nilai sampel jenis batuan .....  | 80 |
| Gambar 4.63 Hasil representasi derajat keanggotaan jenis batuan Lp 1,2,3,4 dan 5 .....  | 80 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.64 | Hasil representasi derajat keanggotaan jenis batuan Lp 6.....  | 80 |
| Gambar 4.65 | Operasi himpunan sistem <i>fuzzy</i> jenis tanah.....  | 81 |
| Gambar 4.66 | Implikasi kurva sistem <i>fuzzy</i> jenis tanah .....  | 82 |
| Gambar 4.67 | Komposisi aturan nilai sampel jenis tanah.....   | 82 |
| Gambar 4.68 | Hasil representasi derajat keanggotaan jenis tanah setiap titik pengamatan<br>longsor daerah penelitian..... | 83 |
| Gambar 4.69 | Operasi himpunan sistem <i>fuzzy</i> jenis tanah .....   | 83 |
| Gambar 4.70 | Proses <i>overlay</i> peta seluruh parameter longsor .....   | 88 |
| Gambar 4.71 | Peta kerawanan longsor daerah penelitian .....   | 89 |
| Gambar 4.72 | Perbandingan luasan tingkat kerawanan longsor daerah penelitian .....  | 89 |

## DAFTAR TABEL

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabel 1.1  | Koordinat daerah penelitian (UTM).....  | 3  |
| Tabel 3.1  | Sistem <i>fuzzy</i> parameter kemiringan lereng.....                                    | 28 |
| Tabel 3.2  | Sistem <i>fuzzy</i> parameter elevasi morfologi.....                                    | 28 |
| Tabel 3.3  | Sistem <i>fuzzy</i> parameter tutupan lahan.....  | 29 |
| Tabel 3.4  | Sistem <i>fuzzy</i> parameter curah hujan.....  | 30 |
| Tabel 3.5  | Sistem <i>fuzzy</i> parameter jenis batuan.....   | 30 |
| Tabel 3.6  | Sistem <i>fuzzy</i> parameter jenis tanah.....  | 31 |
| Tabel 3.7  | Variabel <i>output fuzzy</i> (T.Sutojo, et.al., 2011).....                              | 34 |
| Tabel 3.8  | Aturan ( <i>Rules</i> ) <i>Fuzzy</i> parameter longsor setiap lokasi pengamatan.....    | 35 |
| Tabel 4.1  | Data pengukuran kinematik lokasi pengamatan 1.....                                      | 53 |
| Tabel 4.2  | Data pengukuran kinematik lokasi pengamatan 2.....                                      | 55 |
| Tabel 4.3  | Data pengukuran kinematik lokasi pengamatan 3.....                                      | 57 |
| Tabel 4.4  | Data pengukuran kinematik lokasi pengamatan 4.....                                      | 59 |
| Tabel 4.5  | Data pengukuran kinematik lokasi pengamatan 5.....                                      | 61 |
| Tabel 4.6  | Data pengukuran kinematik lokasi pengamatan 6.....                                      | 63 |
| Tabel 4.7  | <i>Fuzzy database</i> variabel kemiringan lereng.....                                   | 65 |
| Tabel 4.8  | <i>Fuzzy database</i> variabel elevasi morfologi.....                                   | 66 |
| Tabel 4.9  | <i>Fuzzy database</i> variabel tutupan lahan.....                                       | 67 |
| Tabel 4.10 | <i>Fuzzy database</i> variabel curah hujan.....   | 68 |
| Tabel 4.11 | <i>Fuzzy database</i> variabel jenis batuan.....  | 69 |
| Tabel 4.12 | <i>Fuzzy database</i> variabel jenis tanah.....   | 70 |
| Tabel 4.13 | Nilai keanggotaan kemiringan lereng seluruh lokasi pengamatan.....                      | 72 |
| Tabel 4.14 | Nilai keanggotaan elevasi morfologi seluruh lokasi pengamatan.....                      | 74 |
| Tabel 4.15 | Nilai keanggotaan tutupan lahan seluruh lokasi pengamatan.....                          | 76 |
| Tabel 4.16 | Nilai keanggotaan curah hujan seluruh lokasi pengamatan.....                            | 78 |
| Tabel 4.17 | Nilai keanggotaan jenis batuan seluruh lokasi pengamatan.....                           | 80 |
| Tabel 4.18 | Nilai keanggotaan jenis tanah seluruh lokasi pengamatan.....                            | 82 |
| Tabel 4.19 | Nilai parameter <i>input</i> seluruh lokasi pengamatan longsor.....                     | 83 |
| Tabel 4.20 | Variabel <i>output fuzzy</i> (T.Sutojo, et.al., 2011).....                              | 84 |
| Tabel 4.21 | Tabulasi hasil <i>defuzzifikasi</i> setiap titik pengamatan longsor.....                | 87 |
| Tabel 4.22 | Aturan ( <i>Rules</i> ) <i>Fuzzy</i> nilai sampel seluruh lokasi pengamatan longsor.... | 87 |
| Tabel 4.23 | Persebaran luasan tingkat kerawanan longsor daerah penelitian.....                      | 90 |
| Tabel 4.24 | <i>Summary</i> hasil analisis kinematik.....  | 91 |



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A. Peta Tingkat Kerawanan Longsor

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Pada bab ini merupakan tahapan dari beberapa komponen yang menjadi kerangka dalam membangun gagasan penelitian tugas akhir. Pembahasan ini dimulai dari latar belakang, maksud tujuan, rumusan masalah, batasan masalah dan lokasi kesampaian penelitian. Latar belakang mendeskripsikan penyebab penelitian diperkuat dengan penjelasan keadaan geologi yang telah dilakukan pemetaan dan observasi lapangan sebelumnya. Maksud dan tujuan akan memberikan gambaran hasil penelitian. Rumusan masalah berisi mengenai pokok permasalahan pada penelitian yang akan dijelaskan pada bagian tujuan hingga kesimpulan. Batasan masalah penelitian berupa luasan penelitian, letak administratif penelitian hingga metode penelitian. Kesampaian daerah penelitian menjelaskan mengenai estimasi, jarak tempuh yang ditempuh serta aksesibilitas menuju lokasi penelitian. Setiap tahapan tersebut bertujuan untuk merencanakan dan merumuskan studi penelitian agar berjalan dengan baik.

### **1.1. Latar Belakang**

Penelitian ini didasari dari studi lanjutan pemetaan geologi dan observasi lapangan yang dilaksanakan sebelumnya. Terdapat beberapa lokasi pengamatan longsor dengan dicirikan material tanah, vegetasi dan batuan mulai mengalami degradasi menyebabkan batuan pada tebing melapuk hingga terkikis serta munculnya mata air baru setelah hujan akibat masuknya air pada retakan dinding lereng berarah sejajar dengan tebing. Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Jawa Tengah mencatat adanya 504 bencana tanah longsor yang tersebar di 27 kabupaten selama Januari - Desember 2019. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis dalam melakukan studi mengenai analisis tingkat kerawanan longsor di daerah penelitian.

Secara administratif lokasi penelitian berada daerah Giyombong, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. Wilayah penelitian termasuk daerah yang berpotensi akan terjadinya bencana tanah longsor dikarenakan keadaan Geologi yang berada di zona fisiografi Jawa Tengah dan termasuk dalam Zona Kubah dan Perbukitan dalam Depresi Sentral yang memiliki lereng agak curam – sangat curam. Selain itu faktor tingkat kepadatan penduduk dan penggunaan lahan di sekitar lereng yang tidak sesuai regulasi keamanan dapat meningkatkan ketidakstabilan tanah dan menyebabkan longsor.

Menurut Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan (2009), terjadinya longsor disebabkan oleh keseimbangan lereng sehingga terjadi pergerakan massa batuan akibat agradasi dan degradasi tanah topografi tinggi ke elevasi rendah. Menurut Arsyad (2010), longsor terjadi bila terpenuhinya tiga keadaan antara lain tidak seimbang lereng dan memiliki faktor kemiringan lereng curam sehingga memiliki bidang luncur, lalu yang kedua terdapat lapisan bawah permukaan tanah yang semi permeabel serta keadaan ketiga berupa terdapat cukup air untuk memenuhi tanah di atas bidang luncur. Umumnya bencana longsor yang sering terjadi di Indonesia memiliki intensitas kecil hingga besar yang disebabkan faktor alam dan faktor aktivitas. Faktor alam berupa keadaan morfologi yang beragam, jenis batuan, jenis tanah hingga

intensitas curah hujan yang berbeda di masing-masing daerah. Sedangkan faktor aktivitas manusia berupa penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan regulasi keamanan, penebangan pohon secara masif serta minimnya daerah resapan air ataupun aliran *drainase* yang baik. Selain itu, perlunya edukasi dan pemahaman kepada masyarakat yang tinggal di daerah rawan bencana mengenai potensi kerawanan longsor dapat meningkatkan upaya antisipasi serta mitigasi bencana longsor. Upaya tersebut diharapkan dapat meminimalisir kerugian dan kerusakan akibat bencana longsor seperti kerugian lahan pertanian, perkebunan, ekonomi, hingga korban jiwa.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan jumlah kerugian material ataupun menghindari korban jiwa yang lebih besar adalah dengan melakukan pemetaan tingkat kerawanan longsor. Menurut Suhadirman (2012), Peta kerawanan longsor merupakan bagian dari peringatan dini dari bahaya dan risiko longsor yang bertujuan untuk dapat memantau dan mengantisipasi fenomena tanah longsor di suatu kawasan diperlukan pemetaan yang bertujuan untuk mengklasifikasikan daerah rawan longsor yang dimodelkan dengan peta kerawanan longsor.

Metode yang dapat digunakan peneliti dalam studi analisis tingkat kerawanan longsor berupa metode *fuzzy logic* dengan menggabungkan data observasi lapangan berupa data perkembangan struktur melalui pengukuran diskontinuitas kekar yang dapat digunakan untuk analisis kinematik. Konsep *fuzzy logic* merupakan salah satu analisis spasial yang berfungsi untuk memetakan ruang *input* ke dalam ruang *output* dengan cara *overlay* terhadap parameter penyebab longsor. Penggambaran setiap parameter *input* longsor menggunakan perangkat lunak *ArcGIS 10.61*, kemudian mengambil nilai sampel dari setiap titik pengamatan longsor untuk dilakukan pengolahan menghasilkan *output* berupa nilai tingkat kerawanan longsor. Pengolahan perangkat lunak mempermudah penyajian informasi spasial maupun meningkatkan akurasi dalam mengidentifikasi potensi dan sebaran daerah rawan longsor wilayah penelitian.

## 1.2. Maksud dan Tujuan

Penelitian tugas akhir ini memiliki maksud untuk menganalisis faktor penyebab terjadinya longsor daerah penelitian. Meninjau parameter keadaan geologi lokal yang telah diidentifikasi melalui pemetaan geologi pada penelitian sebelumnya serta mengidentifikasi parameter pendukung lain menghasilkan peta kerawanan longsor dan tipe longsoran daerah penelitian.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- (1) Menganalisis tipe longsoran pada setiap lokasi pengamatan daerah penelitian dengan analisis kinematik.
- (2) Menentukan dan mengidentifikasi nilai derajat keanggotaan melalui sistem *fuzzy* dari setiap parameter yang menyebabkan terjadinya longsor daerah penelitian .
- (3) Menganalisis tingkat kerawanan longsor menggunakan metode *fuzzy logic* berdasarkan hasil analisis sistem *fuzzy* yang terdapat pada daerah penelitian.
- (4) Menganalisis persebaran daerah rawan bencana tanah longsor dengan merujuk klasifikasi tingkat kerawanan longsor *fuzzy* pada daerah penelitian.

### 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat ditarik suatu permasalahan mengenai studi tugas akhir daerah telitian yang belum dirumuskan. Sehingga perlu ditemukan dalam penelitian ini antara lain :

- (1) Bagaimana cara mengidentifikasi tipe longsor yang terbentuk di daerah penelitian dengan menggunakan analisis kinematik?
- (2) Apa saja parameter yang berpengaruh terhadap terjadinya longsor dan bagaimana cara menentukan nilai sistem fuzzy serta implikasi kurva yang digunakan dalam memetakan titik derajat keanggotaan setiap parameter?
- (3) Bagaimana cara menentukan tingkat kerawanan longsor terhadap parameter penyebab tanah longsor melalui metode *fuzzy logic*?
- (4) Bagaimana cara menentukan persebaran daerah rawan bencana tanah longsor daerah penelitian?

### 1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batas permasalahan yang memfokuskan pada :

- (1) Luasan area penelitian sebesar 9 x 9 Km dengan skala 1 : 25.000
- (2) Pengambilan data parameter penyebab longsor berupa data observasi lapangan atau data primer yang dikombinasikan dengan data sekunder.
- (3) Perhitungan nilai derajat keanggotaan dari parameter penyebab longsor untuk mengklasifikasikan nilai dari setiap parameter.
- (4) Pembuatan model dari setiap parameter lalu dilakukan tumpang tindih (*overlay*) setiap parameter menggunakan perangkat lunak *ArcGIS* 10.61 sehingga akan menghasilkan peta kerawanan longsor dari daerah penelitian.
- (5) Serta mengidentifikasi tipe longsor menggunakan metode analisis kinematik dari data pengukuran diskontinuitas kekar dan diolah pada proyeksi stereografi sehingga didapatkan jenis tipe longsor yang berada didaerah penelitian.

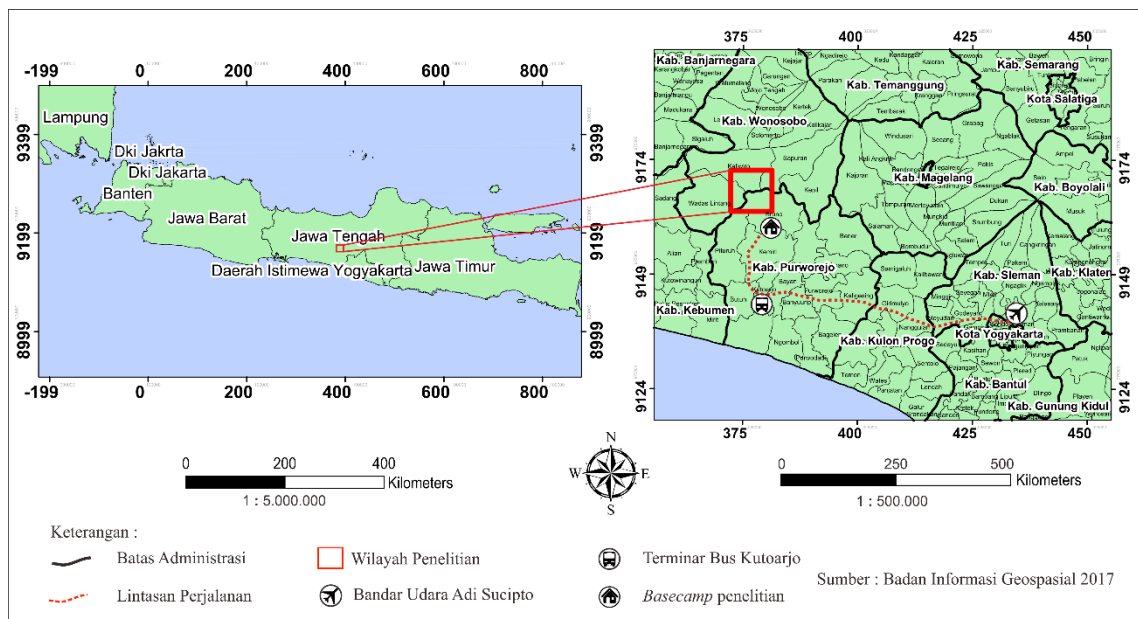
### 1.5. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Secara administratif wilayah penelitian berada di Desa Giyombong Kecamatan Bruno Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. Area penelitian memiliki luas sebesar 81 km<sup>2</sup>. Berdasarkan Peta Rupa Bumi Badan Informasi Geospasial pemanfaatan lahan daerah penelitian didominasi perkebunan, ladang, sawah dan permukiman warga. Secara geografis daerah penelitian memiliki koordinat (Tabel 1.1.)

Tabel 1.1. Titik koordinat (UTM) wilayah penelitian

| <i>North</i> | <i>East</i> | Zona UTM |
|--------------|-------------|----------|
| 9172466      | 372363      | 49S      |
| 9172479      | 381311      | 49S      |
| 9163727      | 381315      | 49S      |
| 9163743      | 372366      | 49S      |

Untuk dapat sampai dari kota Palembang menuju lokasi penelitian dapat ditempuh menggunakan dua jalur perjalanan dengan berbagai mode transportasi antara lain jalur udara dan jalur darat. Estimasi perjalanan menuju daerah penelitian dimulai dari Kota Palembang menuju Kabupaten Purworejo dengan menggunakan transportasi darat berupa bus dengan waktu tempuh mencapai  $\pm 36$  jam dan kemudian dilanjutkan perjalanan dari pusat Kabupaten Purworejo menuju *basecamp* yang berada di Kecamatan Bruno dengan menggunakan transportasi kendaraan roda empat berjarak  $\pm 49$  Km membutuhkan waktu  $\pm 60$  menit melalui jalan utama dengan aksesibilitas keter sampaian lokasi dapat dilalui dengan baik. Sedangkan, estimasi perjalanan jalur udara ditempuh selama  $\pm 2$  jam perjalanan menggunakan transportasi pesawat terbang dari bandara Sultan Mahmud Badarudin II Palembang menuju bandara Adi Sucipto Yogyakarta, kemudian dari pusat kota Yogyakarta perjalanan dilanjutkan dengan menggunakan Bus sejauh 82 Km ke arah terminal bus Kutoarjo, setelah itu dilanjutkan perjalanan menuju *basecamp* yang berada di Kecamatan Bruno menggunakan kendaraan roda empat dengan akses melalui jalan utama dengan jarak tempuh  $\pm 98$  menit perjalanan (Gambar 1.1.).



Gambar 1.1. Peta kesampaian lokasi penelitian di Daerah Giyombong dan sekitarnya, Kecamatan Bruno, Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah

Jarak tempuh dari *basecamp* yang berada di Kecamatan Bruno menuju wilayah penelitian di Desa Giyombong berjarak  $\pm 38$  Km. Sarana transportasi yang digunakan selama penelitian berupa sepeda motor dengan aksesibilitas menuju area penelitian sebagian besar melalui jalan lokal serta sebagian kecil berupa jalan beton maupun aspal yang dapat dilalui oleh kendaraan motor ataupun mobil. Sedangkan untuk mencapai daerah yang memiliki kondisi morfologi yang curam dilalui dengan akses jalan setapak dijangkau dengan berjalan kaki.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akshar, 2015. Penentuan Tingkat Kerawanan Longsor Menggunakan Metode Fuzzy logic Skripsi. (Universitas Sumatera Utara).
- Alif, Hidayah, (2014) Pengaruh Cooperative NHT dan Think Pair Share (Tps) Terhadap Prestasi Belajar Siswa pada Mata Pelajaran IPS, Jurnal Teknologi Pendidikan pasca sarjana unimed. Volume 7, no.1, halaman 1-114. Medan
- Arief, 2016, *Analisa Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor Dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic (Studi Kasus : Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur)*. Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Arifin, Saiful, 2015. Implementasi Logika Fuzzy Untuk Mendeteksi Kerentanan Daerah Banjir Di Semarang Utara. Skripsi. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Semarang
- Arsyad, S. (2010). Konservasi Tanah dan Air. Bogor: IPB Press.
- Asikin, Handoyo, Prastistho dan Gafoer. 1992. *Peta Geologi Lembar Kebumen*. Bandung : Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Barker, R. Wright. 1960. Taxonomic Notes Society of Economic Paleontologists and Mineralogist. Tulsa : Oklahoma University Press. Badan Meteorologi dan Geofisika. (2017). *Evaluasi Musim Kemarau 20017 dan Prakiraan Musim Hujan 2017/2018 Provinsi Jawa Tengah* BMG: Semarang
- Bemmelen, R.W. van. 1949. *The Geology of Indonesia. Vol. IA, General Geology of Indonesia and adjacent archipelagos*, 2<sup>nd</sup> Edition. Netherland : The Hague.
- Blow, W.H. 1969. Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminifera biostratigraphy. v. 1, p.199-422. 1 st Edition. Geneva : E.J. Brill.
- BNPB. 2012. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Jakarta
- Darmawan, Kurnia. 2017. Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay Dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis. Jurnal Geodesi Undip, Volume 6, Nomor 1, Tahun 2017, (Issn : 2337-845x) Universitas Diponegoro. Semarang.
- Demirici, Mustafa. 2000. *Fuzzy function and Their Aplications.*: Jurnal of Mathematical Analysis and Aplications 252, 495 – 517.
- Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan. (2009). Gerakan Tanah di Indonesia. Jakarta: Dirjen Pertambangan Umum.
- Dunham, R. J. 1962. *Classification of carbonate rocks according to depositional texture. in Ham, W. E. Classification of Carbonate Rocks: AAPG Memoir 1*, p.108–121.
- Dwikorita Karnawati. 2001. Pengenalan Daerah Rentan Gerakan Tanah dan Upaya Mitigasinya, Makalah Seminar Nasional Mitigasi Bencana Alam Tanah Longsor. Semarang: Pusat Studi Kebumihan Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro
- Dwikorita Karnawati. 2007. Manajemen Bencana Gerakan Tanah. Diktat Kuliah. Yogyakarta : Jurusan Teknik Geologi Universitas Gadjah Mada
- Fossen, H. 2010. *Structural Geology*. New York : Cambridge University Press.

- Highland and Johnson. 2004. *Landslide Types and Processes*. Jakarta : Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia.
- Huggett, R. J. 2017. *Fundamental of Geomorphology*. USA and Canada : 4<sup>th</sup> edition.
- Indriani, Y.N., Kusumayudha, S.B., dan Purwanto, H.S. 2017. Analisis Gerakan Massa Berdasarkan Sifat Fisik Tanah Daerah Kali Jambe Dan Sekitarnya, Kecamatan Bener, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. *Jurnal Mineral, Energi dan Lingkungan*, Vol 1, No 2. Universitas Pembangunan Nasional. Yogyakarta.
- Juleha, 2016. Analisa Metode Intensitas Hujan Pada Stasiun Hujan Rokan Iv Koto, Ujung Batu, Dan Tandun Mewakili Ketersediaan Air Di Sungai Rokan. *Jurnal Mahasiswa Teknik UPP 1* , 110443 vol: issue : 2016. Riau
- Kusumadewi, S & Purnomo, H. 2013. Aplikasi Logika Fuzzy Pendukung Keputusan. Graha Ilmu : Yogyakarta.
- Moody, J. D. and Hill, M. J. 1956. *Wrench Fault Tectonics*. Bulletin of the Geological Society of America vol. 67 (1956), h. 1207 – 1246.
- Nandi, 2007. Longsor. Bandung: Jurusan Pendidikan Geografi Fakultas Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial Universitas Pendidikan Indonesia.
- Marpaung, Purba. 2014. Pengaruh Ketinggian Tempat Dan Kemiringan Lereng Terhadap Produksi Karet (*Hevea Brasiliensis* Muell. Arg.) Di Kebun Hapesong PTPN III Tapanuli Selatan *Jurnal Online Agroekoteknologi* . ISSN No. 2337- 6597 Vol.2, No.3 : 981 - 989 , Juni 2014. Fakultas Pertanian. Program Studi Agroekoteknologi Universitas Sumatra Utara. Medan
- Perhutani, 2013. Rencana Pengaturan Kelesarian Hutan KH Randublatung Jangka 2013-2022. Biro Perencanaan SDH dan Pengembangan Usaha Perhutani Jawa Tengah.
- Pettijohn, F.J. 1975. *Sedimentary Rocks*. Harper and Row: New York, 3rd edition
- Prahasta, E. (2009). Sistem Informasi Geografis : Konsep – Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika). Bandung: Informatika Bandung
- Priyono. 2015. *Hubungan Klasifikasi Longsor, Klasifikasi Tanah Rawan Longsor Dan Klasifikasi Tanah Pertanian Rawan Longsor*. Universitas Slamet Riyadi Surakarta. GEMA, Th. XXVII/49 /Agustus 2014 - Januari 2015. Surakarta.
- Puslittanak. (2004). Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Ciliwung, Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografis. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor
- Redesa Isradia. 2020. Analisis Kestabilan Lereng Menggunakan Metode Slope Mass Rating Dan Metode Kinematik Stereografis Pada Cv. Tahiti Coal Sawahlunto Skripsi. Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang.
- Riyanto., Prinali, E. P., dan Indelarko, H. 2009. Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Geografis Berbasis Desktop dan Web. Yogyakarta : Gava Media.
- Schimid. R.(1981). *Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragments : Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks*. Geologi : The Geology Society of America. Boulder. Vol. 9. 41-43

- Satyana, A.H., 2007. *Structural Identification of Central Java : A Regional Wrench Segmentation*. Surabaya : Proceedings Joint Convention HAGI-IAGI-PERHAPI.
- Simandjuntak, T.O. & Barber, A.J. 1996. *Contrasting tectonic style in the Neogene orogenic belts of Indonesia*. in: *Tectonic Evolution of Southeast Asia*. eds. Hall & Blundell. *Geological Society Spec. Publ.* No. 106: 185-201.
- Sobirin, S., 2013. Pengolahan Sumber Daya Air Berbasis Masyarakat. Presentasi disampaikan pada Seminar Reboan Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Bandung
- Sudrajat, Muhammad Akbar. 2020. Geologi daerah Giyombong dan sekitarnya, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. Pemetaan Geologi. Program Studi Teknik Geologi Universitas Sriwijaya. Indralaya.
- Sugianti, Novalia. 2019. *Prototype Early Warning System Tanah Longsor Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Google Maps*, Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram J-COSINE, Vol. 3, No. 2, Desember 2019 Accredited Sinta-3 by RISTEKDIKTI Decree No. 28/E/KPT/2019, Lombok.
- Sugiharyanto, Nurul Khotimah. 2009. Diktat Mata Kuliah Geografi Tanah (PGF– 207). Jurusan Pendidikan Geografi. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Suhardiman. 2012. Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) Pada Sub Das Walanae Hilir. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Suherlan, 2001. Zonasi Tingkat Kerentanan Banjir Kabupaten Bandung menggunakan Sistem Informasi Geografis. Bogor.
- Sutojo, T., Edy mulyanto, Vincent, 2011, Kecerdasan Buatan, Andi Offset, Yogyakarta.
- Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.
- Wesli, Ir., 2008, Drainase Perkotaan, Yogya karta: Graha Ilmu
- Widyatmanti, Wicaksono, Syam. 2016. *Identification of topographic elements composition based on landform boundaries from radar interferometry segmentation (preliminary study on digital landform mapping)*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 37.
- Wiyanti, 2019. Pemetaan Potensi dan Kerawanan Longsor Lahan di Desa Belandingan, Desa Songan A dan Desa Songan B Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli. Fakultas Pertanian Universitas Udayana Denpasar. Jurnal Agroekoteknologi Tropika ISSN: 2301-6515 Vol. 8, No. 2, April 2019. Bali
- Yassar Muhammad, 2020. Penerapan Weighted Overlay Pada Pemetaan Tingkat Probabilitas Zona Rawan Longsor di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS) Vol 1 No 1 (2020) 1-10. Teknik Geofisika, Universitas Lampung. Lampung
- Yuniarta, Hanif. 2015. Kerawanan Bencana Tanah Longsor Kabupaten Ponorogo.. Universitas Sebelas Maret. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil Maret/194. Surakarta
- Zadeh, L. A. 1994. *Fuzzy Logic, Neural Networks and Soft Computing*. *Communication of The ACM* , pp. 77-84