

PEMETAAN DAERAH RAWAN BENCANA LONGSOR DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DI KOTA KUPANG

Martinus L. L. Gado, Frederika R. Ngana, Albert Z. Johannes dan Jehunias L. Tanesib

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana,

Jln. Adisucipto-Penfui, Kupang, 85228, Indonesia

E-mail: luther.gado@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini, bertujuan untuk memetakan daerah rawan longsor di Kota Kupang dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan penginderaan jauh. Daerah rawan longsor dipetakan menggunakan analisis spasial dari Fuzzy logic di software ArcGIS. Variabel input metode Fuzzy logic merupakan parameter dari tanah longsor yaitu tutupan lahan, curah hujan, kemiringan, dan ketinggian. Hasil keanggotaan Fuzzy dari ke empat parameter tersebut kemudian dilakukan overlay untuk mendapatkan peta daerah rawan longsor. Peta daerah rawan longsor dibagi menjadi lima kelas berdasarkan tingkat kerawannya, yaitu (1) sangat rendah, (2) rendah, (3) sedang, (4) tinggi dan (5) sangat tinggi. Peta tersebut kemudian divalidasi dengan memetakan titik-titik koordinat dari daerah yang rawan longsor di Kota Kupang. Penelitian ini menghasilkan peta daerah yang rawan longsor di Kota Kupang yang terdiri dari tingkat kerawanan longsor sangat rendah 5744 ha (35%), tingkat kerawanan rendah 5332 ha (32%) dan tingkat kerawanan sedang 5494 ha (33%). Faktor kemiringan lereng, ketinggian, curah hujan, dan tutupan lahan saling mempengaruhi sehingga membedakan nilai defuzzification serta kelas kerawanan longsor.

Kata kunci: *metode Fuzzy logic; tanah longsor; penginderaan jauh*

Abstract

[Landslide-prone areas mapping in Kupang city using Geographic Information System]. *This research aims to map landslides-prone areas in Kupang city using Geographic Information System (GIS) and remote sensing. The landslide-prone areas were mapped using spatial analysis of Fuzzy membership in ArcGIS software. The input variables of the Fuzzy method were four landslide parameters such as landcover, rainfall, slope, and altitude. The four parameters result of fuzzy membership were overlaid to obtain a landslide susceptibility map. The map was classed into five landslide susceptibility classes, namely (1) very low, (2) low, (3) medium, (4) high, and (5) very high. Map validation was obtained by mapping the coordinates of the landslide locations in Kupang city. The final map shows landslide-prone areas in Kupang city. The landslide-prone areas in Kupang city consist of three landslide susceptibility classes. Those are 5744 ha (35%) for very low landslide susceptibility, 5332 ha (32%) for low landslide susceptibility, and 5494 ha (33%) for moderate landslide susceptibility. The four-factor of the landslide: land cover, rainfall, slope, and altitude influence each other so that the defuzzification value and the landslide-prone classes are different.*

Keywords: *Fuzzy logic method; landslide; remote sensing*

PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-Undang Nomer 24 tahun 2007, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) membagi bencana yang terjadi di Indonesia menjadi tiga yaitu, bencana alam, bencana non alam dan bencana sosial. Bencana alam berupa gempa bumi, tsunami, banjir, kekeringan, angin topan dan tanah longsor[1]. Mitigasi bencana merupakan upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi bencana saat terjadi[2]. Kegiatan mitigasi mampu memperkecil tingkat resiko bencana baik korban jiwa maupun materi. Salah satu upaya mitigasi yang telah dilakukan berupa pemetaan bencana. Pemetaan daerah-daerah dengan tingkat resiko bencana tertentu, akan menunjukkan daerah dengan tingkat resiko besar sehingga, perlu dilakukan tindakan mitigasi bencana sedini mungkin. Pemetaan dalam bidang mitigasi bencana sangat diperlukan agar dapat meminimalisir resiko bencana.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menggunakan metode pemetaan dalam upaya mengetahui lokasi rawan bencana[3]. Pemetaan yang dilakukan dengan metode penginderaan jauh (bantuan satelit bumi) dan sistem informasi geografis (SIG), dapat memberikan informasi yang dibutuhkan dalam pembuatan peta. Penggunaan pemetaan sangat membantu untuk memberikan informasi spasial daerah rawan bencana dengan skala dan tujuan tertentu. Indonesia yang secara geografis berada dalam posisi yang rentan terhadap bencana. Sehingga penggunaan pemetaan rawan bencana sangat cocok untuk memberikan informasi daerah-daerah yang memiliki resiko bencana tinggi.

Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah Provinsi Nusa Tenggara Timur, hampir seluruh wilayah Nusa Tenggara Timur merupakan daerah rawan banjir dan longsor[4]. Kota Kupang termasuk salah satu lokasi rawan bencana di Nusa Tenggara Timur. Hal ini disebabkan oleh aktifitas cuaca ekstrim yang terjadi di kota Kupang, sehingga berdampak pada angin kencang, hujan dan gelombang laut yang menyebabkan terjadinya bencana banjir dan longsor. Demikian pula pemukiman yang padat penduduknya dan letaknya di lereng bukit dan bantaran sungai, menyebabkan kondisi permukiman tersebut rawan akan bencana longsor dan banjir. Menurut Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Kupang terdapat 6 daerah rawan bencana longsor yaitu daerah Air Nona, Tuak Daun Merah (TDM), Mantasi, Fatufeto, Fontein dan Manutapen[5]. Kota Kupang sangat berpotensi memiliki daerah rawan bencana dan memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi. Hal ini dapat menyebabkan banyaknya korban jiwa maupun materi. Oleh karena itu, peneliti ingin melakukan penelitian daerah rawan bencana longsor, dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic* di Kota Kupang. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan daerah rawan bencana longsor di Kota Kupang untuk keperluan mitigasi bencana.

Banyak fenomena spasial memiliki batas-batas tak tentu. Logika fuzzy telah diterapkan untuk banyak area dalam SIG seperti analisis spasial fuzzy, penalaran fuzzy, dan representasi batas fuzzy. Logika fuzzy merupakan alat yang akurat dan kuat dalam memodelkan fenomena geomorfik, khususnya gerakan massa, yang bersifat nonlinier dan kompleks yang dipengaruhi oleh beberapa interaksi variabel[6]. Nugraha[7] menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Logic* cocok diterapkan pada kota-kota dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memetakan daerah rawan bencana longsor dengan menggunakan metode fuzzy logic. Misalkan pemetaan rawan longsor di Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah[8] dan pemetaan rawan longsor di Kecamatan Gombang, Karanganyar, Karanggayam, dan Sempor, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah[9] dengan input parameter kemiringan lereng, elevasi morfologi, tutupan lahan, curah hujan, jenis tanah dan jenis batuan. Kemudian pemetaan rawan longsor di Kecamatan Leupung Kabupaten Aceh Besar[10] dengan parameter curah hujan dan jenis batuan. Berdasarkan pengetahuan penulis, belum ada pemetaan daerah rawan longsor di Kota Kupang dengan menggunakan *Fuzzy Logic*.

Fuzzy Logic

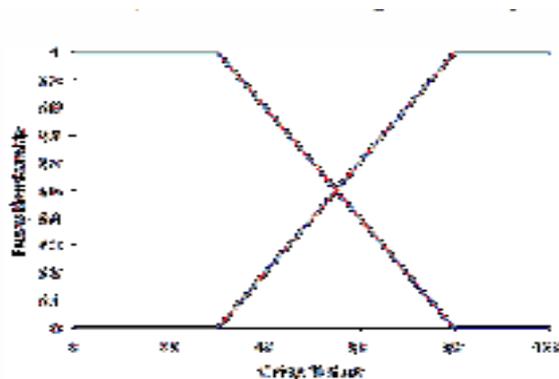
Dunia pemetaan telah dikembangkan kombinasi antara Sistem Informasi Geografis dengan metode *fuzzy logic* untuk mengidentifikasi daerah rawan bencana. Metode *Fuzzy logic* merupakan teknik pengambilan keputusan dengan menggunakan sejumlah data yang memiliki ketidakpastian *fuzzy* khususnya dalam Sistem Informasi Geografis[11]. Logika *fuzzy* adalah metode berhitung tapi disimbolkan dengan kata-kata sebagai pengganti bilangan. Analisis hasil data digunakan kata-kata yang mirip dengan konsep logika pada manusia sehingga hasil keluarannya didapat dalam banyak kemungkinan. Metode ini menyerupai sistem logika manusia yang digunakan dengan permisalan beberapa keadaan untuk melakukan interpretasi hasil. Logika *fuzzy* menyerupai konsep berfikir

manusia dalam sifat kesamaran suatu nilai, sehingga anggota dari banyak himpunan dengan derajat keanggotaan yang berbeda

Fungsi Keanggotaan Fuzzy

Metode logika fuzzy memiliki potensi untuk memberikan penilaian longsor yang lebih baik dibandingkan dengan pendekatan lain, karena keanggotaan variabel tidak bernilai dua dalam logika fuzzy, dan dapat menetapkan angka dari nol hingga satu. Suatu fungsi yang mengungkapkan derajat keanggotaan variabel dianggap sebagai fungsi keanggotaan[12].

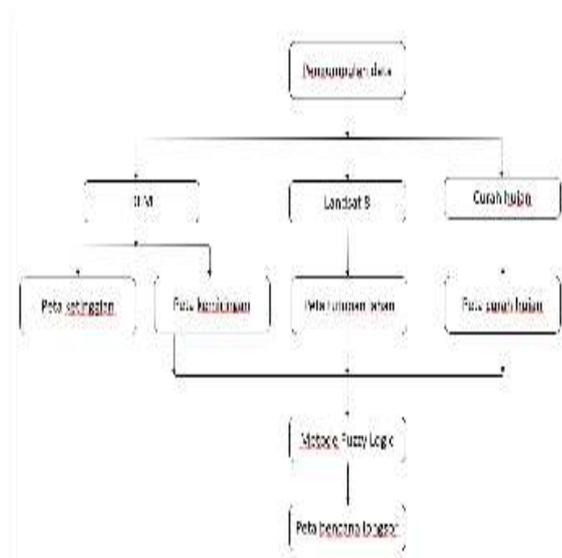
Fungsi keanggotaan dari himpunan *Fuzzy* adalah suatu fungsi yang menyatakan keanggotaan dari suatu himpunan nilai-nilai. Fungsi keanggotaan memiliki peranan yang sangat penting dalam merepresentasikan masalah, serta mampu menunjukkan pemetaan titik inputan data ke dalam nilai keanggotaannya. Salah satu fungsi keanggotaan Fuzzy adalah fungsi keanggotaan linear. Fungsi keanggotaan linear merupakan representasi keanggotaan yang digambarkan pada garis lurus. Terdapat dua jenis keanggotaan linear yaitu linear naik dan linear turun. Representasi linear menerapkan nilai minimum dan nilai maksimum dari parameter pengguna. Nilai di bawah nilai minimum memiliki keanggotaan nol (0), sedangkan nilai di atas nilai maksimal memiliki keanggotaan satu (1) (Gambar 1).



Gambar 1. Kurva fungsi keanggotaan Fuzzy Linear[13]

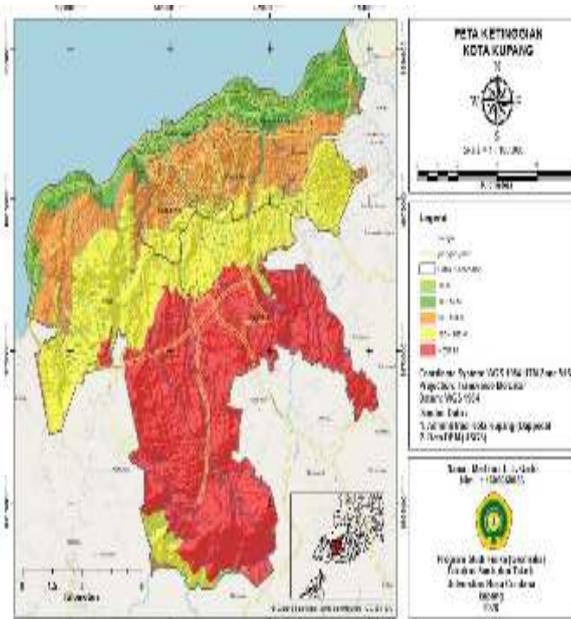
METODE

Penelitian ini dilakukan di kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Pembuatan peta rawan longsor dilakukan dengan menggunakan metode fuzzy logic pada ArcGIS 10.8. Metode ini menggabungkan peta kemiringan, peta ketinggian, peta tutupan lahan dan peta curah hujan sebagai parameter longsor. Tahapan pembuatan peta rawan longsor ditunjukkan pada diagram alir penelitian berikut ini (Gambar 2).



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Kemudian setiap parameter dari keempat peta tersebut di klasifikasikan berdasarkan pengaruhnya terhadap longsor. Peta parameter longsor dibuat dalam format raster. Peta ketinggian diperoleh dari data DEM (Digital Elevation Model) (Gambar 3). Untuk peta ketinggian, dilakukan klasifikasi data DEM menjadi 5 kelas yaitu <10 m, 10-50 m, 50-100m, 100-200 m, dan >200 m.



Gambar 3. Peta ketinggian kota Kupang

Peta kemiringan lereng diperoleh dari data DEM (Gambar 4). Untuk peta kemiringan lereng dilakukan klasifikasi menjadi 5 kelas berdasarkan SK Mentan No. 837/Kpts/Um/'11/80[11], yaitu kemiringan 0-8%, 8-15%, 15-25%, 25-40% dan >40%.



Gambar 4. Peta kemiringan lereng

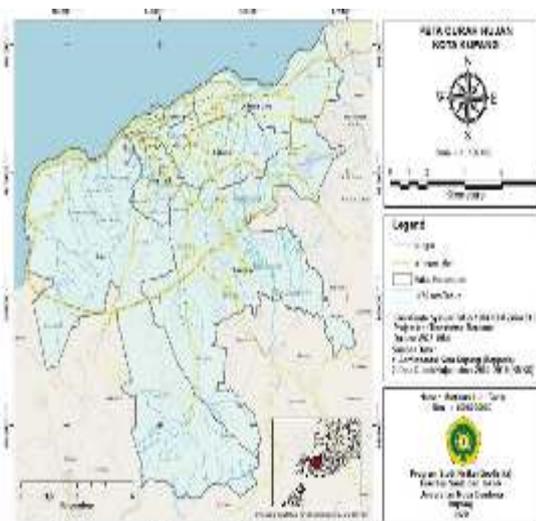
Peta tutupan lahan diperoleh dari pengolahan citra Landsat 8 dengan metode *supervised classification* (Gambar 5). Untuk peta tutupan lahan diklasifikasikan berdasarkan Effendi,dkk[11], yaitu kurang peka (bakau dan hutan), agak peka (perkebunan dan semak belukar), peka (sawah dan

permukiman) dan sangat peka (tegalan dan lahan kering). Titik *ground truth* dari lokasi tutupan lahan diambil dengan menggunakan GPS Garmin eTrex 30.



Gambar 5 Peta tutupan lahan Kota Kupang

Sedangkan peta curah hujan diperoleh dari rata-rata curah hujan di Kota Kupang tahun 2015-2019 dari BMKG kota Kupang (Gambar 6). Peta curah hujan hanya ada satu kelas klasifikasi saja yaitu besar nilai curah hujan kota Kupang selama tahun 2015-2019 sebesar 1176mm/tahun. Kota kupang hanya memiliki pos pengamat curah hujan di Stasiun Klimatologi Kelas II Kupang, Lasiana sehingga besarnya curah hujan dianggap merata untuk seluruh Kota Kupang.



Gambar 6. Peta curah hujan Kota Kupang

Pembuatan peta rawan longsor kota kupang menggunakan metode *Overlay Fuzzy Logic*. Peta parameter bencana longsor dilakukan *Overlay* dalam format raster. Peta tersebut berupa; peta ketinggian, peta kemiringan lereng, peta tutupan lahan dan peta curah hujan. Penentuan *Fuzzy Membership* bertujuan untuk mengubah data parameter ke dalam keanggotaan *fuzzy*. Penentuan ini menggunakan tools *Fuzzy Membership* pada ArcGIS 10.8 dengan tipe representasi Linear. Dimana

pembentukan keanggotaan antara nilai minimum dan nilai maksimum. Nilai di bawah minimum akan diberi nol dan nilai di atas maksimum akan diberi satu.

Hasil penentuan keanggotaan *Fuzzy* setiap parameter dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Derajat Kebenaran Parameter

Parameter Bencana	Kelas	Kelas	<i>Reclassify</i>	Derajat Kebenaran
Kemiringan Lereng	Datar	0-8%	8	0
	Landai	8-15%	15	0,166666672
	Agak Curam	15-25%	25	0,40476191
	Curam	25-40%	40	0,761904776
	Sangat Curam	>40%	100	1
Ketinggian	Sangat Rendah	< 10m	10	0
	Rendah	10-50m	50	0,166666672
	Sedang	50-100m	100	0,40476191
	Tinggi	100-200m	200	0,761904776
Curah Hujan	Sangat Tinggi	>200m	476	1
	Basah	>4000	0	0
	Agak Basah	3000-4000	0	0
	Sedang	2000-3000	0	0
	Agak Kering	1000-2000	1200	0,25
Tutupan Lahan	Kering	< 1000	0	0
	Kurang Peka	Bakau, Hutan	1	0
	Agak Peka	Perkebunan, Semak Belukar	2	0,333333343
	Peka	Sawah, Pemukiman	3	0,666666687
	Sangat Peka	<i>Tegalan</i> , lahan kering	4	1

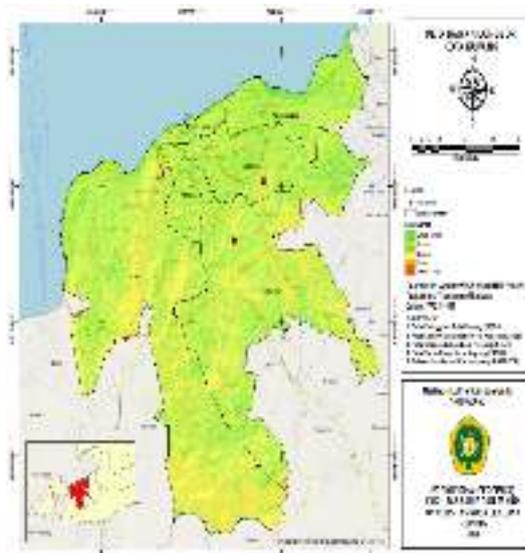
Peta longsor yang dibuat kemudian divalidasi. Validasi peta dilakukan dengan membandingkan hasil peta dengan lokasi bencana longsor di Kota Kupang (Tabel 2). Bencana longsor di kota Kupang terjadi pada musim hujan dan umumnya terjadi pada daerah bantaran kali.

Tabel 2 Lokasi Longsor di Kota Kupang

Koordinat lokasi longsor			Lokasi longsor
X	Y	Z	
563418	8875421	63	Manutapen
561327	8869306	208	Jalur 40
567422	8872943	191	Kampung Restorasi Belo
567298	8873024	164	Kampung Restorasi Belo
569025	8875201	56	Tuak Daun Merah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan peta daerah rawan longsor di kota Kupang dilakukan dengan metode *Fuzzy Logic*. Hasil pemetaan pada Gambar 7, menunjukkan luasan daerah rawan longsor berdasarkan tingkat kerawanannya.



Gambar 7. Peta bencana longsor

Kota Kupang memiliki daerah rawan longsor dengan tiga klasifikasi yaitu sangat rendah dengan luas 5744 ha, rendah 5332 ha dan sedang 5494 ha. Beberapa lokasi yang terjadi longsor di kota Kupang yaitu Manutapen, Jalur 40, Kampung Restorasi Belo dan Tuak Daun Merah. Longsor yang terjadi pada lokasi tersebut berada pada daerah permukiman padat dan daerah bantaran sungai. Hasil overlay titik dengan peta rawan bencana longsor menunjukkan hasil cukup baik dimana titik longsor di Kota Kupang berada pada kerawanan sedang.

Kota Kupang dengan kepadatan penduduk yang tinggi menyebabkan banyak permukiman di bantaran sungai (Gambar 8). Hasil survei lapangan diperoleh bahwa longsor yang terjadi di Kota Kupang didominasi pada area pinggir sungai. Minimnya kesadaran masyarakat untuk tidak membangun permukiman di area pinggir sungai menjadi salah satu penyebab bencana longsor terjadi.



Gambar 8 salah satu lokasi longsor di Kota Kupang

Lokasi longsor adalah di Tuak Daun Merah, Kecamatan Oebobo. Longsor terjadi disebabkan oleh faktor erosi pada musim penghujan. Hal ini juga disebabkan oleh faktor ketinggian dan kemiringan lereng yang curam. Beberapa rumah di bantaran kali terkena dampak dari peristiwa longsor tersebut

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Logic* dapat digunakan untuk memetakan daerah rawan longsor di Kota Kupang dengan efektif. Metode ini menggunakan empat parameter longsor yaitu curah hujan, tutupan lahan, ketinggian dan kemiringan lereng. Sebaran lokasi rawan bencana longsor Kota Kupang berdasarkan analisis *Fuzzy Logic* diperoleh tiga kelas yaitu kerawanan sangat rendah 5744 ha (35%), kerawanan rendah 5332 ha (32%) dan kerawanan sedang 5494 ha (33%).

SARAN

Pada penelitian ini, tidak digunakan parameter jenis tanah. Untuk penelitian selanjutnya di sarankan untuk menambahkan parameter jenis tanah untuk membuat pemetaan daerah rawan longsor.

DAFTAR PUSTAKA

1. BNPB. 2020. Definisi bencana. Available from: <https://www.bnpb.go.id/definisi-bencana>.
2. BPBD NTB. 2021. Penanganan bencana. Available from: bcbd.ntbprov.go.id/pages/penanganan-bencana.
3. BNPB. 2020. Peraturan Kepala badan bencana nasional penanggulangan bencana. Nomor 02 Tahun 2012. Tentang pedoman umum pengkajian risiko bencana. Available from: <https://www.bnpb.go.id/uploads/migration/pubs/30.pdf>.
4. Lewanmeru, O. 2019. Bencana di NTT Masih Dominan Akibat Angin Kencang dan Banjir: Pos Kupang. Available from: kupang.tribunnews.com/2019/01/25/bencana-di-ntt-masih-dominan-akibat-angin-kencang-dan-banjir.
5. Jahang, B. 2017. Daerah Rawan Bencana di Kota Kupang: Antara NTT. Available from: <https://kupang.antaranews.com/berita/5126/daerah-rawan-bencana-di-kota-kupang>.
6. Kainz, W. 2007. Fuzzy logic and GIS. Journal Vienna: University of Vienna.
7. Nugraha, A. L. 2018. Peningkatan Akurasi dan Presisi Analisa Spasial Pemodelan Banjir Kota Semarang Menggunakan Kombinasi Sistem Informasi Geografis Dan Metode Logika Fuzzy. Teknik. 39(1):16-24.
8. Sudrajat, M. A., Susilo, B., Falisa, F. 2020. Analisis tingkat kerawanan longsor menggunakan metode fuzzy logic dan kinematik daerah Giyombong dan sekitarnya, Jawa Tengah. Journal Applicable Innovation of Engineering Science Research. 526-34.

9. Mubarakah F, Susilo B.2020. Analisis tingkat kerawanan longsor menggunakan metode Fuzzy Logic dan kinematik daerah Karanganyar dan sekitarnya kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Journal Applicable Innovation of Engineering and Science Research. 946-52.
10. Lubis, RA, Rusdi, M, Basri,HJ. 2018.Pemetaan tingkat kerawanan longsor berdasarkan curah hujan dan geologi menggunakan metode Fuzzy Logic di Kecamatan Leupung Kabupaten Aceh Besar. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian.3(2):434-41.
11. Effendi, AY, Hariyanto, TJTI. 2016. Pembuatan Peta daerah rawan bencana tanah longsor dengan menggunakan metode Fuzzy Logic.(Studi Kasus: Kabupaten Probolinggo). Jurnal Teknik ITS. 5(2):A714-A22.
12. Baharvand,S, Rahnamarad, J, Soori, S, Saadatkah, N.2020.Landslide susceptibility zoning in a catchment of Zagros Mountains using fuzzy logic and GIS. Journal Environmental Earth Sciences. 79(10):1-10.
13. Esri.2016.How Fuzzy Membership works. Available from: <https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-fuzzy-membership-works.htm>.