

Pemetaan Geologi Daerah Rawan Longsor Berdasarkan Analisis Logika Fuzzy, Kecamatan Batukliang Utara, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat

Muhammad Lega Syaileendra^[1], Jusfarida^[2]

^[1]Teknik Geologi, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS)
Jl. Arief Rahman Hakim 100, Surabaya

e-mail: leggas2796@gmail.com

Abstrak

Bencana yang diakibatkan oleh tanah longsor sering terjadi di Indonesia, dan sering memakan korban jiwa, kerusakan infrastruktur dan hancurnya lahan. Oleh karena itulah perlu adanya peta suatu zona daerah rawan longsor sebagai bagian dari upaya penanggulangan bencana tanah longsor dan menjadi suatu parameter dalam pertimbangan pengambilan keputusan pembangunan bagi suatu instansi terkait agar meminimalisir jatuhnya korban jiwa maupun kerusakan infrastruktur. Secara administratif, lokasi penelitian pada studi kasus ini terletak di Kecamatan Batukliang Utara, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pengambilan data secara langsung maupun tidak langsung. Setelah kedua data tersebut terkumpul, kemudian akan dilakukan analisis data rawan longsor menggunakan metode logika fuzzy. Hasil dari analisis tersebut didapatkan 3 kelas tingkat kerawanan longsor diantaranya kelas kurang rawan, kelas rawan dan kelas sangat rawan. Peta daerah rawan longsor Kecamatan Batukliang Utara yang dihasilkan memiliki 5 kelas yaitu: tidak rawan, kerawanan rendah, kerawanan sedang, kerawanan tinggi dan sangat rawan

Kata kunci: Tingkat Kerawanan Longsor, Tipe Longsor, Kecamatan Batukliang Utara, Metode Logika Fuzzy

Abstract

Disasters due to landslides often occur in Indonesia and bring a lot of victims, infrastructure damage, and land destruction. Therefore, a map describing landslide-prone zone is necessary as a part of strategies to prevent landslide disaster and to provide parameters in considering the decision of development for certain institutions so that losses of victims and infrastructure damage can be minimized. Administratively, the research site of this case study is located in North Batukliang District, Central Lombok Regency, West Nusa Tenggara Province. The data of landslide vulnerability collected directly and indirectly were then analyzed by Fuzzy Logic. The results of analysis obtained 3 classes of landslide vulnerability levels i.e. less vulnerable, vulnerable, and highly vulnerable classes. The map of landslide vulnerable area in North Batukliang District gained 5 classes as follows: invulnerable, low vulnerability, medium vulnerability, high vulnerability, and high vulnerable.

Keywords: Landslide Vulnerability Level, Landslide Type, North Batukliang District, Fuzzy Logic Method

PENDAHULUAN

Bencana merupakan suatu peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana tidak terjadi begitu saja, namun ada faktor kesalahan dan kelalaian

manusia dalam mengantisipasi alam dan kemungkinan bencana yang dapat menyimpannya. Masyarakat yang tinggal di lereng gunung curam, menghadapi risiko kemungkinan terjadinya tanah longsor (Soehatman, 2010:17).

Tanah longsor secara umum adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material laporan, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Secara geologi tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi dimana terjadi

pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah (Nandi, 2007:6).

Berdasarkan Undang-Undang No 24 Tahun 2007, tentang penanggulangan bencana, perlindungan masyarakat terhadap bencana dimulai sejak pra bencana, pada saat dan pasca bencana, secara terencana, terpadu dan terkoordinasi. Melalui kebijakan ini maka upaya yang diambil dalam perencanaan wilayah adalah melalui pelaksanaan ruang berbasis mitigasi bencana alam agar dapat ditingkatkan keselamatan dan kenyamanan kehidupan dan penghidupan masyarakat.

Kecamatan Batukliang Utara termasuk salah satu daerah yang berpotensi mengalami bencana tanah longsor. Hal ini disebabkan topografi wilayahnya yang bergunung. Disamping itu, juga disebabkan oleh banyaknya aktivitas tambang yang belum terkontrol di daerah tersebut.

Bahaya tanah longsor dapat diidentifikasi secara langsung dilapangan maupun secara tidak langsung, kemudian data yang sesuai dengan parameter-parameter penyebab tanah longsor seperti: curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, jenis batuan, dan tutupan lahan akan ditumpang susun atau overlay. Dari kelima parameter tersebut akan dilakukan proses analisa dengan menggunakan metode logika fuzzy untuk menentukan tingkat kerawanan tanah longsor.

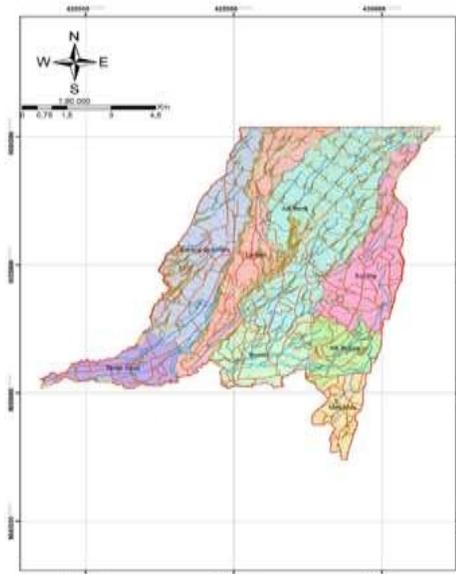
Maksud dari penelitian ini adalah melakukan pemetaan geologi permukaan detail menggunakan skala peta 1:80.000 dan menganalisis potensi daerah rawan longsor berdasarkan analisis *Fuzzy Logic* di Kecamatan Batukliang Utara, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kondisi geologi dan pengaruhnya terhadap tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Batukliang Utara.
2. Mengetahui sebaran kawasan rawan bencana longsor di Kecamatan Batukliang Utara.
3. Mengetahui pengaruh masing-masing parameter terhadap tingkat kerawanan longsor di Kecamatan Batukliang Utara.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Batukliang Utara, Kabupaten Lombok Tengah, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Lokasi penelitian memiliki koordinat X: 418000–432000 dan Y: 9047000–9061000 dengan sistem proyeksi koordinat UTM (Universal Transverse Mercator) Zona 50S, WGS (World Geodetic System) 1984.



Gambar 1. Peta Administratif Kecamatan Batukliang Utara (Ina-Geoportal, 2017).

KAJIAN PUSTAKA

Geologi Regional

Fisiografi

Kondisi geologi wilayah Nusa Tenggara Barat pada dasarnya terdiri dari batuan Tersier (batuan tertua), dan batuan Kuartar (batuan termuda), serta didominasi batuan vulkanik dan alluvium. Batuan tersiernya merupakan perselingan antara sandstone kuarsa, breksi, lava, tuff, batugamping, dan dasit. Pada pulau Sumbawa, terdiri atas lava, breksi, tuff, andesit, batupasir, tuffaan, batulempung, dasit, tonalit, batugamping berlapis, dasitan, batugamping tuffaan, serta lempung tuffaan.

Batuan termudanya, pulau Lombok merupakan perselingan dari breksi gampingan, lava, breksi, lava tuff, tuff, batuapung, serta breksi lahar. Sedang di pulau Sumbawa, terdiri atas terumbu, koral terangkat, konglomerat, tanah merah hasil vulkanik, gunungapi tua, gunungapi Sangeangapi, gunungapi Tambora, gunungapi muda dan batugamping koral. Pada kedua pulau tersebut, terdapat endapan pantai dan alluvium cukup luas.

Tatanan geologi Nusa Tenggara Barat merupakan wilayah yang berada pada kawasan pertemuan dua lempeng, yaitu lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia yang bertumbukan, menghasilkan tiga vulkan aktif bertipe A, yaitu gunung Rinjani, gunung Tambora, dan gunungapi Sangeang. Pada pulau Flores justru memiliki struktur geologi yang sama dengan pulau Jawa. Namun terdapat perbedaan pada

struktur *genatikalinal* yang sebagian besar mengalami proses tektonik sekunder dermal, yaitu proses peluncuran menuju dasar laut, khususnya bagian utara.

Secara fisik, fisiografi Pulau Lombok terbagi dalam empat satuan, yaitu dataran rendah alluvial, perbukitan selatan karst yang bergelombang, pegunungan vulkanik muda dan pegunungan vulkanik tua. Daerah dataran rendah merupakan dataran alluvial yang terletak di bagian tengah, bagian timur serta sebagian kecil di sebelah baratlaut pulau Lombok. Dataran alluvial ini merupakan satuan batuan termuda. Daerah perbukitan bergelombang merupakan daerah karst yang terdapat di sebelah selatan pulau Lombok. Sedangkan pada daerah pegunungan, yang merupakan daerah yang paling mendominasi, terbagi atas dua bagian, yaitu pegunungan vulkanik muda yang masih aktif serta pegunungan vulkanik tua yang sudah tidak aktif lagi (Gupta, 2002).

Stratigrafi Regional

Batuan tertua di Pulau Lombok adalah dari Formasi Pengulung terdiri dari satuan batuan breksi volkanik, tufa andesit, dasit piroklastik, lava andesit bersamaan dengan batuan G. Api tua gabungan. Sebaran batuanannya dijumpai di bagian Barat dan Selatan. Setempat telah mengalami ubahan hidrotermal dan mengandung bijih sulfida serta urat kuarsa. Umur dari formasi ini diperkirakan Oligosen Akhir-Miosen Awal.

Batuan terobosan yang dijumpai di daerah ini bersusunan andesit, dasit, diorit dan batuan intrusi gabungan. Batuan intrusi sebagian berupa retas menerobos batuan volkanik dari Formasi Pengulung. Umur batuanannya diduga Miosen Tengah.

Formasi Ekas terdiri dari batugamping kalkarenit, umumnya ber-warna putih, kuning muda dan coklat kemerahan. Setempat berlubang dan kasar, setempat berupa batugamping halus dan tipis mengandung fosil *Lepidocyndina Sp*, *Cyrodipeus Sp*, *Miogyypsina Sp*. Kumpulan fosil ini menunjukkan kisaran umur Miosen Awal hingga Miosen Akhir dengan lingkungan pengendapan laut dalam terbuka. Formasi batuan ini menindih tak selaras Formasi Pengulung dan batuan terobosan.

Formasi Kalipalung terdiri dari perselingan breksi gampingan, tufa andesit dan lava. Tersingkap di sebelah Utara daerah Sengkol. Satuan batuan dari Formasi ini menindih tak

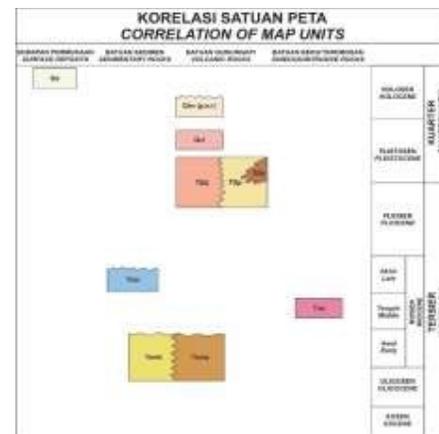
selaras ketiga Formasi di atas. Umurnya diperkirakan Plio-Plistosen.

Batuan G. Api muda gabungan terdiri dari lava, breksi dan tufa yang merupakan hasil kegiatan G. Api Pusuk Nangi dan G. Rinjani bagian Utara dan merupakan satuan batuan G. Api termuda berumur Kuartar.

Aluvium merupakan endapan permukaan berumur Resen terdiri dari kerakal, kerikil, pasir, lempung dan pecahan koral. Sebarannya terdapat pada sungai besar seperti di daerah Pelangan, Sekotong, Pantai Sepi dan Pantai Kuta. Stratigrafi regional Pulau Lombok dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Adapun stratigrafi geologi Kecamatan Batukliang Utara yang terdapat dalam Peta Geologi Regional Lembar Lombok (Mangga Andi, 1994) dari muda ke tua adalah sebagai berikut :

1. Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan (Qhv-r): tersusun oleh lava, breksi dan tuf
2. Formasi Lekopiko (Qvl): tersusun oleh tuf berbatuapung, breksi lahar dan lava.
3. Formasi Kalibabak (TQb): tersusun oleh breksi dan lava.



Gambar 2. Stratigrafi Regional Pulau Lombok.
Sumber: Peta Geologi Regional Lembar Lombok (Mangga Andi, 1994)

Struktur Geologi

Berdasarkan Peta Geologi Regional Lembar Lombok (Mangga Andi, 1994), struktur geologi yang terdapat di daerah ini berupa sesar normal dan sesar geser berarah Baratdaya-Timurlaut, Utara-Selatan dan Tenggara-Baratlaut. Peta geologi regional Pulau Lombok dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 3. Geologi Regional Pulau Lombok dan Lokasi Penelitian. Sumber: Peta Geologi Regional Lembar Lombok (Mangga Andi, 1994)

Longsor

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng.

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan daya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan (Nandi, 2007:6).

Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut : air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan luar lereng (Nandi, 2007:6).

Jenis-jenis Longsor

Longsor terdiri dari beberapa jenis, diantaranya yaitu (Nandi, 2007:14).

1. Longsoran Translasi
Longsoran translasi adalah gerakannya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai.
2. Longsoran Rotasi
Longsoran rotasi adalah gerakannya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.
3. Pergerakan Blok
Perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata.

Longsoran ini disebut juga longsoran translasi blok batu.

4. Runtuhan Batu
Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.
5. Rayapan Tanah
Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah.
6. Aliran Bahan Rombakan
Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunungapi. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

Faktor-faktor Penyebab Longsor

Longsor akibat alami dipengaruhi oleh curah hujan, lereng lahan, geologi atau batuan, keberadaan sesar/patahan/gawir, kedalaman tanah sampai lapisan kedap. Sedangkan longsor akibat aktivitas manusia disebabkan karena ulah manusia yang menyebabkan perubahan-perubahan lingkungan seperti: penggunaan lahan, infrastruktur, dan kepadatan lingkungan (Sebastian, 2008 dalam Saputra Wahyu, 2016).

Gejala umum tanah longsor ditandai dengan munculnya retakan-retakan di lereng yang sejajar dengan arah tebing, biasanya terjadi setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba dan tebing rapuh serta kerikil mulai berjatuh. (Nandi, 2007).

Parameter Kerawanan Longsor

Berikut adalah beberapa parameter kerawanan longsor yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Jenis tanah

Tanah (*soil*) merupakan lapisan teratas dari bumi. Tanah sangat penting bagi manusia karena kehidupan manusia berada di atasnya. Tanah terbentuk dari bebatuan yang mengalami pelapukan. Proses pelapukan ini terjadi dalam waktu yang lama bahkan hingga ratusan tahun. Pelapukan batuan menjadi tanah juga dibantu dengan beberapa mikroorganisme, perubahan suhu dan air. Jenis tanah dari satu daerah dengan daerah lainnya berbeda tergantung dari komponen yang ada di dalam daerah tersebut. Komponen yang ada di dalam tanah yang baik untuk tanaman adalah tanah yang mengandung mineral 50%, bahan organik 5% dan air 25% (Yulia, 2015).

Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dari sudut lereng lebih dari 220. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas (Nandi, 2007:7).

Menurut SK Menteri Pertanian No. 837/Kpts/Um/11/1980 mengklasifikasikan jenis tanah berdasarkan kepekaan tanah terhadap erosi. Berikut adalah jenis tanah beserta bobot:

Tabel 1. Klasifikasi kepekaan jenis tanah terhadap tingkat erosi

Jenis Tanah	Tingkat Erosi	Bobot
<i>Alluvial, Tanah Glei Plaosol Hidromorf</i>	Tidak peka	1
<i>Latosol</i>	Sedikit peka	2
<i>Brown Forest Soil, Non Calcis Brown, Mediteran</i>	Agak peka	3
<i>Andosol, Laterit, Grumosol, Podsol, Podsolik</i>	Peka	4
<i>Regosol, Litosol, Organosol, Renzina</i>	Sangat peka	5

2. Kemiringan lereng

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180 apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar (Nandi, 2007:7).

Terdapat tiga tipe lereng yang rentan untuk bergerak menurut (Karnawati, 2003 dalam Sugianti, 2014), yaitu:

1. Lereng yang tersusun oleh tumpukan tanah residu yang didasari oleh batuan atau tanah yang lebih kompak.
2. Lereng yang tersusun oleh perlapisan batuan yang miring searah kemiringan lereng mau pun berlawanan dengan kemiringan lereng.
3. Lereng yang tersusun oleh blok-blok batuan

Tabel 2. Klasifikasi Kemiringan Lereng berdasarkan (Van Zuidam, 1983 dalam Sugianti, 2014)

Kemiringan (%)	Kelas Lereng	Satuan Morfologi	Bobot
0-8	Datar	Dataran	1
>8-15	Landai	Perbukitan berelief halus	2
>15-25	Agak Curam	Perbukitan berelief sedang	3
>25-45	Curam	Perbukitan berelief kasar	4
>45	Sangat Curam	Perbukitan berelief sangat kasar	5

3. Curah hujan

Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan. Ketika hujan, air akan menyusup ke bagian yang retak sehingga tanah dengan cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, intensitas hujan yang tinggi biasanya

sering terjadi, sehingga kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu yang singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang merekah air akan masuk dan terakumulasi dibagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral. Bila ada pepohonan dipermukaannya, tanah longsor dapat dicegah karena air akan diserap oleh tumbuhan. Akar tumbuhan juga akan berfungsi mengikat tanah (Nandi, 2007:6).

Tabel 3. Klasifikasi intensitas curah hujan (Puslittanak, 2004 dalam Falahnsia, 2015)

Kelas Tataguna Lahan	Tingkat Erosi	Bobot
Hutan tidak sejenis	Tidak peka terhadap erosi	1
Hutan sejenis	Kurang peka terhadap erosi	2
Perkebunan	Agak peka terhadap erosi	3
Permukiman, Sawah, Kolam	Peka terhadap erosi	4
Tegalan, Tanah terbuka	Sangat peka terhadap erosi	5

4. Penggunaan lahan

Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Pada lahan persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor. Sedangkan untuk daerah perladangan penyebabnya adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsor yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsor lama (Nandi, 2007:8).

Intensitas Curah Hujan (Mm/Tahun)	Parameter	Bobot
<1.000	Rendah	1
1.000-2.000	Agak Sedang	2
2.000-2.500	Sedang	3
2.500-3.000	Agak Tinggi	4
>3.000	Tinggi	5

Tabel 4. Klasifikasi Penggunaan Lahan (Karnawati, 2003 dalam Sugianti, 2014)

5. Jenis batuan

Faktor geologi yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah adalah struktur geologi, sifat batuan, hilangnya perekat tanah karena proses alami (pelarutan), dan gempa (Surono, 2003 dalam Effendi, 2008).

Batuan endapan gunung api dan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah apabila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal (Nandi; 2007:8).

Menurut Falahnsia (2015), batuan dalam ilmu geologi tidak selalu merupakan massa yang padat, tetapi pasir yang lepas, batubara yang ringan ataupun liat yang gembur masuk di dalam istilah batuan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa segala sesuatu yang menjadi bahan pembentuk kerak bumi adalah batuan. Batuan-batuan dapat patah dan pecah menjadi lempengan-lempengan karena sifat batuan yang rapuh dan mengalami patahan selama deformasi. Jenis batuan sendiri dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu batuan beku (*Igneous Rocks*), batuan sedimen (*Sedimentary Rocks*) dan batuan metamorf (*Metamorphic Rocks*). Menurut (Munir, 2003 dalam Falahnsia, 2015), batuan beku adalah batuan yang terjadi dari pembeku materi

kental yang berasal dari dalam bumi (magma). Magma panas yang bergerak dari dalam bumi ke permukaan bumi makin lama makin dingin dan akhirnya membeku. Batuan sedimen merupakan batuan yang terjadi karena pengendapan materi hasil erosi. Dimana proses terjadinya, diawali dari batuan yang telah ada, baik berupa batuan beku, metamorf atau batuan sedimen lainnya yang mengalami pelapukan, tererosi, dan terbawa pergi serta kemudian diendapkan di tempat lain. Batuan metamorf adalah batuan yang telah mengalami perubahan dari bentuk asalnya, yakni batuan yang sudah ada baik batuan beku, sedimen maupun batuan metamorf yang lain sehingga terjadi perubahan dari bentuk asalnya.

Tabel 5. Klasifikasi Jenis Batuan menurut (Puslittanak, 2004 dalam Falahnsia, 2015).

Jenis Batuan	Keterangan	Bobot
Batuan Aluvial	Rendah	1
Batuan Vulkanik	Sedang	2
Batuan Sedimen	Agak Tinggi	3
Batuan Sedimen dan Batuan Vulkanik	Tinggi	4

6. Dari 5 parameter di atas akan menghasilkan peta tingkat kerawanan longsor yang terbagi menjadi 3 kelas, yaitu:
1. Kurang Rawan
 2. Rawan
 3. Sangat Rawan

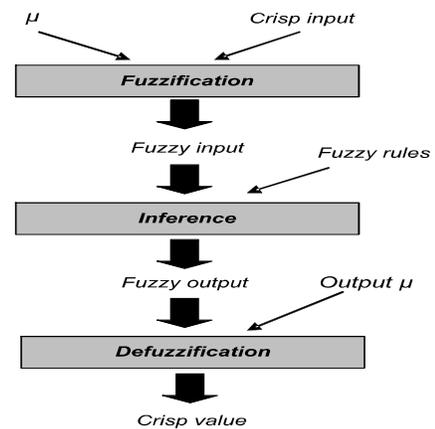
Metode Fuzzy Logic

Secara umum, *fuzzy logic* adalah sebuah metodologi berhitung dengan variabel kata-kata (*linguistic variable*), sebagai pengganti berhitung dengan bilangan (Naba, 2009).

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*. Teori himpunan logika samar ini dikembangkan oleh Prof. Lofti Zadeh pada tahun 1965. Zadeh berpendapat bahwa logika benar dan salah dalam logika konvensional tidak dapat

mengatasi masalah gradasi yang berada pada dunia nyata. Tidak seperti logika *boolean*, logika *fuzzy* mempunyai nilai yang *continue*. Samar dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu, sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama (Al Hakim, 2010).

Suatu sistem berbasis aturan *fuzzy logic* terdiri dari tiga komponen utama yaitu *Fuzzification*, *Inference* dan *Defuzzification* (Suyanto, 2008:28 dalam Akshar, 2013):



Gambar 4. Komponen Utama Fuzzy Logic

Sumber: Penentuan Tingkat Kerawanan Longsor Menggunakan Metode Fuzzy Logic (Akshar, 2013)

1. Fuzzification

Fuzzifikasi merupakan proses pemetaan nilai-nilai input (*crisp input*) yang berasal dari sistem yang dikontrol ke dalam himpunan fuzzy menurut fungsi keanggotaannya. Himpunan fuzzy tersebut merupakan fuzzy input yang akan diolah secara fuzzy pada proses berikutnya.

Fuzzifikasi dijelaskan secara lebih detail oleh (Akshar, 2013:100) yang sudah dimodifikasi sebagai berikut:

- a. Jenis Tanah

Tabel 6. Nilai Linguistik Jenis Tanah

Nilai Linguistik	Nilai x
Tidak Peka	$x \leq 10$
Sedikit Peka	$10 < x \leq 20$
Agak Peka	$20 < x \leq 30$
Peka	$30 < x \leq 40$
Sangat Peka	$x \geq 40$

b. Kelerengan

Tabel 7. Nilai Linguistik Kelerengan

Nilai Linguistik	Nilai x
Datar	$x \leq 8$
Landai	$8 < x \leq 15$
Agak Curam	$15 < x \leq 25$
Curam	$25 < x \leq 45$
Sangat Curam	$x \geq 45$

c. Curah Hujan

Tabel 8. Nilai Linguistik Curah Hujan

Nilai Linguistik	Nilai x
Rendah	$x \leq 1000$
Agak Rendah	$1000 < x \leq 2000$
Sedang	$2000 < x \leq 2500$
Agak Tinggi	$2500 < x \leq 3000$
Tinggi	$x \geq 3000$

d. Penggunaan Lahan

Tabel 9. Nilai Linguistik Penggunaan Lahan

Nilai Linguistik	Nilai x
Tidak Peka Terhadap Erosi	$x \leq 10$
Kurang Peka Terhadap Erosi	$10 < x \leq 20$
Agak Peka Terhadap Erosi	$20 < x \leq 30$
Peka Terhadap Erosi	$30 < x \leq 40$
Sangat Peka Terhadap Erosi	$x \geq 40$

Tabel 10. Nilai Linguistik Jenis Batuan

Nilai Linguistik	Nilai x
Rendah	$x \leq 10$
Sedang	$10 < x \leq 20$
Agak Tinggi	$20 < x \leq 30$
Tinggi	$x \geq 30$

METODE

Penelitian dilakukan secara surface mapping, dengan melakukan pengamatan faktor geologi (litologi, struktur geologi, stratigrafi dan Paleontologi) dan bentuk geomorfologi daerah penelitian. Data penelitian berupa data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari hasil pengamatan lapangan, sedangkan data sekunder berupa data penelitian terdahulu yang bisa dijadikan acuan dalam pengamatan daerah penelitian.



Gambar 5. Flow chart penelitian

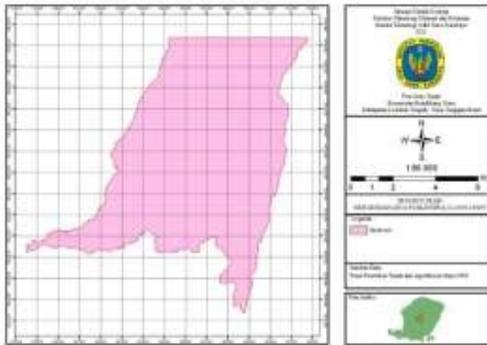
HASIL DAN DISKUSI

1. Hasil Peta Parameter Tanah Longsor

a. Peta Jenis Tanah

Peta jenis tanah, adalah peta yang menggambarkan jenis tanah di daerah penelitian dan dikelompokkan dalam Alluvial, Tanah Gleii Plaosol Hidromorf, Latosol, Brown Forest Soil, Non Calcis Brown, Mediteran, Andosol, Laterit, Grumosol, Podsol, Podsolik, Regosol, Litosol, Organosol, Renzina.

Berdasarkan peta yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat tahun 2000, jenis tanah yang terdapat di Kecamatan Batukliang Utara adalah Andosol yang berwarna coklat tua. Berikut adalah peta jenis tanah Kecamatan Batukliang Utara:



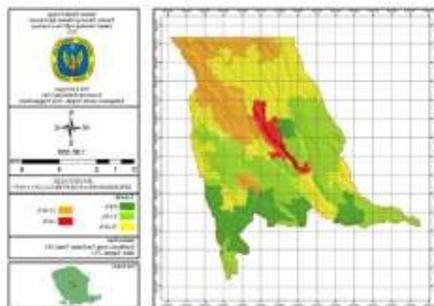
Gambar 6. Peta Jenis Tanah (Modifikasi dari Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 2000)

a. Peta Kemiringan Lereng

Peta kelerengan, adalah peta yang menjelaskan kelas kemiringan lereng di daerah penelitian dan dikelompokkan menjadi kelas datar (0-8%), landai (8-15%), agak curam (15-25%), curam (25-45%), dan sangat curam (>45%).

Berdasarkan data Toponimi dalam bentuk vektor dari Ina-geoportal tahun 2017, kemudian di konversi menjadi bentuk raster lalu di konversi menjadi peta kelerengan menggunakan software Arcgis. Dari data Topo to Raster, kemudian di konversi menjadi data Slope dalam bentuk vektor.

Dari hasil klasifikasi terhadap lokasi penelitian terdapat 5 kelas kemiringan lereng, berikut adalah peta kelerengan Kecamatan Batukliang Utara:



Gambar 7. Peta Kemiringan Lereng (Hasil pengolahan berdasarkan Klasifikasi Lereng Van Zuidam, 1983)

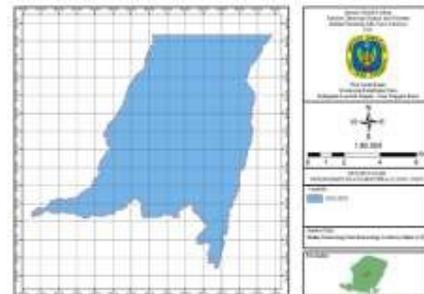
b. Peta Curah Hujan

Peta curah hujan, adalah peta yang menggambarkan intensitas curah hujan pertahun di daerah penelitian dan dikelompokkan menjadi kelas <1000 mm/tahun, kelas 1000-2000 mm/tahun, kelas 2000-2500 mm/tahun, kelas 2500-

3000 mm/tahun dan kelas >3000 mm/tahun.

Berdasarkan data iklim harian yang di analisis dari Badan Metereologi dan Klimatologi Geofisika Tahun 2020, curah hujan di Kecamatan Batukliang Utara memiliki intensitas curah hujan rata-rata harian paling rendah adalah 3.7 mm/Hari dan 1.361 mm/Tahun, sedangkan intensitas curah hujan rata-rata harian paling tinggi adalah 5.1 mm/Hari dan 1870 mm/Tahun.

Dari hasil klasifikasi terhadap lokasi penelitian didapatkan 1 tipe kelas curah hujan, yaitu kelas dengan intensitas hujan 1000-2000 mm/tahun.

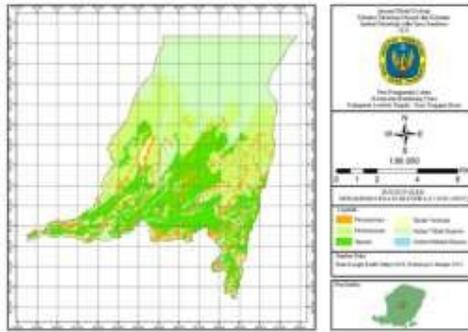


Gambar 8. Peta Curah Hujan (Hasil pengolahan berdasarkan data Badan Metereologi dan Klimatologi Geofisika, 2020)

c. Peta Penggunaan Lahan

Peta penggunaan lahan, adalah peta yang menggambarkan penggunaan lahan di daerah penelitian dan dikelompokkan dalam hutan tidak sejenis, hutan sejenis, perkebunan, pemukiman, sawah, kolam, tegalan dan tanah terbuka.

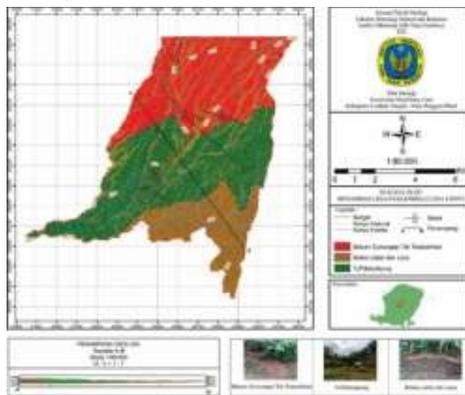
Citra satelit Google Earth dalam bentuk raster di Georeferencing menggunakan software Arcgis lalu digitasi data raster tersebut sehingga menjadi data dalam bentuk vektor, kemudian baru di digitasi. Berikut adalah hasil digitasi peta penggunaan lahan Kecamatan Batukliang utara:



Gambar 9. Peta Penggunaan Lahan (Hasil pengolahan berdasarkan data Google Earth, 2020)

d. Peta Jenis Batuan

Peta geologi adalah peta yang menggambarkan satuan batuan, struktur geologi dan susunan stratigrafinya. Kecamatan Batukliang Utara memiliki peta lintasan yang dapat menunjukkan lokasi pengamatan geologi sehingga dapat mengetahui sebaran batuan. Dalam peta geologi hasil penelitian terbagi dalam 3 satuan batuan, antara lain: Batuan Gunungapi Tak Terpisahkan, Breksi Lahar dan Lava dan Tuf Batuapung.

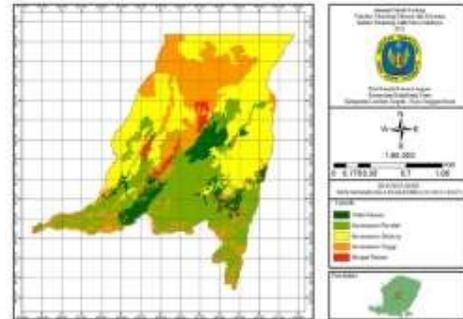


Gambar 10. Peta Geologi (Hasil pengolahan data penelitian)

2. Hasil Peta Daerah Rawan Longsor

Dari hasil pengolahan overlay terhadap kelima parameter tanah longsor dengan sistem fuzzy logic pada ArcGIS, didapatkan hasil peta daerah rawan longsor. Dari hasil tersebut didapatkan 3 kelas tingkat kerawanan longsor diantaranya kelas kurang rawan, kelas rawan dan kelas sangat rawan. Dari 8 desa di Kecamatan Batukliang Utara, diperoleh 5 desa

dengan kelas rawan hingga sangat rawan longsor yaitu Desa Teratak, Desa Tanah Beak, Desa Lantan, Desa Aik Bukaq dan Desa Masmas. Sedangkan 3 desa di Kecamatan Batukliang Utara, diperoleh 3 desa dengan kelas kurang rawan hingga rawan longsor Desa Karang Sidemen, Desa Aik Berik dan Desa Setiling.



Gambar 11. Peta Daerah Rawan Longsor (Hasil pengolahan data penelitian)

Kelas Kerawanan Sedang merupakan yang terluas dari kelas lainnya dengan luas 2798.242775 Hektar, sedangkan Kelas Sangat Rawan merupakan kelas dengan luasan yang terkecil, yaitu 133.284559 Hektar.

Tabel 11. Kelas Daerah Rawan Longsor (Hasil pengolahan data penelitian).

Kelas	Luas Ha
Tidak Rawan	641.670919
Kerawanan Rendah	2239.615204
Kerawanan Sedang	2798.242775
Kerawanan Tinggi	191,258,529
Sangat Rawan	133.284559

SIMPULAN

Kesimpulan yang didapat berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Kondisi geologi yang terdapat di daerah penelitian terdiri dari jenis batuan yang rentan akan erosi dan pelapukan sehingga cukup mempengaruhi adanya potensi longsor.



2. Peta daerah rawan longsor Kecamatan Batukliang Utara yang dihasilkan memiliki 5 kelas yaitu tidak rawan dengan luas 641,7 Hektar, kerawanan rendah dengan luas 2239,6 Hektar, kerawanan sedang dengan luas 2798,2 Hektar, kerawanan tinggi dengan luas 191,3 Hektar dan sangat rawan dengan luas 133,3 Hektar. Dari 8 desa terdapat 3 desa yang memiliki kelas tidak rawan hingga sangat rawan, antara lain Desa Lantan, Desa Karang Sidemen dan Desa Aik Berik.
3. Metode fuzzy logic menggunakan 5 parameter berupa: peta kelerengan yang terdiri dari kelas lereng yang datar (0-8%) sampai sangat curam (>45%) memiliki bobot 1-5 sehingga memiliki pengaruh yang sangat tinggi terhadap potensi longsor, peta penggunaan lahan yang memiliki kelas tataguna lahan dari hutan tidak sejenis yang tidak peka terhadap erosi dengan bobot 1, hutan sejenis yang kurang peka terhadap erosi dengan bobot 2, perkebunan yang agak peka terhadap erosi dengan bobot 3, pemukiman/sawah/kolam yang peka terhadap erosi dengan bobot 4, tegalan/tanah yang sangat peka terhadap erosi dengan bobot 5. Dari pembagian kelas tataguna lahan tersebut, daerah penelitian memiliki pengaruh dominan dari bobot 1,3 dan 4 sehingga memiliki pengaruh yang tinggi terhadap potensi longsor, peta jenis tanah yang terdiri dari jenis tanah Andosol memiliki tingkat erosi yang peka dengan bobot 4 sehingga memiliki pengaruh yang tinggi terhadap potensi longsor, peta geologi yang terdiri dari batuan vulkanik memiliki parameter sedang dengan bobot 2 sehingga memiliki pengaruh yang cukup tinggi terhadap potensi longsor, peta curah hujan yang memiliki intensitas curah hujan sebesar 1.000-2.000 mm/tahun memiliki parameter agak sedang dengan bobot 2 sehingga pengaruh yang cukup tinggi terhadap potensi longsor. Dari 5 parameter tersebut yaitu: parameter kelerengan, penggunaan lahan dan jenis tanah memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap peta daerah rawan longsor di Kecamatan Batukliang Utara. Sedangkan parameter jenis batuan dan curah hujan memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap peta daerah rawan longsor di Kecamatan Batukliang Utara.

Saran

Saran yang saya berikan pada hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya, bisa dilakukan menggunakan metode fuzzy logic yang lain seperti metode Fuzzy Logic Mamdani, metode Takagi Sugeno atau metode Tsukamoto karena metode Fuzzy Logic yang saya gunakan memiliki keakuratan yang kurang dari 80%.
2. Sebaiknya membangun dinding penahan tanah pada bagian tebing lereng untuk mencegah terjadinya longsor, khususnya di daerah bekas tambang yang digunakan sebagai jalan utama.
3. Perlu adanya optimalisasi peta daerah rawan longsor di Kecamatan Batukliang Utara dengan menggunakan metode geolistrik untuk mengetahui secara detail potensi geologi di bawah permukaan yang bisa mempengaruhi terjadinya longsor atau metode kinematik yang memiliki perhitungan lebih rinci terhadap potensi rawan longsor.
4. Perlu adanya sosialisasi yang lebih intensif kepada masyarakat di Kecamatan Batukliang Utara tentang hasil riset agar dapat mencegah kerusakan maupun korban jiwa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada pimpinan ITATS yang telah banyak mensupport penelitian ini, serta para pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Akhirnya, terima kasih disampaikan kepada penyelenggara SEMITAN III, sehingga penulis dapat mempublikasikan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akshar, 2013. Penentuan Tingkat Kerawanan Longsor Menggunakan Metode Fuzzy Logic.
- Al-Hakim, Jabar. 2010. Perancangan Prediktor Cuaca Maritim Dengan Metode Logika Fuzzy Untuk Meningkatkan Jangkauan Ramalan: Studi Kasus Pelayaran Surabaya-Banjarmasin. Surabaya: Jurusan Teknik Fisika. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anonim. 2013. Merumuskan Hipotesis. Jurusan Pendidikan Bahasa Jerman, Fakultas Bahasa dan Seni, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Arief Yusuf Effendi, dan Teguh Hariyanto. 2016. Pembuatan Peta Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor dengan Menggunakan Metode Fuzzy logic (Studi Kasus: Kabupaten Probolinggo). Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan



- Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2013. Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana Tingkat Kabupaten/Kota.
Karnawati, D., 2003. "Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya." Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2009. Identifikasi dan Karakterisasi Lahan Rawan Longsor dan Rawan Erosi di Dataran Tinggi untuk Mendukung Keberlanjutan Pengelolaan Sumberdaya Lahan Pertanian. BBSDLP, Bogor.
Kusnadi. 2012. Geo-Factor Maps Sebagai Parameter Dalam Analisis Tanah Longsor Dengan Metode Statistik Bivariat Di Lombok. Dinas Energi Dan Pertambangan, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Federal Institute For Geosciences And Natural Resources (Bgr), Jerman. Pusat Vulkanologi Dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi, Bandung.
- Dewila, T.S. 2017. Zonasi Rawan Bencana Tanah Longsor Dengan Metode Analisis Gis: Studi Kasus Daerah Semono Dan Sekitarnya, Kecamatan Bagelen, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Upn "Veteran" Yogyakarta.
Kusumadewi, Sri. 2002. Analisis Dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Effendi, A.D. 2008. Identifikasi Kejadian Longsor Dan Penentuan Faktor-Faktor Utama Penyebabnya Di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor. Skripsi. Departemen Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
Kusumadewi, Sri. 2003. Artificial Intelligent. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Falahnsia, A.R. 2015. Analisa Bencana Longsor Berdasarkan Nilai Kerapatan Vegetasi Menggunakan Citra Aster Dan Landsat 8 (Studi Kasus : Sekitar Sungai Bedadung, Kabupaten Jember). Program Magister Bidang Keahlian Geoinformasi, Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
Mangga Andi, 1994. Peta Geologi Regional Lembar Lombok. Nusa Tenggara Barat. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Gunradi, R. 2005. Evaluasi Sumber Daya/Cadangan Bahan Galian Untuk Pertambangan Sekala Kecil, Daerah Pulau Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat.
Mangga, S. A., Atmawinata, S., Hermanto, B., Setyogroho, B., Amin, T. C. 1994. Geological Map of the Lombok Sheet, West Nusa Tenggara. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Gupta, Avijit. 2002. The Physical Geography of South East Asia. Oxford University Press. London.
Mayasari, D. 2013. Analisis Tingkat Bahaya Longsor Terhadap Keberadaan Pemukiman di Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat. Universitas Indonesia.
- Intarawichian, N. and Dasananda, S. 2010. Analytical hierarchy process for landslide susceptibility mapping in lower Mae Chaem Watershed, Northern Thailand. Journal of Science and Technology 17(3):277-292.
Mentan. 1980. Surat Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No 837/Kpts/Um/11/1980. Menteri Pertanian. Jakarta.
- Karnawati, D. 2001. Bencana Alam Gerakan Tanah Indonesia Tahun 2000 (Evaluasi dan Rekomendasi). Jurusan Teknik Geologi.
Munir, Moch. (2003), Geologi Lingkungan, Edisi Pertama, Bayumedia Publishing, Malang.
- Naba, Agus. 2009. Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab. Yogyakarta: ANDI.
- Nandi. 2007. Longsor, FPIPS-UPI.
- Parorak, C. 2019. Analisis Kualitas Batu Gamping Sebagai Bahan Baku Semen Portland di Desa Solokuro dan Sekitarnya, Kecamatan Solokuro, Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur. Jurusan Teknik Geologi,



- Fakultas Teknologi Mineral dan Kelautan,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. Menggunakan Metode Storie. Pusat
Penelitian Geoteknologi LIPI.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum
No.22/PRT/M/2007 Tentang Pedoman
Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana
Longsor. Surono. 2003. Potensi Bencana Geologi di Kabupaten
Garut. Prosiding Semiloka Mitigasi Bencana
Longsor di Kabupaten Garut. Pemerintah
Kabupaten Garut.
- Prestininzi, A., Romeo, R. 2000. Earthquake induced
ground failures in Italy. *Engineering
Geology*, 58, 387-397. Suyanto. 2008. *Soft Computing Membangun Mesin
Ber-IQ Tinggi*. Bandung: Informatika.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat
(PUSLITANAK). 2004. Petunjuk Teknis
Evaluasi Lahan. Badan Penelitian dan
Pengembangan Pertanian. Departemen
Pertanian. UU No 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan
Bencana
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
2005. *Pengenalan Gerakan Tanah*. Jakarta:
Mancamedia. Van Zuidam, R.A., 1983, *Guide to Geomorphologic
Aerial Photographic Interpretation and
Mapping*, ITC Enschede, Netherlands.
- 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. Yulia. 2015. 18 Jenis-Jenis Tanah Di Indonesia:
Manfaat, Persebaran Gambarnya.
- Rasyid Alkhoir Lubis, dkk. 2018. Pemetaan Tingkat
Kerawanan Longsor Berdasarkan Curah
Hujan dan Geologi Menggunakan Metode
Fuzzy Logic Di Kecamatan Leupung
Kabupaten Aceh Besar. Program Studi Ilmu
Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah
Kuala. Zadeh, L. A. 1994. *Fuzzy Logic, Neural Networks
and Soft Computing*. Communication of The
ACM , pp. 77-84.
- Riwandy. 2010. Pola Spasial Daerah Tujuan Wisata
Pantai Di Pulau Lombok. Fakultas
Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Departemen Geografi, Universitas
Indonesia. Zulmi, A.P.P, dkk. 2015. *Struktur Geologi Bali Dan
Nusa Tenggara*. Jurusan Geografi, Program
Studi S1 Geografi, Fakultas Ilmu Sosial,
Universitas Negeri Malang.
- Saputra Wahyu. 2016. Analisis Fuzzy Logic
Mamdani: Tingkat Kerawanan Longsor Di
Kawasan Pujon. Jurusan Fisika Fakultas
Sains Dan Teknologi Universitas Islam
Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Sebastian, Ligo. 2008. Pendekatan Pencegahan Dan
Penanggulangan Banjir. Palembang:
Fakultas Teknik Universitas Palembang.
- Soehatman, Ramli. 2010. *Manajemen Bencana*.
Jakarta: Dian Rakyat.
- Sugianti. 2014. Pengklasan Tingkat Kerentanan
Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan