



ANALITIKAL HIERARKI PROSES UNTUK PEMETAAN KERENTANAN TANAH
LONGSOR DI KECAMATAN SEKINCAU LAMPUNG BARAT

Fani Mulyana Indahsari^{1*}, Dicky Muslim¹, Emi Sukiyah¹, Prahara Iqbal²

¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran

²Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia – LIPI

*korespodensi: fanimulyana@gmail.com

ABSTRAK

Bahaya tanah longsor mengakibatkan banyak korban jiwa dan harta benda. Kerusakan ini dapat dikurangi jika hubungan sebab dan akibat dari peristiwa tersebut diketahui. Dalam studi ini, kami menggunakan metode analitis hirarki proses (AHP) untuk menghasilkan peta kerentanan longsor Kecamatan Sekincau Lampung Barat. Studi ini dilakukan dengan menggunakan data penginderaan jauh, survei lapangan dan perangkat sistem informasi geografis (SIG). Sembilan faktor yang mempengaruhi terjadinya longsor, seperti elevasi, orientasi lereng, sudut kemiringan, jarak dari drainase, jenis tanah, jarak dari kelurusan, jarak dari jalan raya, densitas drainase, dan NDVI dipertimbangkan. Indeks kerentanan longsor (LSI) dihitung menggunakan teknik deliniasi berdasarkan bobot dan peringkat yang diberikan oleh metode AHP. Hasil peta kerawanan dibagi menjadi tiga kelompok yaitu tingkat kerentanan rendah, sedang, dan tinggi. Peta kerentanan longsor yang diperoleh berguna untuk pencegahan dan mitigasi bahaya longsor, dan perencanaan yang tepat untuk penggunaan lahan di masa depan.

Kata kunci: Analitikal Hierarki Proses, Kerentanan longsor, Sistem Informasi Geografis

ABSTRACT

The danger of landslides resulted in many casualties and property. This damage can be reduced if the cause and effect relationship of the event is known. In this study, we used the process hierarchy analytical method (AHP) to generate a landslide susceptibility map in Sekincau Sub-district, West Lampung. This study was conducted using remote sensing data, field surveys and geographic information system (GIS) tools. Nine factors that influence landslide occurrence, such as elevation, slope orientation, slope angle, distance from drainage, soil type, distance from straightness, distance from highway, drainage density, and NDVI are considered. The landslide susceptibility index (LSI) was calculated using a delineation technique based on the weights and ratings given by the AHP method. The results of the vulnerability map are divided into three groups, namely low, medium, and high vulnerability levels. The landslide susceptibility map obtained is useful for the prevention and mitigation of landslide hazards, and proper planning for future land use.

Keywords: Process Hierarchy Analytical, Landslide Susceptibility, Geographic Information System

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan fenomena yang merusak alam dan menimbulkan permasalahan serius terutama di daerah perbukitan, Tanah longsor sering kali yang mengakibatkan hilangnya nyawa manusia dan harta benda serta kerusakan sumber daya alam yang cukup parah. Resiko yang ditimbulkan oleh tanah longsor biasanya didefinisikan sebagai perkiraan jumlah nyawa yang hilang, orang yang terluka, kerusakan infrastruktur dan kegiatan ekonomi yang terganggu akibat tanah longsor yang terjadi di area dan periode tertentu.

Tanah longsor terjadi selama adanya gravitasi perpindahan tanah atau batuan yang tidak stabil oleh iklim alami, fenomena geomorfologi, geologi atau oleh aktivitas manusia. Tanah longsor terjadi pada batuan yang sangat retak dan berubah, menjadi sensitif terhadap tanah longsor, seperti lempung, napal, atau gypsum. Banyak parameter alam dan/atau antropogenik menentukan munculnya dan perkembangan gerakan tanah longsor (topografi, geologi, hidrologi, hidrogeologi, erosi cepat kaki lereng tertentu, urbanisasi, dll.). Namun, fenomena meteorologi tampaknya menyebabkan jumlah peristiwa terbesar.

Untuk mengurangi risiko terjadinya longsor maka perlu mengetahui tentang daerah mana saja yang berpotensi longsor. Untuk lebih mudah dalam mencernanya maka informasi ini biasanya digambarkan dalam bentuk peta kerawanan longsor. Perumusan dan analisis peta ini bergantung pada pengetahuan yang kompleks tentang pergerakan lereng dan faktor-faktor pengontrolnya.

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Sekincau, Kabupaten Lampung Barat. Kabupaten Lampung Barat adalah salah satu kabupaten di Provinsi Lampung yang memiliki kondisi geografis perbukitan dan pegunungan (Anonim, 2016).

Topografi yang berbukit dan bergunung-gunung merupakan ciri khas medan di sebagian besar wilayah Lampung Barat yang merupakan daerah perbatasan dua Provinsi yaitu: Provinsi Lampung dengan provinsi Sumatra Selatan. Berdasarkan pengamatan di lapangan dan data surat kabar Lampung Post tahun 2013 hingga bulan Juli tahun 2016, di daerah ini telah terjadi peristiwa tanah longsor sebanyak \pm 16 kejadian. Umumnya kejadian longsor terjadi di sepanjang jalur jalan transek, yaitu jalur jalan transek Liwa-Bukit Kemuning, jalur jalan transek Liwa-Ranau, dan jalur jalan transek Liwa (Mulyono & Iqbal, 2015). Sehingga Badan Penanggulangan Bencana menetapkan Kabupaten Lampung Barat sebagai salah satu wilayah dengan tingkat kerawanan yang cukup tinggi.

Tingkat kepercayaan yang dimiliki oleh sebuah peta kerentanan longsor sebagian besar bergantung pada jumlah serta kualitas data yang tersedia, skala kerja, pemilihan metodologi analisis dan pemodelan yang tepat. Proses pembuatan peta melibatkan beberapa pendekatan kualitatif atau kuantitatif. Langkah awal yang harus dilakukan adalah menentukan kelas kerentanan dengan melakukan *overlay* secara kualitatif beberapa karakteristik geologi dan morfologi lereng untuk inventarisasi longsor. Namun perkembangan ilmu pengetahuan yang semakin cepat membuat beberapa standar penilaian menjadi lebih canggih. Beberapa metode tersebut melibatkan teknik seperti AHP, bivariat, multivariat, regresi logistik, logika *fuzzy*, yang telah dilaporkan melalui publikasi dalam beberapa tahun terakhir.

Berbicara mengenai metode kualitatif. Jenis yang paling umum hanya memeriksa peta inventarisasi terjadinya longsor di wilayah sebelumnya untuk mengidentifikasi wilayah rawan longsor dengan menggabungkan parameter geologi dan geomorfologi serupa yang mungkin rentan terhadap keruntuhan lereng.

Beberapa pendekatan kualitatif menggabungkan gagasan mengenai pemeringkatan dan pembobotan. Metode ini dapat berkembang menjadi semi-kuantitatif. Penerapan metode analitis hirarki proses (AHP), yang dikembangkan oleh Saaty (Saaty, 1980) untuk pemetaan kerentanan longsor telah digunakan dalam beberapa publikasi

Metode kuantitatif didasarkan pada persamaan numerik dari hubungan antara faktor pengendali dan aktivitas longsor. Ada dua jenis metode kuantitatif: deterministik dan statistik (Aleotti, P. Chowdhury, 1999) Metode kuantitatif deterministik bergantung pada prinsip-prinsip rekayasa ketidakstabilan lereng yang dinyatakan dalam faktor keamanan. Karena kebutuhan akan data yang lengkap dari masing-masing lereng, metode ini seringkali efektif untuk memetakan hanya area kecil. Pemetaan kerentanan longsor menggunakan pendekatan statistik multivariat atau bivariat menganalisis hubungan historis antara faktor pengendali longsor dan distribusi longsor.

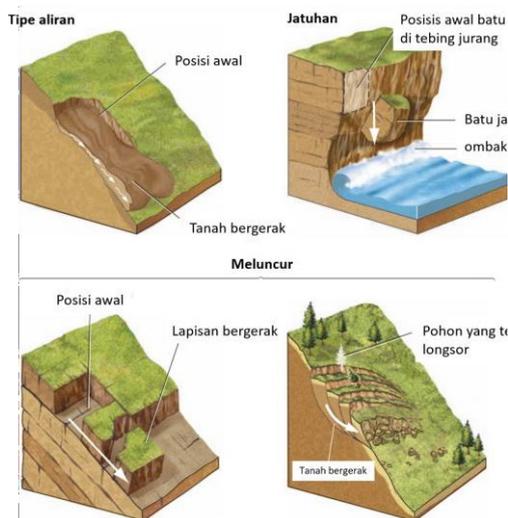
Perkembangan teknologi yang semakin pesat sebanding dengan perkembangan metode penelitian berbasis computer. Metode berbasis komputer ditemukan berguna dalam pemetaan bahaya tanah longsor. Salah satu alat penting tersebut adalah sistem informasi geografis (SIG). SIG umumnya didefinisikan sebagai seperangkat alat yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, menampilkan, dan mengubah data spasial. Dengan bantuan GIS, dimungkinkan untuk mengintegrasikan data spasial dari parameter yang berbeda untuk menentukan pengaruh beberapa parameter terhadap probabilitas terjadinya longsor. Proses pemetaan kerawanan longsor berbasis GIS saat ini melibatkan beberapa metode yang dapat dianggap kualitatif atau kuantitatif seperti yang dinyatakan sebelumnya.

2. KAJIAN PUSTAKA

Tanah Longsor

Longsor didefinisikan sebagai gerakan massa batuan, puing-puing atau tanah menuruni lereng (Cruden, 1991). Pergerakan massa didefinisikan sebagai gerakan gravitasi ke luar dan ke bawah dari material bumi tanpa bantuan air yang mengalir sebagai agen pengangkut (Crozier, 1986). Tanah longsor merupakan fenomena alam yang merusak yang sering menimbulkan masalah serius di daerah perbukitan, yang mengakibatkan hilangnya nyawa manusia dan harta benda serta kerusakan parah pada sumber daya alam. Risiko longsor biasanya didefinisikan sebagai perkiraan jumlah nyawa yang hilang, orang yang terluka, kerusakan properti dan kegiatan ekonomi yang terganggu karena bahaya longsor tertentu untuk area dan periode tertentu (Varnes, 1984).

Longsor adalah peristiwa keruntuhan lereng yang paling terkenal. Ketika tanah longsor terjadi, material tanah dipindahkan ke bawah sampai kondisi lereng stabil yang baru terbentuk kembali. Berbagai jenis tanah longsor dapat dibedakan berdasarkan jenis material yang terlibat dan cara pergerakannya. Klasifikasi tanah longsor didasarkan pada deskriptor dua istilah; istilah pertama menggambarkan jenis material sebelum kegagalan dan istilah kedua menggambarkan jenis gerakan (Varnes, 1978). Tiga jenis utama tanah longsor berdasarkan pergerakannya yaitu; (i) aliran, (ii) jatuhan, dan (iii) luncur (Plummer et al., 2007). Aliran mengacu pada tanah yang bergerak menuruni lereng sebagai cairan kental. Jatuhan terjadi ketika material jatuh bebas atau memantul ke bawah tebing. Luncuran adalah bagian bawah tanah yang relatif utuh, bergerak sepanjang satu atau lebih permukaan yang terdefinisi dengan baik.



Gambar 1 Tipe longsoran (Plummer., 2007)

Dalam longsoran translasi, sebagian besar tanah yang turun bergerak sepanjang bidang yang kira-kira sejajar dengan kemiringan permukaan, sedangkan longsoran rotasi melibatkan pergerakan sepanjang permukaan yang melengkung, bagian atas bergerak ke bawah dan bagian bawah bergerak ke luar. Jenis material yang terlibat dalam longsor dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok; batuan dasar dan tanah. Tanah umumnya merupakan bahan permukaan yang tidak terkonsolidasi. Ini dibagi lagi menjadi puing-puing dan tanah tergantung pada teksturnya. (Varnes, 1984).

Pemetaan Bahaya atau Kerentanan Tanah Longsor

Kepraktisan peta bahaya atau kerentanan tanah longsor sangat dipengaruhi oleh perbedaan konseptual. Istilah bahaya didefinisikan oleh Varnes (1984) sebagai kemungkinan terjadinya fenomena yang berpotensi merusak dalam periode waktu dan area tertentu.

Konsep zonasi bahaya (misalnya, peta yang menunjukkan distribusi spasial kelas bahaya) merupakan inti dari fase analisis spasial dan prediksi bahaya terjadinya longsor. Menurut Varnes (1984), zonasi mengacu pada pembagian tanah di daerah yang homogen dan peringkatnya menurut tingkat bahaya aktual atau

potensial yang disebabkan oleh gerakan massa. Oleh karena itu, diperlukan pengetahuan tentang faktor-faktor yang menentukan kemungkinan terjadinya longsor pada suatu lereng atau daerah tertentu, yang menurut Dai et al. (2002) dapat dikelompokkan menjadi dua kategori: (1) variabel persiapan yang membuat lereng rentan terhadap keruntuhan tanpa memicunya, seperti geologi, kemiringan lereng dan aspek, elevasi, sifat geoteknik tanah, tutupan vegetasi dan pola drainase jangka panjang dan pelapukan ; dan (2) variabel pemicu seperti curah hujan yang tinggi, ledakan gletser.

Pemetaan bahaya longsor didefinisikan oleh Guzzetti et al. (1999) sebagai prediksi kuantitatif dari distribusi spasial dari kedua endapan tanah longsor dan lereng yang kemungkinan besar menjadi lokasi keruntuhan, yang pergerakan atau reaktivasi akan terjadi dengan cara dan dalam jangka waktu yang ditentukan dari informasi yang tidak secara langsung tergabung dalam analisis. Secara umum, tujuan pemetaan bahaya longsor atau kerentanan adalah untuk menyoroti distribusi regional dari lereng yang berpotensi tidak stabil berdasarkan studi rinci tentang faktor-faktor yang menyebabkan longsor. Peta yang dihasilkan berguna untuk menetapkan standar dan persyaratan penggunaan lahan di dalam dan di sekitar lereng yang kemungkinan besar akan gagal, untuk menilai kerentanan lahan akan mempengaruhi stabilitas suatu kawasan, dan untuk opsi mitigasi.

3. METODOLOGI

Dalam studi ini, teknik AHP digunakan untuk menghasilkan peta kerawanan longsor untuk Kecamatan Sekincau, Lampung Barat yang merupakan wilayah yang rentan akan bencana tanah longsor. Untuk mencapai hal ini, tumpengsusun dari laporan tematik yang relevan berkaitan dengan parameter penyebab tanah longsor dihasilkan

menggunakan data hasil penginderaan jauh, survei lapangan dan sistem informasi geografis. Peta kerawanan longsor di wilayah studi akhirnya dibuat dengan menggunakan metode AHP. Dalam metode ini, nilai indeks kerentanan longsor (LSI) untuk setiap piksel yang dipertimbangkan dihitung dengan menjumlahkan bobot masing-masing faktor dikalikan bobot kelas (atau peringkat) dari setiap faktor yang dirujuk (untuk piksel tersebut) ditulis sebagai berikut:

Untuk analisis kerawanan longsor, dengan menggunakan bobot faktor dan peringkat (Tabel 4.1) dari AHP, nilai indeks kerawanan longsor (LSI) dihitung dengan menjumlahkan peringkat masing-masing faktor dikalikan bobot masing-masing faktor dengan menggunakan persamaan berikut:

$$LSI = \sum_0^n Ri \times Wi$$

Dimana:

Skala Perbandingan Berpasangan (Saaty, 2002)

$LSI = Landslide\ susceptibility\ index$

$Ri =$ Kelas dari setiap kategori

$Wi =$ Berat dari setiap kategori

Dalam studi ini, AHP mempertimbangkan sistem pembobotan dan peringkat. Kotak-kotak diagonal dari matriks perbandingan berpasangan selalu mengambil nilai tertentu dari 1. Kotak-kotak di bagian atas dan bawah simetris satu sama lain dan nilai-nilai yang sesuai, oleh karena itu, timbal balik satu sama lain. Setelah matriks dibangun, bobot yang jumlahnya sama dengan satu, akan diperoleh oleh prosesor gambar berbasis komputer dengan lapisan tematik dari semua faktor penyebab yang dikategorikan berdasarkan bobot kelas sebagai input. Tetapi, ketika parameternya sedikit, bobot juga dapat diturunkan dengan serangkaian proses penjumlahan dan pembagian sederhana. Bobot tersebut kemudian dianggap sebagai rata-rata dari semua cara yang mungkin untuk membandingkan faktor-faktor penyebab (Malczewski, 1999).

Skala	Derajat Preferensi	Penjelasan
1	Sama penting	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar.
3	Sedikit lebih penting	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya, Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya.
5	Lebih penting	Elemen yang satu lebih penting daripada yang lainnya, Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen yang lainnya.
7	Lebih Mutlak	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya, Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek.
9	Mutlak	Satu elemen mutlak penting daripada elemen lainnya, Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan.

2,4,6,8	Intermediet	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan-pertimbangan yang berdekatan, Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi di antara 2 pilihan
---------	-------------	---

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan peta zona kerentanan longsor merupakan langkah akhir dalam manajemen bahaya. Dalam penelitian ini, parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya dapat disusun dengan teknik kualitatif dan kuantitatif berbasis sistem informasi geografis yang berguna untuk menganalisis hubungan antara longsor dan parameter yang mempengaruhinya. Penginderaan jauh dan metodologi berbasis SIG untuk peta kerawanan longsor juga disajikan dalam penelitian ini. Bobot dan sistem penilaian berdasarkan kepentingan relatif dari berbagai faktor penyebab yang berasal dari data penginderaan jauh dan peta tematik lainnya dilakukan (Saha et al., 2002)

Dalam studi ini, AHP berbasis GIS sebagai pendekatan evaluasi multikriteria digunakan untuk mengidentifikasi potensi kejadian longsor di Kecamatan Sekincau. Pendekatan yang akan digunakan untuk menetapkan zonasi kerentanan longsor menggunakan operasi tumpang tindih klasik setelah membuat peta yang mewakili faktor-faktor utama yang mempengaruhi longsor.

Parameter yang digunakan antara lain elevasi, aspek kemiringan lereng, sudut kemiringan lereng, jarak dari drainase, litologi, jarak dari kelurusan, dan NDVI. Kelas yang berbeda dari lapisan tematik diberi bobot dan nilai peringkat yang sesuai sebagai informasi atribut dalam SIG dan "peta atribut" dihasilkan untuk setiap lapisan data. Penjumlahan dari peta atribut ini kemudian dikalikan dengan bobot dan peringkat yang sesuai untuk menghasilkan indeks kerentanan longsor untuk setiap grid.

Model AHP secara konvensional didasarkan pada sistem penilaian yang diberikan oleh pendapat para ahli. Pendapat para ahli ini sangat berguna dalam menyelesaikan masalah kompleks seperti longsor. Namun, sampai batas tertentu, pendapat dapat berubah untuk setiap ahli individu, dan dengan demikian mungkin tunduk pada keterbatasan kognitif dengan ketidakpastian dan subjektivitas. Oleh karena itu, penting untuk menganalisis hubungan spasial antara faktor pengkondisian longsor dan lokasi longsor. Dalam studi ini, analisis spasial dari setiap parameter dan pengamatan lapangan dipertimbangkan untuk penilaian kriteria pembobotan.

Bobot dan peringkat ditetapkan untuk setiap lapisan atribut dan kelasnya masing-masing. Penjumlahan dari lapisan-lapisan ini dilakukan dan skor kumulatif dikelompokkan kembali menjadi tiga kelas. Cara untuk klasifikasi ini adalah dengan menggunakan algoritma untuk memisahkan indeks kerentanan longsor ke dalam tingkat kelas kerentanan longsor yaitu tinggi, sedang, dan rendah.

Hasil akhir terdiri dari bobot faktor dan bobot kelas, dan rasio konsistensi terhitung (CR), seperti terlihat pada Tabel 4.1. Dalam AHP, konsistensi yang digunakan untuk membangun matriks diperiksa dengan rasio konsistensi, yang bergantung pada jumlah parameter. Untuk matriks 10-10, CR harus kurang dari 0,1 agar bobot yang dihitung bisa dihitung. CR adalah rasio antara indeks konsistensi matriks dan indeks acak, dan secara umum berkisar dari 0 hingga 1. Indeks acak adalah indeks konsistensi rata-rata yang diperoleh dengan menghasilkan sejumlah besar

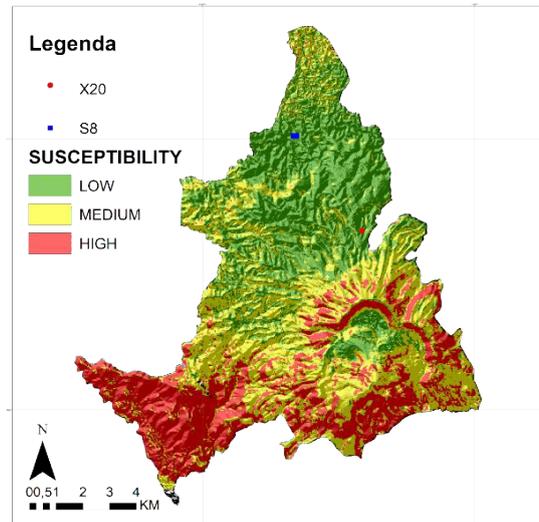
matriks acak. Sebuah CR mendekati 0 menunjukkan probabilitas tinggi bahwa bobot yang dihasilkan secara acak (Saaty, 1980; 1994).

Model dengan CR lebih besar dari 0,1 secara otomatis ditolak, CR kurang dari 0,1 sering diterima. Dengan metode AHP, nilai bobot faktor spasial ditentukan. Menggunakan prosedur penjumlahan linier tertimbang bobot yang diperoleh digunakan untuk menghitung kerentanan longsor. Dalam penelitian ini, CR adalah 0,036, rasio tersebut menunjukkan tingkat konsistensi yang wajar dalam perbandingan berpasangan, yang cukup baik untuk mengenali bobot faktor. Akibatnya, berat yang sesuai dengan curah hujan adalah yang tertinggi, sedangkan elevasi terendah (Tabel 1). Untuk semua kasus bobot kelas, CR kurang dari 0,1, rasio menunjukkan tingkat konsistensi yang wajar dalam perbandingan berpasangan, yang cukup baik untuk mengenali bobot kelas.

Tabel 1 Matriks perbandingan berpasangan dari setiap parameter.

PARAMETER	TANAH	SLOPE	ASPEK	ELEVASI	NDVI	JARAK DARI KELURUSAN	JARAK DARI DRAINASE	JARAK DARI JALAN	DD
TANAH	1	1	8	8	3	5	7	5	6
SLOPE	1	1	8	7	5	3	3	5	6
ORIENTASI	1/8	1/8	1	1	1/3	5	3	5	1
ELEVASI	1/8	1/7	1	1	1/3	5	3	5	1
NDVI	1/3	1/5	3	3	1	1	3	5	2
KELURUSAN	1/5	1/3	1/5	1/5	1	1	3	5	3
DRAINASE	1/7	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	3	1
JALAN	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/5	1/3	1	1/2
SUM	3 1/8	3 1/3	21 3/4	20 3/4	11 1/3	20 1/2	23 1/3	34	20 1/2

Dalam metode ini, nilai indeks yang dihitung (LSI) dari semua sel dalam area studi (3.091.791 sel dalam kasus ini) diurutkan dalam urutan menurun (dari nilai LSI tinggi ke rendah). Kemudian nilai sel yang dihasilkan ini dibagi menjadi 100 kelas, dengan akumulasi interval 1%. Hal ini menghasilkan 100 kelas kerentanan longsor yang tersedia untuk melakukan penilaian akurasi. Urutan peringkat (dari 1 hingga 100) kemudian diberikan kepada masing-masing kelas mulai dari kerentanan tinggi hingga kerentanan rendah.



Gambar 2 Peta kerawanan longsor berdasarkan model AHP

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa LSI memiliki nilai minimum 0,125 dan nilai maksimum 2,375. LSI mewakili kerentanan relatif dari kejadian longsor. Oleh karena itu, semakin tinggi indeks, semakin rentan daerah tersebut terhadap longsor. Jika nilai LSI tinggi maka kerawanan longsor semakin tinggi, semakin rendah nilai kerawanan longsor semakin rendah. Nilai LSI ini dibagi menjadi tiga kelas berdasarkan rentang patahan alami yang mewakili tiga zona berbeda dalam peta kerawanan longsor yaitu daerah dengan kerentanan tinggi (HS), kerentanan sedang (MS), dan kerentanan rendah (LS) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

5. KESIMPULAN

Dalam studi ini model analitis hirarki proses (AHP) diterapkan untuk mengembangkan peta kerentanan longsor untuk Kecamatan Sekincau Lampung Barat. Dalam penelitian ini dilakukan inventarisasi tentang faktor-faktor penyebab tanah longsor dengan menggunakan metode AHP, yang memungkinkan analisis tanah longsor yang cepat dan praktis berdasarkan pengumpulan data dan analisis data yang penting untuk

kerentanan longsor. Zonasi yang dihasilkan dibagi menjadi menjadi tiga yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

REFERENSI

- Aleotti, P. Chowdhury, R. (1999). Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 1(58), 21–44.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s100640050066>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York.
- Saaty, T. L. (2002). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *Scientia Iranica*, 9(3), 215–229.
<https://doi.org/10.1504/ijssci.2008.017590>
- Aleotti, P. Chowdhury, R. (1999). Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 1(58), 21–44.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s100640050066>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw Hill, New York.
- Saaty, T. L. (2002). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *Scientia Iranica*, 9(3), 215–229.
<https://doi.org/10.1504/ijssci.2008.017590>