

Pemodelan spasial bahaya dan kerentanan bencana tanah longsor dengan metode AHP berbasis SIG

GIS-based AHP spatial modeling for landslide hazard and vulnerability

Endro Kuncoro*, Erviany Indira Rismayanti, Irfani Rahman

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Achmad Yani Km. 35,5, Banjarbaru, (0511) 4773858-4773868

e-mail: *endrokuncoro.1402012@gmail.com, Indiraerviany@gmail.com, irfanirahman014@gmail.com

ABSTRAK

Kalimantan adalah pulau paling aman, karena aman dari bencana geologi seperti tsunami, gempa dan erupsi gunung berapi. Namun pulau ini tidak dapat dikatakan aman dari gerakan tanah/longsor. Awal tahun 2021, intensitas hujan di Pulau Kalimantan sangat tinggi, sehingga mengakibatkan bencana banjir terbesar dalam 100 tahun terakhir. Tingginya intensitas hujan menyebabkan terjadinya gerakan tanah. Hal ini melatarbelakangi kajian pemodelan bencana gerakan tanah ini. Studi difokuskan di Kecamatan Aranio, dimana terdapat waduk sumber air baku bagi masyarakat di 3 Kabupaten/Kota. Selain itu, waduk ini juga digunakan untuk menggerakkan turbin PLTA Riam Kanan, sehingga bila terjadi gerakan tanah di sekitar Waduk ini, akan berdampak terhadap kehidupan masyarakat dan pasokan listrik.

Metode yang digunakan adalah *Analytical Hierarchy Process* (AHP) berbasis Sistem Informasi Geografis. Parameter yang digunakan yaitu litologi, struktur geologi berupa densitas kelurusan, kemiringan lereng, dan tutupan lahan. Geofaktor kemiringan lereng, litologi dan struktur didapat dari pengolahan Citra DEM dikonfirmasi dengan pemetaan geologi memperhatikan peta geologi regional, sedangkan parameter tutupan lahan diekstrak dari data Satelit Sentinel-1 serta pemetaan foto udara dengan bantuan UAV/drone.

Hasil studi ini adalah peta bahaya, kerentanan bencana gerakan tanah yang dapat menjadi pertimbangan dalam penyusunan rencana upaya mitigasi bencana serta penyusunan rencana aksi berkelanjutan di daerah kajian.

Kata-kata kunci: gerakan tanah, AHP, SIG

ABSTRACT

Kalimantan Island is the most geologically safe island in Indonesia, because the island is relatively safe from geological disasters such as tsunamis, earthquakes and volcanic eruptions. But actually this island is not really safe, because landslides often occur during high rainfall. In early 2021, the rainfall in Kalimantan Island (especially South Kalimantan Province) was very high, resulting in the biggest flood disaster in the last 100 years. This heavy rainfall also causes landslides.

The method used in this study is a GIS-based AHP overlay analysis of several geological and land use parameters. Data were obtained from DEM and regional geological maps, as well as topographic maps, which were confirmed by field geological mapping and aerial photo using unmanned aerial vehicles (UAV/drone).

This study produces disaster, vulnerability and risk index maps. These maps are taken into consideration by stakeholders in the preparation of disaster mitigation plans and sustainable action plans, which are related to landslides.

Keywords: GIS, hazard, landslide.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara di dunia yang rentan terhadap bencana alam. Bencana alam dapat disebabkan oleh faktor alam atau oleh aktivitas manusia. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya jumlah bencana alam setiap tahunnya. Risiko bencana alam yang disebabkan oleh faktor alam meliputi bencana yang disebabkan oleh faktor geologi (gempa bumi, tsunami dan letusan gunung berapi), bencana hidrometeorologi (banjir, tanah longsor, kekeringan dan angin topan), bencana yang disebabkan oleh faktor lingkungan dan biologis (manusia), serta kesalahan teknologi (kecelakaan lalu lintas), komunikasi, radiasi nuklir, pencemaran bahan kimia). Sedangkan bencana akibat ulah manusia berkaitan dengan konflik antar manusia akibat persaingan memperebutkan sumber daya yang terbatas, karena alasan ideologi, agama, dan politik.

[4] Tanah longsor merupakan salah satu jenis bencana alam yang menimbulkan banyak korban jiwa dan kerusakan harta benda yang luas, seperti kerusakan lahan pertanian, pemukiman penduduk, jalan, jembatan, irigasi dan infrastruktur lainnya. Pulau Kalimantan yang disebut sebagai pulau paling aman di Indonesia secara geologi, belum tentu dikatakan aman dari gerakan tanah. Hal ini dibuktikan bahwa pada awal tahun 2021, Pulau Kalimantan khususnya Provinsi Kalimantan Selatan mengalami bencana banjir terparah dibandingkan banjir yang

pernah terjadi sebelumnya. Salah satu wilayah yang terdampak banjir karena curah hujan tinggi adalah Kecamatan Aranio yang memiliki topografi bervariasi.

[6] Longsor dapat diartikan sebagai suatu bentuk pemindahan masa tanah (erosi) dimana pemindahan tanahnya terjadi pada waktu tertentu atau secara tiba-tiba dalam volume yang besar. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya longsor, diantaranya adalah curah hujan tinggi yang turun sebelumnya selama beberapa hari secara berturut-turut, tebing yang terjal dengan kemiringan lebih dari 50°, sifat fisik tanah dan degradasi lahan. Proses terjadinya tanah longsor adalah air yang meresap kedalam tanah akan menambah bobot tanah, jika air tersebut menembus sebagai bidang gelincir maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar dari lereng yang menjadi longsor.

Untuk wilayah Provinsi Kalimantan Selatan, hujan dengan intensitas yang cukup tinggi mempunyai pengaruh yang besar bagi masyarakat sekitarnya, diantaranya terjadi luapan sungai dan pengikisan tanah yang menyebabkan terjadinya longsor. Dampak yang ditimbulkan atas kejadian tersebut yakni mulai dari kehilangan tempat tinggal bahkan sampai kehilangan nyawa. Upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan korban bencana yang disebabkan oleh longsor tentu dengan berbagai mitigasi seperti memprediksi wilayah yang berpotensi

longsor dengan melihat catatan sejarah suatu wilayah yang pernah terjadi bencana.

[3] Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 pasal 15 yang menyebutkan bahwa penyelenggaraan penanggulangan bencana alam situasi terdapat potensi terjadi bencana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 huruf b meliputi: a. kesiapsiagaan; b. peringatan dini; dan c. mitigasi bencana.

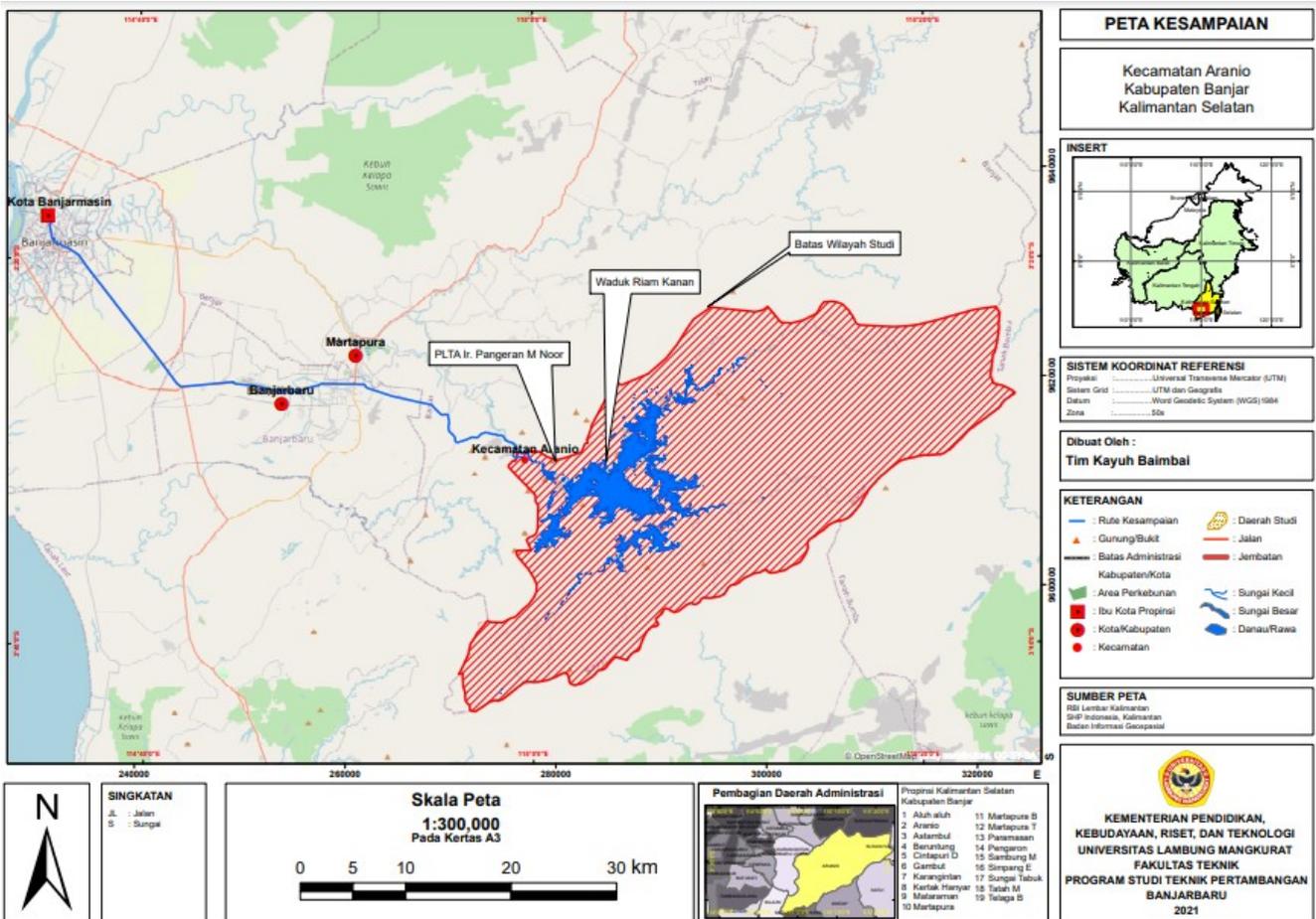
Bencana yang sering terjadi di Provinsi Kalimantan Selatan yakni ada tiga, diantaranya kebakaran lahan pada saat musim kemarau, puting beliung saat panca roba dan banjir terjadi pada saat musim hujan. Melihat kejadian bencana gerakan tanah di Kecamatan Aranio, perlu dilakukan kajian mengenai pemodelan spasial bahaya dan kerentanan bencana tanah longsor berbasis SIG, yang bertujuan sebagai bahan pertimbangan pemangku kepentingan dalam penyusunan rencana upaya mitigasi bencana serta rencana aksi berkelanjutan di sekitar Kecamatan Aranio.

[2] Studi dalam studi kerentanan tanah longsor ini berada di Kecamatan Aranio, Kabupaten Banjar, Provinsi Kalimantan Selatan. Kecamatan Aranio secara geografis terletak pada 3°21'37"-3°43'38"BT dan 114°24'37"-114°56'05"LS. Kecamatan dengan luas wilayah 1.166,35 Km² ini berbatasan dengan Kecamatan Pengaron (utara), Kabupaten Tanah Bumbu (timur), Kabupaten Tanah Laut (selatan), dan Kecamatan Karang Intan (barat). Wilayah Kecamatan Aranio menempati 24, 98% dari luas wilayah Kabupaten Banjar (Gambar-1). Untuk mencapai wilayah studi, dari Kota Banjarmasin dapat diakses dengan kendaraan roda empat dengan jarak kurang lebih 67 km dan dapat ditempuh dengan waktu 2 jam.

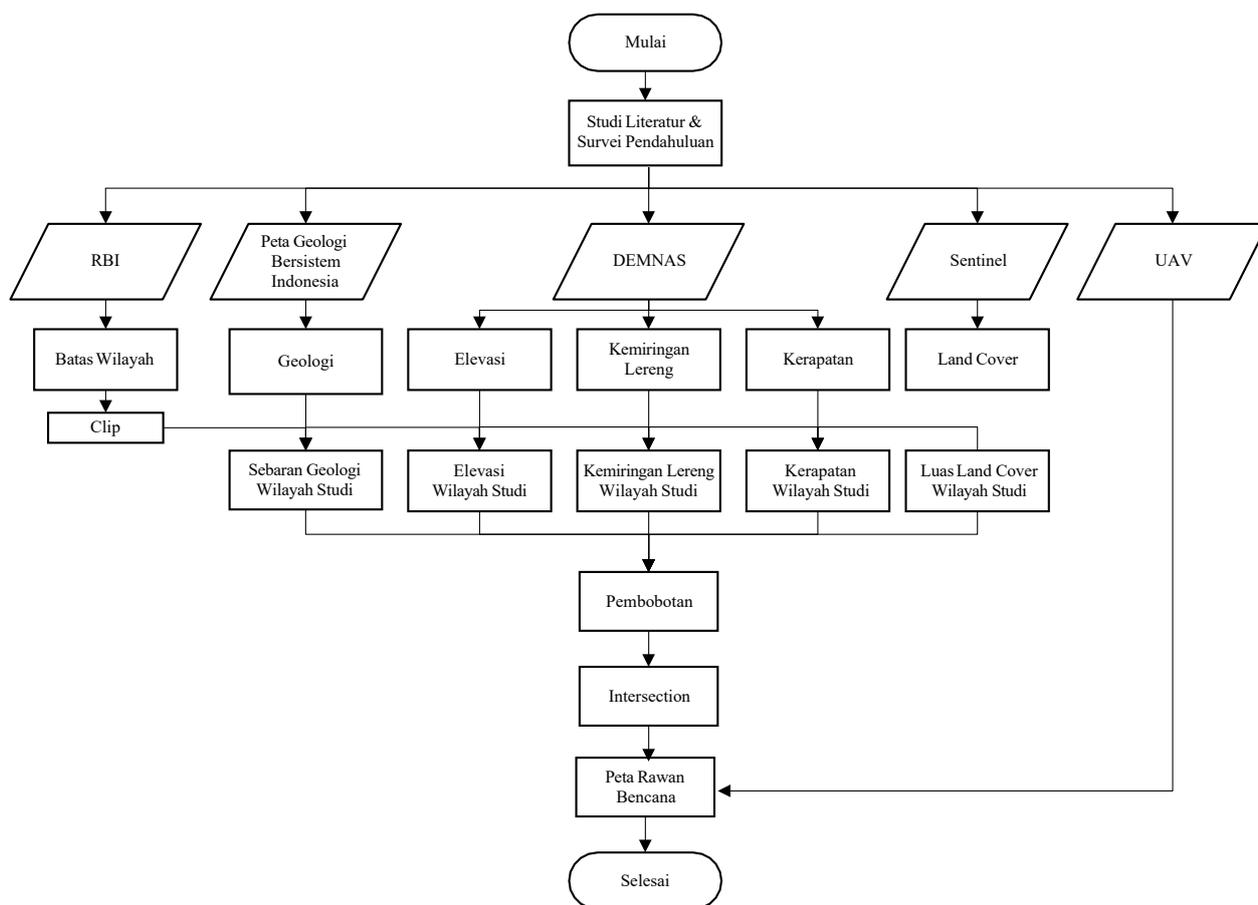
Studi dilakukan pada tanggal 1 September 2021 - 28 September 2021 meliputi persiapan, survey pendahuluan, studi Pustaka, dan pengumpulan data. Data yang telah diperoleh selanjutnya digunakan dalam tahap pemodelan dan analisis data serta penyusunan artikel ilmiah yang dilakukan di Studio Pemodelan dan Perencanaan Tambang (Gambar-2).

METODOLOGI

Tempat dan Waktu Pelaksanaan Studi



Gambar-1. Peta Kesampaian Daerah Studi



Gambar-2. Diagram Alir Studi

Pengolahan Data

Data yang digunakan dalam studi ini berasal dari data primer dan sekunder, serta menggunakan metode pembobotan dan penilaian guna mendapatkan hasil yang kuantitatif.

Analisa diawali dengan pengklasifikasian geofaktor yang memungkinkan terjadinya gerakan tanah, yaitu mulai dari kemiringan lereng yang didapat dari Citra DEM dengan bantuan pengolahan perangkat ArcGIS, besar kemiringan lereng dianalisa menggunakan *analyst slope tool*. Adapun DEMNAS yang digunakan adalah Lembar 1712-24, 1712-33, 1712-34, 1712-61 dan 1712-62.

Litologi dan struktur geologi didapat dari analisa Citra DEM dan pemetaan geologi lapangan yang dikonfirmasi dengan peta geologi regional. Adapun peta geologi regional yang digunakan adalah Peta Geologi Bersistem Indonesia Lembar

Banjarmasin 1712. Sementara geofaktor tutupan lahan didapat dari pengolahan data sentinel.

[1] Pembobotan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dilakukan pada geofaktor utama ancaman gerakan tanah (litologi, kemiringan lereng, jarak lereng terhadap struktur dan tutupan lahan) modifikasi studi Anbalagan, 2016. Bobot geofaktor kerentanan gerakan tanah, dikalikan dengan nilai sub faktor kerentanan gerakan tanah, kemudian menggunakan perangkat untuk analisis (*analysis tool*) sub *overlay* dengan perangkat *joint*, masing-masing geofaktor yang merupakan kriteria yang telah diberikan bobot sesuai analisis AHP dan sub kriterianya di *joint* untuk menggabungkan semuanya, kemudian skor bobot geofaktor tingkat kerentanan gerakan tanah dijumlahkan untuk mencari nilai skor total kerentanan tanah.

Tabel-1. Parameter dan Bobot Faktor yang Mempengaruhi Kerentanan Gerakan Tanah

| No | Parameter | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | Bobot |
|--------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 1 | Litologi | 1,00 | 3,00 | 0,50 | 6,00 | 2,00 | 5,00 | 0,25 |
| 2 | Struktur | 0,33 | 1,00 | 0,17 | 2,00 | 0,20 | 3,00 | 0,08 |
| 3 | Kemiringan Lereng | 2,00 | 6,00 | 1,00 | 6,00 | 2,00 | 6,00 | 0,36 |
| 4 | Densitas Kelurusan | 0,17 | 0,50 | 0,17 | 1,00 | 0,14 | 2,00 | 0,05 |
| 5 | Tutupan Lahan | 0,20 | 0,33 | 0,17 | 0,50 | 0,20 | 1,00 | 0,04 |
| Rasio Konsistensi | | | | | | | | 0,05 |

Tabel-2. Bagan Peringkat Faktor Evaluasi Bahaya Gerakan Tanah.

| Deskripsi Faktor | Kategori | Rating | Keterangan | |
|---------------------------------|---|------------------------|--|--|
| Litologi | | | | |
| Tipe Batuan | Tipe 1 Kuarsit dan Batugamping Granit dan Gabro Gneis | 0,2 0,3 0,4 | Faktor koreksi untuk pelapukan a. Terlapuk tinggi batuan berubah warna, kekar terisi dengan produk pelapukan, kemas berubah menjadi lebih luas: faktor koreksi C. | |
| | Tipe 2 Terrigenous tersemen baik batuan sedimen, dominan batu pasir dengan sedikit perlapisan batulempung | 1,0 | b. Terlapuk menengah-batuan berubah warna namun Sebagian masih memperlihatkan warna segar, pelapukan berkembang disekitar bidang. | |
| | Terrigenous tersemen buruk batuan sedimen, dominan batu pasir dengan sedikit perlapisan serpih lempung | 1,3 | c. Terlapuk sedikit-batuan sedikit berubah warna sepanjang bidang kekar, yang mungkin cukup kuat untuk dipecah, batuan masih utuh: faktor koreksi C3. | |
| | Tipe 3 Slate dan phyllite Schist Serpih diantara perlapisan batulempung dan bukan batulempung Serpih, phyllite dan schist yang sangat lapuk | 1,2 1,3 1,8 2 | Faktor koreksi pelapukan harus dikalikan dengan peringkat batu segar untuk mendapatkan peringkat yang dikoreksi. Untuk batuan tipe 1. C1=4, C2=3, C3=2 Untuk batuan tipe 2 C1=1,5, C2=1,25, C3=1,0 | |
| | Morfometri Kemiringan | | | |
| | Terjal | >45° | 2,0 | |
| | Curam | 45°-45° | 1,7 | |
| Agak curam | 26°-35° | 1,2 | | |
| Landai | 16°-26° | 0,8 | | |
| Sangat landai | <15° | 0,5 | | |
| Tutupan Lahan | | | | |
| Area pemukiman & pertanian | | 0,65 | | |
| Area tertutup hutan lebat | | 0,8 | | |
| Area tertutup vegetasi menengah | | 1,2 | | |
| Area jarang tertutup vegetasi | | 1,5 | | |
| Lahan gundul | | 2,0 | | |

Sumber: Anbalagan, 1992 dalam Misbahudin, 2017 (Dimodifikasi)

HASIL DAN DISKUSI

Geofaktor yang Mempengaruhi Kerentanan Gerakan Tanah

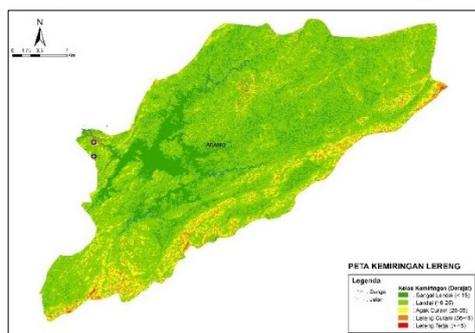
1. Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng di daerah studi dibagi menjadi 5 kelas yang dapat dilihat dari Tabel-3, dengan sebaran sebagaimana ditampilkan pada Gambar-3.

Tabel-3. Luas Sebaran Kelas Kemiringan Lereng

| Kelas Lereng | Kemiringan | Luas (%) |
|---------------|------------|------------|
| Sangat Landai | <15° | 14,42 |
| Landai | 16 – 25° | 67,07 |
| Agak Curam | 26 – 35° | 10,42 |
| Curam | 36 – 45° | 1,99 |
| Terjal | >45° | 0,12 |
| Badan Air | - | 5,98 |
| Total | | 100 |

Sumber: Pengolahan Data



Gambar-3. Peta Kemiringan Lereng

2. Litologi

Litologi pada daerah studi terdiri dari 8 formasi batuan, yaitu: Alluvial (Qa), formasi Manunggul (Km), formasi Paniungan (Kpn), formasi Paau (Kvp), Diorit (Mdi), Gabro (Mgb), Batuan Malihan (Mm) dan Batuan Ultramafik (Mub).

[10] Alluvial (Qa) terdiri atas kerikil, pasir, lanau, lempung dan lumpur.

Formasi Manunggul (Km) terdiri atas konglomerat berwarna kelabu kemerahan dengan fragmen batuan mafik, ultramafik, rijang, kuarsit, sekis dan batuan sedimen; berukuran 2 – 10 cm; matriks berupa batupasir, tebal perlapisan 1 – 5 m. Bersisipan dengan batupasir kelabu kecoklatan, pejal, tebal perlapisan 20 – 50 cm. Umur formasi ini adalah Kapur Akhir.

Formasi Paniungan (Kpn) terdiri atas batulempung dengan sisipan batulanau. Batulempung berwarna kelabu, gampingan dan agak rapuh, pada beberapa tempat dijumpai fosil Turitella. Batulanau berwarna kelabu, pejal, mudah menyepai, setempat gampingan berstruktur kerucut dalam kerucut.

Formasi Paau (Kvp) terdiri atas breksi gunungapi dan lava. Breksi gunungapi berwarna kelabu kehitaman, fragmen andesit – basal dengan ukuran 5 – 30 cm, massa dasar batupasir tufaan, kemas terbuka, sortasi buruk, bentuk butir menyudut – membulat tanggung.

Diorit (Mdi) berwarna kelabu, holokristalin hypidiomorphic, besar butir 1 – 2,5 mm. Mineral penyusun plagioklas (andesine) dengan tambahan biotit, hornblende dan bijih. Batuan ini menerobos batuan malihan dan batuan ultramafic.

Gabro (Mgb) berwarna kelabu kehijauan, holokristalin hypidiomorphic, besar butir antara 1 – 4,5 mm. Komposisi mineral plagiokla (labradorit) dan piroksin (augit) dengan mineral asesoris hornblende dan bijih. Setempat piroksin telah terkloritkan menjadi hornblende.

Batuan Malihan (Mm) terdiri atas sekis hornblende, sekis muskovit, filit, sekis klorit dan kuarsit muskovit. Batuan

malian ini sebagian besar menempati bagian baratdaya lembar. Dating K-Ar menunjukkan umur Kapur Awal. Hubungan dengan batuan disekitarnya adalah kontak tektonik.

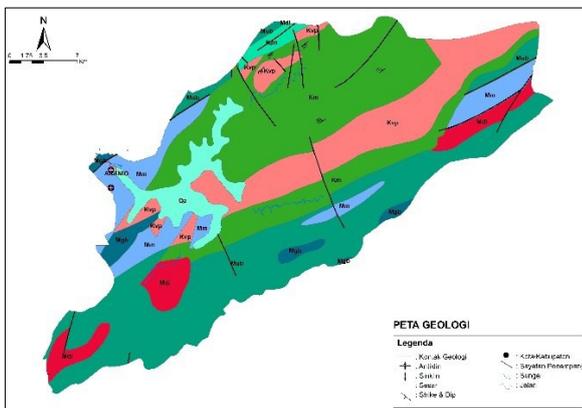
Batuan Ultramafik (Mub) terdiri atas harzburgit, wherlit, websterlit, piroksenit dan serpentin. Tersebar di sepanjang pegunungan Bobaris, Manjam dan Kusan. Hubungan dengan batuan disekitarnya adalah kontak tektonik.

Adapun luasan dari masing-masing litologi disajikan pada Tabel 4.

Tabel-4. Luas Sebaran Formasi di Daerah Studi

| Formasi | Simbol | Luas (%) |
|-------------------|--------|------------|
| Alluvial | (Qa) | 5,42 |
| Formasi Manunggul | (Km) | 31,50 |
| Formasi Paniungan | (Kpn) | 1,16 |
| Formasi Paau | (Kvp) | 16,21 |
| Diorit | (Mdi) | 5,38 |
| Gabro | (Mgb) | 2,36 |
| Batuan Malihan | (Mm) | 8,60 |
| Batuan Ultramafik | (Mub) | 29,37 |
| Badan Air | - | 5,98 |
| Total | | 100 |

Sumber: Pengolahan Data



Gambar-4. Peta Geologi Aranio

3. Struktur Geologi

Hasil analisis pada penyinaran azimuth 0°, 90°, 180° dan 270° dengan ketinggian penyinaran 30° pada citra DEM

yang dapat dilihat pada Gambar-6 (a), memperlihatkan pola kelurusan dominan berarah ke Timur Laut, pada Gambar-6 (b), memperlihatkan pola kelurusan dominan berarah ke Tenggara, pada Gambar-6 (c), memperlihatkan pola kelurusan dominan berarah ke Barat Daya, pada Gambar-6 (d), memperlihatkan pola kelurusan dominan berarah ke Barat Laut.

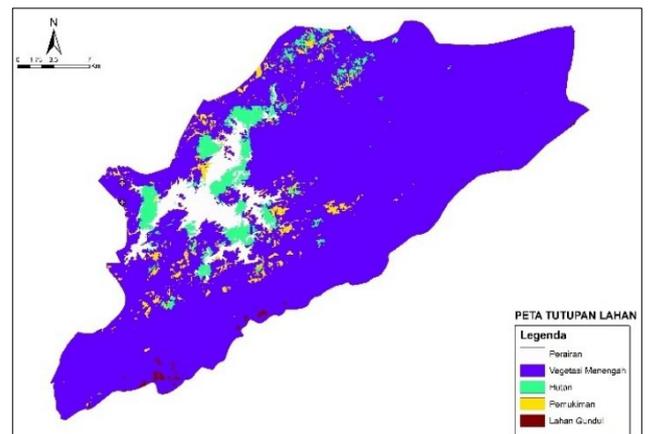
4. Tutupan Lahan

Tutupan lahan di daerah studi diekstrak dari Citra Sentinel-1. Secara garis besar penggunaan lahan di daerah studi dibagi menjadi 5 yaitu: Area pertanian dan pemukiman, area tertutup hutan lebat, area tertutup vegetasi menengah, area jarang tertutup vegetasi dan lahan gundul. Pada Tabel 5 ditampilkan sebaran luasan untuk masing-masing jenis tutupan lahan.

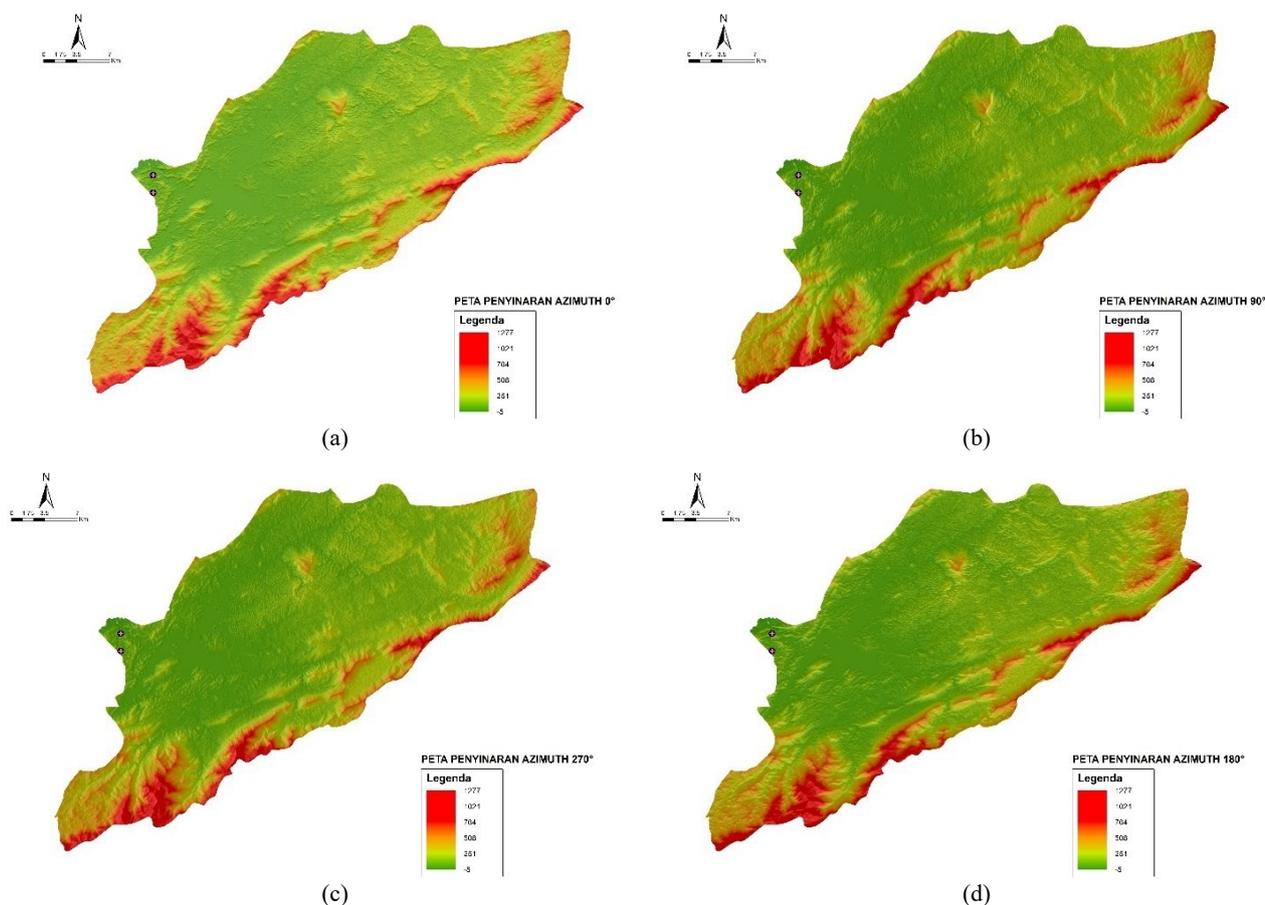
Tabel-5. Luas Sebaran Jenis Tutupan Lahan

| Tutupan Lahan | Luas (%) |
|-------------------|------------|
| Vegetasi Menengah | 86,52 |
| Hutan | 4,73 |
| Pemukiman | 2,48 |
| Lahan Gundul | 0,29 |
| Badan Perairan | 5,98 |
| Total | 100 |

Sumber: Pengolahan Data 2021



Gambar-5. Peta Tutupan lahan



Gambar-6. Kelurusan Citra DEM Penyinaran dengan Ketinggian 30° pada Azimuth (a) 0°, (b) 90°, (c) 180° dan (c) 270°

Penentuan Bobot Parameter Geofaktor Kerentanan Gerakan Tanah

Masing masing geofaktor diberikan bobot sesuai metode AHP untuk mendapatkan skala prioritas dibandingkan dengan parameter yang lainnya. Parameter dengan, skala prioritas tertinggi akan mendapatkan 5 bobot paling tinggi diantara lainnya.

Pada studi ini penulis menggunakan nilai dari matrik perbandingan parameter geofaktor yang digunakan didasarkan pada hasil studi Ercanoglu dr. (2008), yang dalam studinya menggunakan data dari tujuh ahli longsor. Kuisoner tersebut menanyakan penilaian ketujuh ahli longsor tersebut terhadap derajat kepentingan parameter geofaktor yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah yang ditampilkan dalam bentuk matrik berpasangan. Nilai rata - rata dari ke tujuh para ahli tersebut penulis gunakan untuk menyusun modifikasi elemen matriks perbandingan, sebagaimana pada Tabel-3.

Selanjutnya dari matrik diatas tersebut, Tabel 6 dihitung nilai *eigen vector* normalisasi pada Tabel 7 untuk mendapatkan matriks normalisasi pada Tabel 7. Nilai *eigen vector* normalisasi merupakan hasil penjumlahan dari skala

prioritas masing masing parameter terhadap hasil penjumlahan kolom.

Setelah didapatkan *eigen vector* normalisasi, maka dibuatkan matriks ternormalisasi mengkalikan nilai *eigen vector* normalisasi (Tabel 7 kolom 5) dengan matrik perbandingan pasangan (Tabel 6). Hasil perkalian *eigen vector* normalisasi dengan skala prioritas ditampilkan dalam Tabel 8. Kolom 1 Tabel 8 merupakan hasil perkalian nilai *eigen vector* normalisasi dengan baris 1 kolom 5 pada Tabel 7 dengan nilai skala prioritas baris 1, 2, 3, 4 kolom 1 pada Tabel 6, proses perkalian yang sama dilakukan terhadap keseluruhan nilai hingga memperoleh jumlah keseluruhan hasil perkalian pada baris 1, 2, 3, 4 kolom 5. Tabel 8 kolom 5 merupakan hasil dari penjumlahan baris, hasil tersebut dibagi dengan nilai *eigen vector* normalisasi kolom 5 Tabel 7 untuk memperoleh hasil nilai normalisasi. Berdasarkan nilai matriks yang telah dinormalisasi pada kolom 5 maka diperoleh bobot masing-masing parameter gerakan tanah lokasi penelitian pada kolom 6 Tabel 8.

Tabel-6. Matrik Perbandingan Pasangan Parameter geofaktor yang Mempengaruhi Kerentanan Gerakan Tanah Mengacu pada Saaty (1998) dan Ercanoglu dr (2008)

| PARAMETER | Litologi | Kemiringan Lereng | Densitas Kelurusan | Tutupan Lahan |
|--------------------|----------|-------------------|--------------------|---------------|
| Litologi | 1 | 0,5 | 3 | 5 |
| Kemiringan Lereng | 2 | 1 | 6 | 6 |
| Densitas Kelurusan | 0,33 | 0,17 | 1 | 3 |
| Tutupan Lahan | 0,2 | 0,17 | 0,33 | 1 |
| Jumlah | 3,53 | 1,84 | 10,33 | 15 |

Tabel-7. Perhitungan Nilai *Eigen Vector* Normalisasi Masing-masing Parameter Geofaktor Kerentanan Gerakan Tanah Ternormalisasi

| PARAMETER | Litologi | Kemiringan Lereng | Densitas Kelurusan | Eigen Vektor Normalisasi |
|--------------------|----------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| Litologi | 0,283 | 0,272 | 0,290 | 0,333 |
| Kemiringan Lereng | 0,567 | 0,543 | 0,581 | 0,400 |
| Densitas Kelurusan | 0,093 | 0,092 | 0,097 | 0,200 |
| Tutupan Lahan | 0,057 | 0,092 | 0,032 | 0,067 |
| Jumlah | 1 | 1 | 1 | 1 |

Tabel-8. Matrik Perbandingan Pasangan Parameter Gerakan Tanah Ternormalisasi

| PARAMETER | Litologi | Kemiringan Lereng | Densitas Kelurusan | Tutupan Lahan | Jumlah | Bobot (%) |
|--------------------|----------|-------------------|--------------------|---------------|--------|-----------|
| Litologi | 0,295 | 0,261 | 0,362 | 0,310 | 1,228 | 29% |
| Kemiringan Lereng | 0,589 | 0,523 | 0,724 | 0,371 | 2,208 | 53% |
| Densitas Kelurusan | 0,097 | 0,089 | 0,121 | 0,186 | 0,493 | 12% |
| Tutupan Lahan | 0,059 | 0,089 | 0,040 | 0,062 | 0,250 | 6% |
| Jumlah | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 |

Selanjutnya dilakukan proses validasi matriks untuk mengetahui apakah matriks konsisten atau tidak. Validasi dilakukan dengan cara menghitung nilai rasio dari konsistensi yang merupakan pembagian dari indeks konsistensi dengan

Random Index (RI). Nilai RI untuk setiap n matriks dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel-9. Indeks Konsistensi Acak Berdasarkan pada Orde Matriks (Saaty, 1990)

| Ukuran Matrik | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0 | 0,52 | 0,89 | 1,11 | 1,25 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49 |

Sebelum menghitung rasio konsistensi perlu dilakukan penghitungan indeks konsistensi dengan rumus:

$$\text{Indeks Konsistensi} = \frac{(\lambda_{\text{maks}} - n)}{(n-1)} \quad (1)$$

Lambda maksimal (λ_{maks}) diperoleh dari penjumlahan hasil bagi nilai skala prioritas ternormalisasi dengan nilai *eigen vektor* normalisasi masing - masing parameter kemudian dibagi jumlah parameter yang dibandingkan, sedangkan (n) merupakan jumlah data.

$$\lambda_{\text{maks}} = \frac{\left(\frac{1,228}{0,295}\right) + \left(\frac{2,208}{0,52}\right) + \left(\frac{0,493}{0,12}\right) + \left(\frac{0,250}{0,06}\right)}{4} = 4,1252$$

Maka dari hasil perhitungan di atas diperoleh nilai λ_{maks} sebesar 4,1252. Nilai tersebut digunakan untuk menghitung indeks konsistensi matriks berpasangan. Hasil perhitungan indeks konsistensi diperoleh sebesar 4,3% dengan konsistensi rasio sebesar 4,8%. Maka matriks berpasangan parameter gerakan tanah pada lokasi studi dianggap valid dan memadai dalam memberikan bobot penilaian terhadap masing - masing parameter gerakan tanah.

Penentuan Nilai Sub Parameter Tingkat Ancaman Gerakan Tanah

Penentuan skala prioritas sub parameter geofaktor didasarkan pada skala prioritas masing masing sub parameter, dalam hal ini penulis memberikan bobot mengacu kepada klasifikasi Anbalagan, 1992 dan diberikan nilai klas tersendiri berdasarkan urutan prioritasnya satu dengan yang lainnya.

1. Litologi

Litologi didapat dari hasil pemetaan lapangan yang dikelompokkan berdasarkan satuan batuan. Setiap satuan batuan diberikan nilai berdasarkan pengadopsian klasifikasi Anbalagan (1992). Batuan yang memiliki litologi keras seperti andesit diberikan nilai rendah, sedangkan batuan yang relatif lunak dan tidak terlalu kompak seperti breksi piroklastika diberikan nilai tinggi terhadap kerentanan longsoran. Erodibilitas atau respon

batuan terhadap proses pelapukan dan erosi merupakan kriteria utama dalam pemberian peringkat untuk subkategori litologi. Misalnya batuan seperti guarsite, batugamping dan batuan beku secara umum keras dan masiv serta resisten terhadap erosi dan membentuk lereng yang curam. Dibanding batuan sedimen yang rentan terhadap erosi dan bentuknya lebih mudah untuk longsor (Anbalagan, 1992).

Tabel-10. Hasil Analisis Kemiringan Lereng Daerah Studi

| No | Nama Satuan Batuan | Kelas Nilai Skala |
|----|-------------------------|-------------------|
| 1 | Batuan Ultramafik (Mub) | 1 |
| 2 | Formasi Manunggul (Km) | 1 |
| 3 | Formasi Paniungan (Kpn) | 2 |
| 4 | Formasi Paau (Kvp) | 1 |
| 5 | Diorit (Mdi) | 2 |
| 6 | Gabro (Mgb) | 1 |
| 7 | Batuan Malihan (Mm) | 3 |
| 8 | Alluvial (Qa) | 4 |

2. Kemiringan Lereng

Tingkat kestabilan lahan sangat dipengaruhi oleh nilai derajat kemiringannya. Pengaruh kemiringan lereng terhadap kejadian gerakan tanah cukup dominan di daerah studi, terlihat dari distribusi kejadian gerakan tanah pada tiap tiap kemiringan lereng berdasarkan pengamatan dilapangan dan analisa pada peta kemiringan lereng. Kemiringan lereng lokasi studi mengacu kepada pengelompokan kelas kemiringan lereng klasifikasi Anbalagan terdiri dari dari 5 kelas yaitu (Tabel 9).

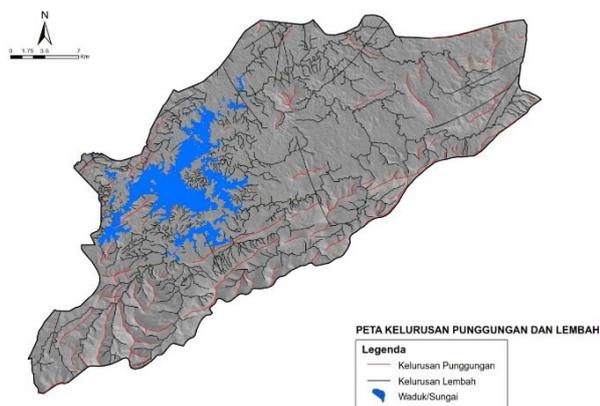
Tabel-11. Penilaian Sub Parameter Kemiringan Lereng

| No | Nama Satuan Batuan | Kelas Nilai Skala |
|----|---------------------------------------|-------------------|
| 1 | Kelas Kemiringan Sangat Landai (<15°) | 1 |
| 2 | Kelas Kemiringan Landai (16-25°) | 2 |
| 3 | Kelas Kemiringan Agak Curam (26-35°) | 3 |
| 4 | Kelas Kemiringan Curam (36-45°) | 4 |
| 5 | Kelas Kemiringan Lereng Terjal (>46°) | 5 |

Nilai skala diberikan 1 sampai dengan 5, sesuai dengan kelas kemiringannya. Nilai 5 diberikan kepada kelas kemiringan terjal lebih dari 46°.

3. Densitas Kelurusan

Struktur geologi, merupakan daerah yang mengalami deformasi akibat adanya gaya tektonik sehingga menghasilkan suatu retakan, lipatan maupun patahan. Semakin rumit struktur geologi yang berkembang di suatu wilayah, maka menunjukkan bahwa wilayah tersebut cenderung sebagai wilayah yang tidak stabil. Berdasarkan interpretasi citra DEM lokasi studi terdapat kelurusan kelurusan baik itu punggung maupun lembahan, juga terdapat struktur besar yang di lapangan diperkuat dengan dijumpai air terjun. Daerah dengan densitas kelurusan yang tinggi merupakan daerah yang rentan kejadian gerakan tanah

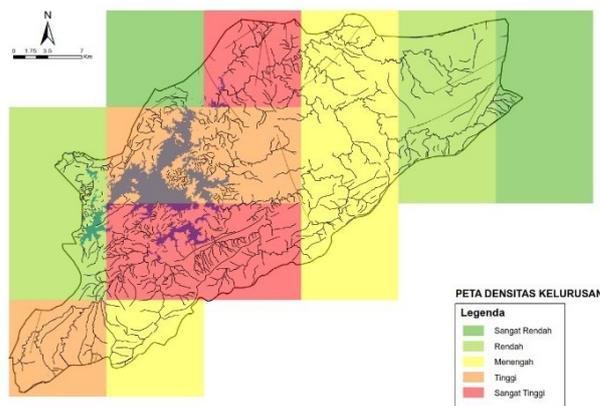


(a)

(longsor). Berdasarkan analisis terhadap densitas kelurusan di daerah studi dikelompokkan kedalam 5 kelas yaitu: sangat rendah, rendah, menengah, tinggi dan sangat tinggi.

Tabel-12. Penilaian Sub Parameter Kemiringan Lereng

| No | Kelas Kemiringan Lereng | Kelas Nilai Skala |
|----|-------------------------|-------------------|
| 1 | Sangat Rendah | 1 |
| 2 | Rendah | 2 |
| 3 | Menengah | 3 |
| 4 | Tinggi | 4 |
| 5 | Sangat Tinggi | 5 |



(b)

Gambar-7. (a) Peta Kelurusan Punggungan dan Lembah pada Citra DEMNAS di Daerah Studi dan (b) Peta Densitas Kelurusan

4. Tutupan Lahan

Parameter yang ke-empat adalah tutupan lahan. Pengolahan lahan baik untuk pesawahan maupun tegalan, terutama pada daerah daerah yang mempunyai kemiringan lereng terjal dapat mengakibatkan tanah menjadi gembur. Tanah yang kehilangan vegetasi penutup akan menjadi retak - retak pada musim kemarau dan pada musim hujan air akan mudah meresap kedalam lapisan tanah melalui retakan tersebut, dan dapat menyebabkan lapisan tanah menjadi jenuh. Hal demikian dalam waktu yang akan datang bisa menyebabkan terjadinya gerakan tanah.

Penilaian kelas tutupan lahan dengan nilai yang dimodifikasi yaitu sebagai berikut:

Tabel-13. Penilaian Sub Parameter Tutupan Lahan

| No | Jenis Penggunaan Lahan | Nilai Kelas Skala |
|----|-------------------------------|-------------------|
| 1 | Area pertanian dan permukiman | 1 |
| 2 | Area hutan lebat | 2 |
| 3 | Area vegetasi menengah | 3 |
| 4 | Lahan gundul | 4 |

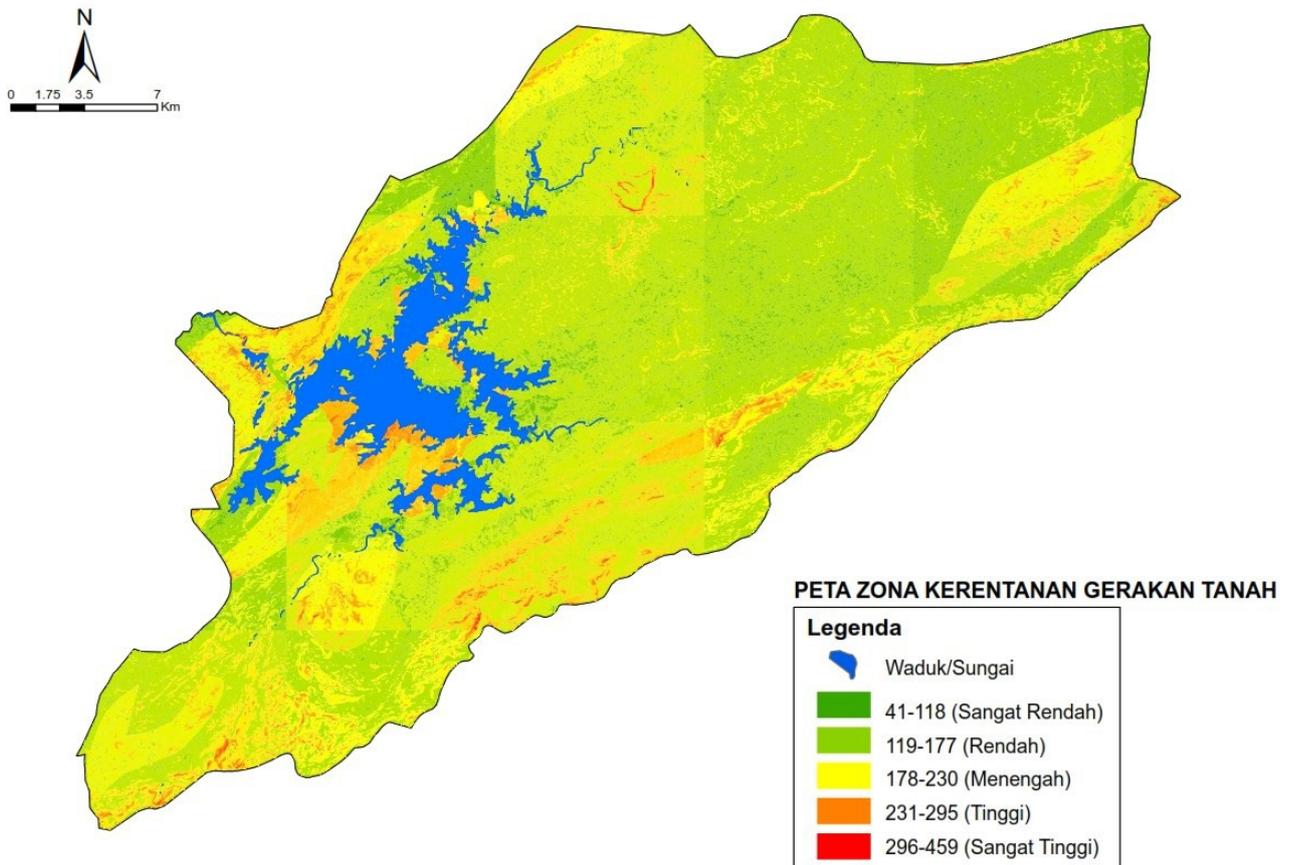
Pada Gambar-5 menjelaskan bahwa daerah Kecamatan Aranio memiliki luas permukiman dengan luas 23951.598 M², area hutan dengan luas 45.641.002 M², area vegetasi menengah dengan luas 834.042.532 M², dan area lahan gundul dengan luas 2.798.720 M².

Penentuan Klasifikasi Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah

Penentuan klasifikasi tingkat kerentanan Gerakan penentuan klasifikasi tingkat kerentanan gerakan tanah dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ArcGIS. Bobot parameter geofaktor ancaman gerakan tanah dikalikan dengan nilai sub parameter ancaman gerakan tanah, kemudian menggunakan perangkat untuk analisis (analysis tool) sub overlay dengan perangkat joint, masing masing geofaktor yang merupakan kriteria yang telah diberikan bobot sesuai analisa AHP dan sub kriterianya di-joint untuk menggabungkan semuanya, kemudian skor bobot ancaman gerakan tanah dijumlahkan untuk mencari nilai skor total kerentanan tanah.

Tabel-14. Hasil Penilaian Sub Parameter dan Pembobotan Parameter Ancaman Gerakan Tanah Lokasi Studi

| Parameter | Sub Parameter | Nilai Kelas | Bobot (%) |
|--------------------|---------------------------------------|-------------|-----------|
| Litologi | Batuan Ultramafik (Mub) | 1 | 29 |
| | Formasi Manunggul (Km) | 1 | |
| | Formasi Paniungan (Kpn) | 2 | |
| | Formasi Paau (Kvp) | 1 | |
| | Diorit (Mdi) | 2 | |
| | Gabro (Mgb) | 1 | |
| | Batuan Malihan (Mm) | 3 | |
| | Alluvial (Qa) | 4 | |
| Kemiringan Lereng | Kelas Kemiringan Sangat Landai (<15°) | 1 | 53 |
| | Kelas Kemiringan Landai (16-25°) | 2 | |
| | Kelas Kemiringan Agak Curam (26-35°) | 3 | |
| | Kelas Kemiringan Curam (36-45°) | 4 | |
| | Kelas Kemiringan Lereng Terjal (>46°) | 5 | |
| Densitas Kelurusan | Sangat Rendah | 1 | 12 |
| | Rendah | 2 | |
| | Menengah | 3 | |
| | Tinggi | 4 | |
| | Sangat Tinggi | 5 | |
| Tutupan Lahan | Area pertanian dan permukiman | 1 | 6 |
| | Area hutan lebat | 2 | |
| | Area vegetasi menengah | 3 | |
| | Lahan gundul | 5 | |



Gambar-8. Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari studi, didapatkan kesimpulan bahwa sekitar 80% daerah studi berada pada zona dengan tingkat gerakan tanah sangat rendah sampai menengah.

Luas daerah dengan tingkat ancaman gerakan tanah sangat rendah dan rendah adalah 2,96% dan 25,27% dari daerah studi. Zona tingkat ancaman gerakan tanah menengah tersebar di 51,19% dari daerah studi. Sedangkan daerah yang terindikasi memiliki tingkat ancaman gerakan tanah tinggi dan sangat tinggi adalah 18,49% dan 2,10% dari daerah studi.

Daerah yang perlu diperhatikan karena mempunyai resiko tinggi adalah punggung perbukitan dibagian baratdaya daerah studi dan daerah pemukiman yang berada di bagian selatan dan barat Waduk Riam Kanan.

Saran

Saran yang dapat diberikan kepada Pemerintah Kecamatan Aranio dan instansi terkait yaitu perlu memberikan edukasi mengenai mitigasi bencana kepada masyarakat yang tinggal di daerah rawan bencana gerakan tanah. Selain itu, perlu dilakukan kegiatan revegetasi di daerah punggung perbukitan yang ditutupi lahan tetap terjaga dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu menyusun studi ini, khususnya Esri Indonesia yang telah menyediakan Lisensi Akademik ArcGIS Desktop yang digunakan di dalam studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Althuwaynee, O. F., Pradhan, B., & Lee, S. (2016). A novel integrated model for assessing landslide susceptibility mapping using CHAID and AHP pairwise comparison. *International Journal of Remote Sensing*, 37(5), 1190–1209.
- [2] BAPPELITBANG, (2015). PROFIL INVESTASI KABUPATEN BANJAR 2015. Cited in http://bappelitbang.banjarkab.go.id/banjar/?site=map_longsor. [2015].
- [3] BNPB: Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2008. *Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana*. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008.
- [4] BNPB: Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2021. *LAPORAN SITUASI TERKINI “Penanganan Darurat Bencana Banjir di Wilayah Provinsi Kalimantan Selatan*.
- [5] BPS, 2020. *Kecamatan Aranio dalam Angka 2020*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjar. Kabupaten Banjar
- [6] El Jazouli, A., Barakat, A. & Khellouk, R. GIS-multicriteria evaluation using AHP for landslide susceptibility mapping in Oum Er Rbia high basin (Morocco). *Geoenviron Disasters* 6, 3 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40677-019-0119-7>
- [7] Iswanto dan Nia Maharani. *Sistem Monitoring dan Peringatan Dini Tanah Longsor*. Simposium Nasional RAPI IX 2010. ISSN: 1412-9612, 201.
- [8] Kumar R., Anbalagan R., 2016. Landslides Susceptibility Mapping Using Analytical Hierarchy Process (AHP) in Tehri Reservoir Rim Region, Uttarakhand. *Journal Geological Society Of India*, Vol 87.
- [9] Meghanadh Devara, Ashutosh Tiwari & Ramji Dwivedi (2021) Landslide susceptibility mapping using MT-InSAR and AHP enabled GIS-based multi-criteria decision analysis, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 12:1, 675-693, DOI: 10.1080/19475705.2021.1887939
- [10] Saaty, T.L. 1990. *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory*. 2nd ed. Pittsburg. RWS Publication.
- [11] Sikumbang, R & Heryanto, R., 1994. *Peta Geologi Bersistem Indonesia Lembar Banjarmasin 1712, Kalimantan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [12] Utami, S., Ekasari, K., & Saputra, R. (2021). Penggunaan AHP guna penentuan prioritas penanganan permukiman tangguh bencana longsor. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan (Journal of Environmental Sustainability Management)*, 4(2), 498-512.