Inventarisasi Titik-Titik Gerakan Tanah Pasca Bencana Longsor di Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan

An Inventory of Potential Post-Landslide Ground Movement in Tanah Laut Regency, South Kalimantan

Yulian Firmana Arifin[1], Nurhakim[*2], Taufik Hidayat[3], Adi Saputra[4], Muh. Akram[5], Peredrik F. Mikhael[6]
[1, 3] Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat
[1]Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Lambung Mangkurat
[2, 4–6]Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Lambung Mangkurat
Corr Author: [1]y.arifin@ulm.ac.id, [*2]nurhakim@ulm.ac.id , [3]upikdayatt@gmail.com, [4]1810813210018@ulm.ac.id,
[5]1910813210004@ulm.ac.id, [6]1910813110006@ulm.ac.id

ABSTRAK

Hujan dengan intensitas tinggi melanda wilayah Propinsi Kalimantan Selatan selama bulan Januari 2021 memicu terjadinya banjir dan longsor di berbagai kabupaten. Salah satu kabupaten yang terdampak adalah Kabupaten Tanah Laut. Dari data BNPB, bencana banjir dan longsor di Kabupaten ini menimbulkan 7 jiwa meninggal dunia, 27024 jiwa mengungsi dan lebih dari 42 ribu jiwa terdampak. Identifikasi gerakan tanah dilakukan dengan menganalisis citra satelit dan foto udara dari pesawat tak berawak (drone). Foto−foto ini diolah dengan bantuan aplikasi Orthophoto. Data ini kemudian dibandingkan dengan data citra satelit sebelum terjadi bencana dengan bantuan Sistem Informasi Geografis ArcGIS. Hasilnya digunakan untuk inventarisasi potensi longsor dibeberapa titik-titik di Tanah Laut. Hasil studi memperlihatkan daerah−daerah yang rentan terjadi gerakan tanah susulan pada 47 lokasi di Gunung Keramaian, 14 titik di Guntung Besar, dan 3 titik di Bukit Tamiyang. Hasil studi tanah ini dijadikan bahan evaluasi dan masukan bagi pemerintah daerah setempat dalam pelaksanakan kebijakan mitigasi bencana. Hal ini disebabkan ketiga lokasi merupakan daerah perkebunan (Gunung Keramaian dan Guntung Besar) dan destinasi wisata (Bukit Tamiyang).

Kata-kata kunci*:* gerakan tanah, longsor, pesawat tanpa awak, orthoPhoto

ABSTRACT

Rain with high intensity occurred in South Kalimantan Province during January 2021, which resulted in floods and landslides in various districts. One of them is Tanah Laut Regency. Based on data from the National Disaster Management Agency, floods and landslides in this district resulted in 7 deaths, 27024 people were displaced, and more than 42,000 people were affected. This activity aims to inventory the potential points of subsequent landslides so that casualties and property losses can be avoided. Identification of ground motion is done by analyzing satellite imagery and aerial photos from drones. These photos were processed with the help of the OrthoPhoto application. This data was then compared with satellite image data before the disaster with the help of the ArcGIS Geographic Information System. The results were used for an inventory of potential landslides at several points in Tanah Laut. The results of the study show that areas that have the potential for subsequent landslides are located at 47 locations on Mount Keramaian, 14 points on Guntung Besar, and three points on Bukit Tamiyang. The results of the study are used as an evaluation and as data for the local government when implementing disaster mitigation policies. This is because the three locations are plantation areas (Gunung Keramaian and Guntung Besar) and tourist destinations (Bukit Tamiyang), which attract many people to visit.

Keywords: ground movement, landslide, drone, orthoPhoto

Submitted: 28-07-2022; Revised: 11-08-2022; Accepted: 24-10-2022; Available Online: 24-10-2022
Published by: Mining Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Lambung Mangkurat
This is an open access article under the CCBY license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

PENDAHULUAN

Hujan dengan intensitas tinggi melanda wilayah Propinsi Kalimantan Selatan selama bulan Januari 2021 memicu terjadinya banjir dan longsor di berbagai kabupaten. Salah satu kabupaten yang terdampak adalah Kabupaten Tanah Laut. Dari data BNPB, bencana banjir dan longsor di Kabupaten ini menimbulkan 7 jiwa meninggal dunia, 27024 jiwa mengungsi dan lebih dari 8249 rumah terendam (BNPB, 2021).

Bencana ini umumnya disebut dengan bencana hidrometeorologi yaitu kejadian yang diakibatkan oleh perubahan iklim dan cuaca. Meskipun terlihat lebih disebabkan oleh faktor alam, akan tetapi bencana ini dapat juga disebabkan oleh faktor bukan alam atau faktor manusia. Akibatnya pun beragam dari korban jiwa sampai pada kehilangan harta benda, efek psikologis, maupung kerusakan lingkungan (BNPB, 2019).

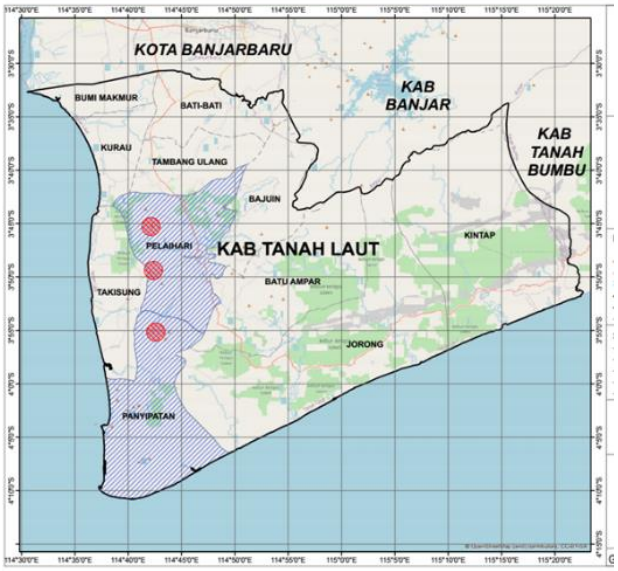
Longsor secara alamiah dapat disebabkan oleh curah hujan dan juga bentuk permukaan bumi, tata guna lahan, sifat batuan, kondisi geologi, dan gempa bumi. Kegiatan pertanian, pemanfaatan lereng, pemotongan lereng dan pertambangan adalah faktor-faktor lain yang dipengaruhi oleh kegiatan manusia yang merubah bentang alam (Somantri, 2008 dalam Muzani, 2021).

Longsor dapat juga diartikan sebagai gerakan turunnya atau keluarnya masa tanah atau batuan pembentuk lereng atau campuran kedua komponen tersebut akibat berkurangnya stabilitas tanah atau batuan penyusun (Karnawati, 2005). Keadaan yang mendorong terjadinya longsor diantaranya lereng cukup terjal, ada

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14011

permukaan peluncur yang tidak tembus air di bawah permukaan tanah, dan terdapat air di atas lapisan *impermeable* yang mengakibatkan tanah menjadi jenuh (Paimin, dkk, 2009). Beberapa indikasi longsor dapat diidentifikasi secara kasat mata, seperti adanya retakan-retakan yang bersamaan arahnya dengan arah tebing, retak pada bangunan, miringnya pohon atau tiang listrik, dan munculnya mata air baru. Meskipun terlihat, hampir tidak pernah di inventarisasi atau bahkan ditangani dengan tepat, sehingga longsor yang mengakibatkan korban jiwa dan kerugian harta benda masih terjadi (BNPB, 2019).

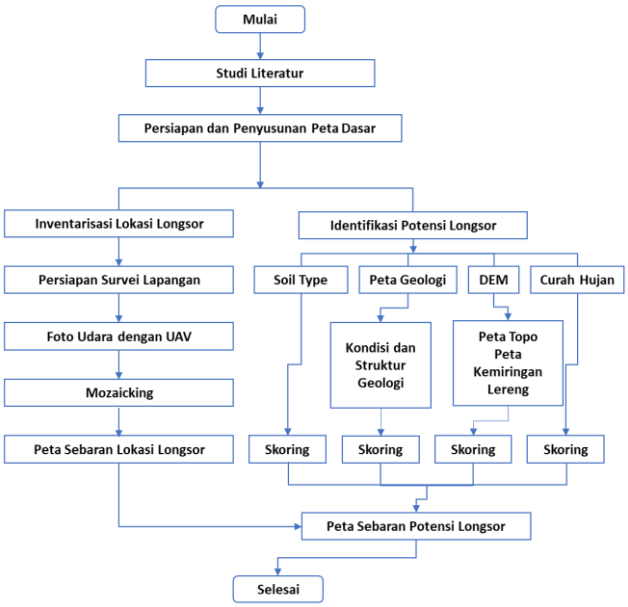
Studi ini bertujuan untuk menginventarisasi sebaran lokasi longsor di Kecamatan Pelaihari dan sekitarnya, Kabupaten Tanah Laut pada awal tahun 2021, menginventarisasi titik-titik yang rawan atau berbahaya/berpotensi longsor susulan, dan membuat Peta sebaran lokasi longsor dan Peta sebaran lokasi yang berpotensi gerakan tanah susulan di Kabupaten Tanah Laut, terutama di wilayah studi. Adapun wilayah studi berada di Kecamatan Pelaihari dan Kecamatan Panyipatan, terutama Gunung Keramaian, Gunung Besar dan Bukit Tamiyang seperti terlihat pada titik merah di Gambar-1.



Gambar-1. Wilayah Studi

METODOLOGI

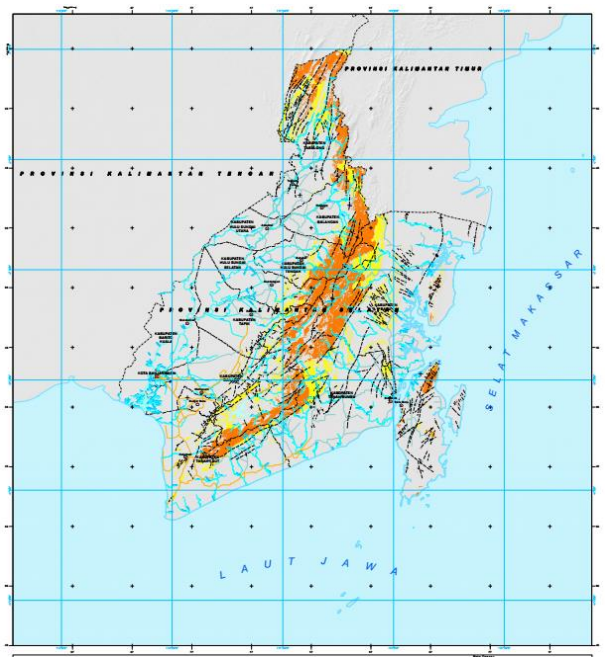
Inventarisasi dan klasifikasi tingkat kerencanatan gerakan tanah dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan, antara lain menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process/AHP (Setiadi, dkk., 2018) , Metode Storie (Sugianti dkk., 2014; Warnadi, 2014; Darmawan dkk., 2018), Metode Frequency Ratio (Silaban, 2021), teknik komposit *Weight of Evidence* (WoE) dan *Logistic Regression* (LR) (Sadisun, 2018), menggunakan pemodelan FlowR (Ningrum, 2022), metode frekuensi rasio (Nugroho, and Nugroho, 2020; Umam, 2022), Sistem inventarisasi berbasis GIS (Suaib dan Qashlim, 2016; Hamida and Widyasamratri, 2019), pemanfaatan foto udara (Setyawan and Widartono, 2016; Kristiawan, dkk, 2019; Wijaya, 2021), pemetaan partisipatif menggunakan perangkat mobile GIS dengan teknik *Volunteered Geographic Information* (VGI) (Anshori, 2022). Adapun metode pelaksanaan studi ini adalah kombinasi dari sistem inventarisasi berbasis SIG dengan pemanfaatan foto udara, dengan tahapan seperti terlihat pada Gambar-2. Tahapannya antara lain persiapan, studi literatur, penyiapan peta dasar (RBI dan OSM), survey lapangan, pengambilan foto udara menggunakan drone, pengolahan data, dan terakhir pembuatan peta-peta.



Gambar-2. Diagram Alir Pelaksanaan Studi

Potensi Bencana Gerakan Tanah/Longsor

Mengacu peta bahaya tanah longsor di Propinsi Kalimantan Selatan (BPBD, 2015), Kabupaten Tanah Laut terdapat beberapa kecamatan yang berpotensi gerakan tanah tinggi (Kecamatan Bajuin, Batuampar, Jorong dan Kintap). Adapun di kecamatan lainnya potensi gerakan tanah relatif rendah hingga sedang (Gambar-3).



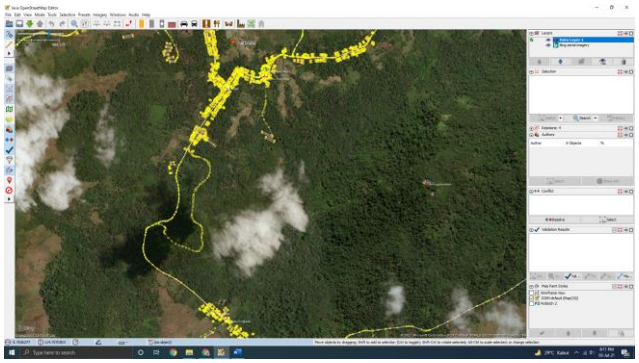
Gambar-3. Peta Rawan Longsor Provinsi Kalsel

Penyiapan Peta Dasar

Peta dasar yang digunakan dalam kegiatan studi ini adalah Openstreetmap, untuk itu sebelum digunakan perlu dilakukan beberapa editing/updating dengan menggunakan JOSM (Java Openstreet Map Editor).

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14011

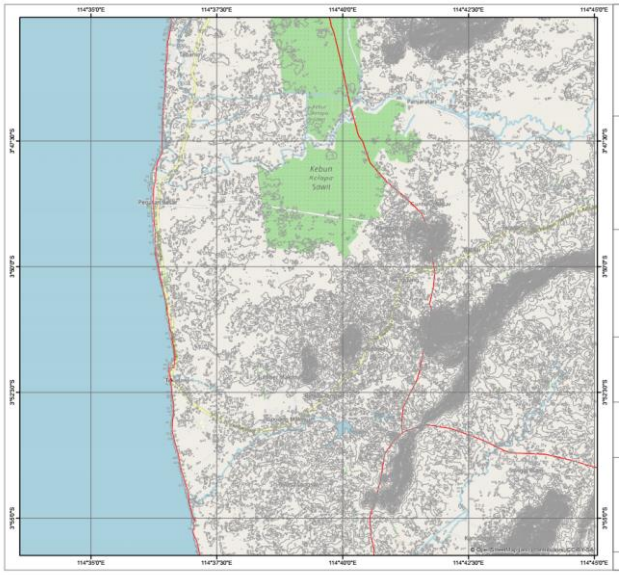
Adapun proses editing peta dasar di lokasi pengamatan dan sekitarnya ditampilkan pada Gambar-4.



Gambar-4. Penyiapan Peta Dasar

Penyiapan Peta Topografi

Peta topografi diturunkan dari DEMNAS 1712-21 (DEMNAS, 2018), dengan menggunakan fasilitas geoprocessing yang terdapat pada aplikasi ArcGIS (Gambar-5).



Gambar-5. Peta Topografi Wilayah Studi

Akuisisi Foto Udara

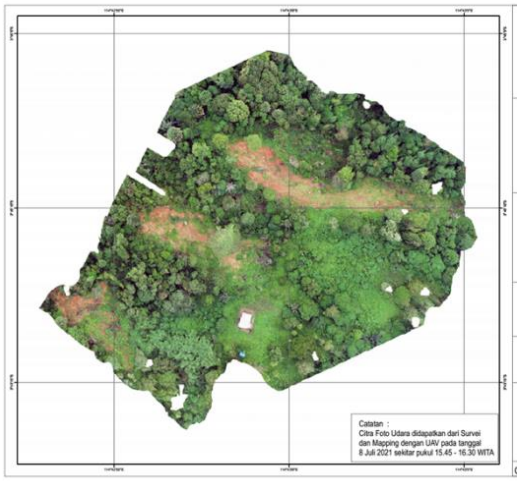
Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui tampak atas wilayah studi, kegiatan ini dilaksanakan dengan menggunakan drone/UAV DJI Phantom 4 Pro+. Setelah proses orthomozacking, dapat diperoleh orthoPhoto wilayah studi (Gambar-6).

Ground Check

Survei Lapangan dilakukan untuk mendapatkan koordinat, mengamati kondisi lapangan secara langsung, pengukuran dan pengambilan sampel tanah.

Penyusunan Peta Sebaran Lokasi Rawan Longsor

Penyusunan peta lokasi daerah rawan longsor dilaksanakan dengan pendekatan skoring terhadap parameter-parameter yang berpengaruh terhadap potensi longsor, yaitu digital elevation model (DEM), kondisi geologi, kondisi tanah, dan hidrologi (Tabel-1).



Gambar-6. Citra Foto Udara Gunung Keramaian

Tabel-1 Parameter Penyusun Peta Bahaya Tanah Longsor

NO	Data	Parameter
1	DEM	• Kemiringan Lereng • Arah Lereng • Panjang dan Bentuk Lereng
2	Geologi	• Tipe Batuan • Jarak dari Patahan / Sesar Aktif
3	Tanah	• Tipe Tanah (tekstur) • Kedalaman Tanah (solum)
4	Hidrologi	• Komponen Hidrologi (Curah Hujan)

HASIL DAN DISKUSI

Kondisi parameter yang berpengaruh terhadap potensi longsor di Wilayah Studi.

Penyusunan Peta Sebaran Daerah Rawan Longsor dilaksanakan dengan pendekatan skoring terhadap parameter-parameter yang berpengaruh terhadap potensi longsor, yaitu Topografi / DEM, kondisi geologi, kondisi tanah, dan hidrologi.

• Topografi dan Fisiografi

Topografi dan fisiografi Kabupaten Tanah Laut terdiri atas dataran aluvial, dataran aluvial rawa-rawa, dataran banjir, pematang pantai dan dataran pasang surut, dataran nyaris, perbukitan struktural lipatan, pegunungan struktural lipatan, dan bukit-bukit intrusif. Daerah rataan aluvial terbentuk dari proses penumpukan material–material tanah seperti kerikil, pasir, lanau, dan lempung yang terbawa aliran sungai. Di Bati-Bati dan Tambang Ulang, ada sungai Maruka; di Pelaihari dan Takisung, ada Sungai Tabanio; dan Takisung dan Panyipatan, ada Sungai Batanggayang. Ciri–ciri dataran ini adalah kemiringan lereng 0–3%, bahan terdiri dari endapan aluvium, berstruktur teratur dimana lapisan berbutir halus di bagian atas yang semakin ke bawah semakin kasar. Dataran ini terletak pada daerah disekitar aliran sungai yang tersebar di daerah bagian barat, yaitu Kecamatan Kecamatan Bati-Bati, Kurau, Tambang Ulang, Pelaihari, dan Takisung. Adapun di wilayah studi kondisi topografi yang berkembang adalah perbukitan, dimana Gunung Keramaian berada pada elevasi antara 15–310 m.dpal dengan kemiringan 20–40%, Bukit Tamiyang dengan elevasi 5–250 m.dpal dengan kemiringan 15–40%, dan Gunung Besar dengan elevasi antara 5–155 m.dpal dengan kemiringan 20–30%.

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14011

• Geologi

Berdasarkan peta geologi, batuan di Kabupaten Tanah Laut berumur antara mesozoik, tersier dan kuarter. Secara fisiografis, posisi Tanah Laut berada di Barat Daya Pegunungan Meratus dan di Selatan Cekungan Barito dan Anak Cekungan Asam-Asam. Pegunungan Meratus dominan dibentuk dari batuan pratersier. Batuan yang membentuk Cekungan Barito dan Anak Cekungan Asam-Asam adalah batuan endapan tersier. Jenis batuan yang berkembang di Gunung Keramaian adalah diabas dan pelapukannya, di Bukit Tamiyang gabbro, dan Gunung Besar tersusun dari material basalt.

• Kondisi Tanah

Berdasarkan pengamatan lapangan, kondisi tanah di kaki lereng ditandai oleh kontur datar dengan kemiringan lereng 0–3% dengan material berupa endapan aluvial yang tersusun teratur dari yang butiran kasar di bagian bawah dan butiran halus di bagian atas. Adapun di lokasi terjadinya gerakan tanah, elevasi antara 150–200 meter di atas permukaan laut, lereng sangat terjal di bagian lembah dengan kemiringan mencapai >45°. Kondisi ini terdapat pada bukit–bukit intrusif yang rendah, terbentuk dari hasil penembusan batuan beku volkanik, berupa gabro, diabas, diorit, granit, dan basalt. Sementara, batuan ultramafik dan malihan ditemukan di antara lipatan perbukitan–pegunungan. Batuan berstruktur padat dengan proses pelapukan sudah cukup dalam mengakibatkan gerusan di lereng tanpa penutupan lahan terlihat jelas.

Hasil investigas tanah di laboratorium mekanika tanah menghasilkan berat jenis tanah di kedua lokasi, yaitu Bukit Tamiyang di Desa Kandangan Baru dan Gunung Keramaian di Desa Tungkaran, tersebut sama yaitu 2,69 karena memiliki komposisi tanah yang hampir sama. Tanah di lokasi yang di tinjau mengandung dominan tanah berbutir halus dengan persentasi >90% yaitu masing-masing 96,7% dan 96,05% untuk tanah Desa Tungkaran dan Desa Kandangan Baru. Tanah di Kandangan Baru memiliki batas cair (*LL*) lebih tinggi yaitu 50.95% sementara di Desa Tungkaran *LL* 46.10%. Batas plastis (*PL*) masing-masing lokasi adalah 27.9% dan 28.25% dan PI 18.2% dan 22.7%. Tinggi *LL* dan *PI* desa Kandangan Baru mengklasifikasikannya sebagai *CH* (lempung anorganik berplastisitas tinggi), sedangkan tanah di desa Tungkaran dan sekitarnya berklasifikasi *CL* (lempung anorganik berplastisitas rendah).

Kuat geser tanah di lokasi yang diukur di bidang geser yang terlihat di permukaan dengan menggunakan vane shear test menghasilkan masing-masing 19kPa dan 20kPa di desa Tungkaran dan Kandangan Baru. Dilihat dari data ini, kuat geser tanah ini masuk tanah lunak (yaitu kuat geser 12,5–25kPa).

• Hidrologi

Sungai–Danau

Hidrologi Kabupaten Tanah Laut diantaranya yaitu sungai–danau dan air tanah. Sungai dan danau sebagai cadangan air permukaan terdiri atas sungai–sungai besar dan kecil yang berakhir di Laut Jawa. Beberapa sungai tersebut antara lain Sungai Sawarangan, Sungai Tabanio, Sungai Maluka, dan Sungai Sabulur yang difungsikan sebagai sumber air minum, perikanan, pengairan, dan transportasi air.

Di Kabupaten Tanah Laut, danau–danau rawa terdapat di daerah Rawa Benua Raya (6.600 Ha) yang merupakan daerah terluas, Rawa Sanipah (5.600 Ha) dan yang terkecil Rawa Panjaratan (2.500 Ha). Di musim hujan, beberapa lokasi mengalami banjir secara terus menerus, dan ada juga yang tergenang secara berkala. Benua Raya dan Panjaratan adalah daerah yang selalu tergenang.

Air Tanah

Batuan induk di wilayah Kabupaten Tanah Laut tersusun dari batuan yang bervariasi di ketinggian 0–1000 m.dpl. Hal ini mempengaruhi kedalaman air tanahnya bervariasi dari dangkal di daerah pantai hingga dalam di perbukitan dan pegunungan.

Di daerah Kabupaten Tanah Laut, kondisi hidro geomorfologi yang memperlihatkan kemampuan batuannya dalam menyimpan air tanah dikelompokkan ke dalam lima satuan, yaitu dataral aluvial, nyaris, aluvial rawa, pesisir, dan perbukitan–pegunungan.

Dataran aluvial merupakan dataran yang memiliki potensi air tanah yang cukup tinggi, bermutu baik, dan mampu menahan air dalam jumlah cukup. Sedangkan, pada dataran nyaris, potensi air tanah yang tersimpan dalam jumlah sedang dan tersebar cukup luas, dengan kualitas air dari sedang sampai baik. Di dataran ini, air tanahnya sering mengalami kekeringan saat musim kemarau. Di dataran aluvial rawa, potensi air tanahnya dari sedang sampai rendah, tersebar lokal, air tanah lokal, dengan kualitas air tanahnya sedang hingga buruk yang mengandung bahan organik dan klorida yang tinggi. Air tanahnya biasanya terasa payau sampai asin. Air tanah ini ditemukan di dataran aluvial rawa atau dataran *fluvio-marin*. Hidrogeomorfologi pesisir adalah dataran yang memiliki potensi air tanah rendah, kualitasnya buruk, dan terasa payau sampai asin yang disebabkan masuknya air laut. Air tanah ini terletak daerah pantai dan daratan pasang–surut. Hidrogeomorfologi perbukitan–pegunungan termasuk dataran yang sulit air tanah, yang terletak di perbukitan atau pegunungan struktur lipatan dan bukit–bukit intrusif. Hal ini terjadi karena dataran ini terbentuk dari batuan yang masif dan kedap air.

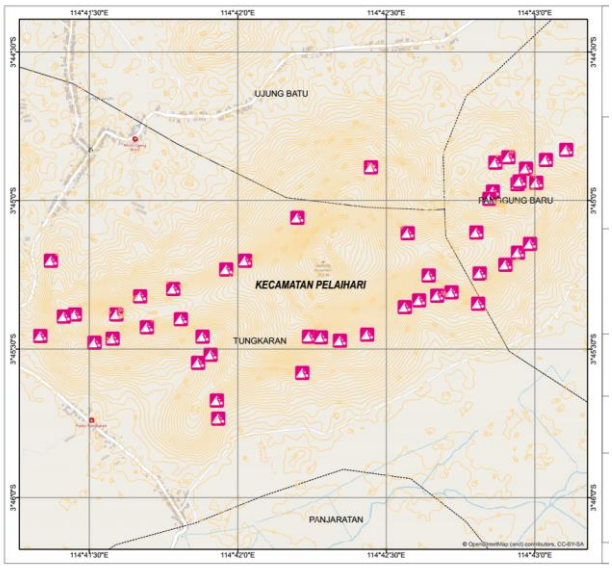
Di samping parameter-parameter di atas, kondisi klimatologi di wilayah studi juga dapat mempengaruhi potensi terjadinya gerakan tanah. Kabupaten Tanah Laut masuk dalam kategori daerah beriklim tropis basah karena tidak terlihat perbedaan musim yang nyata. Hujan terjadi secara merata sepanjang tahun. Bulan–bulan Desember–Februari adalah bulan relatif basah, dan bulan–bulan Juni–Agustus adalah bulan relatif kering. Di daerah barat, curah hujan tahunan sebesar 2.500–3.000 mm dan di wilayah Timur sebesar 2.000–2.500 mm. Di bulan Januari 2021, curah hujan harian dari tanggal 9–15 mencapai nilai esktrem dari 104–491 mm di pos pengamatan SMPK Telaga, Tanah Laut.

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14011

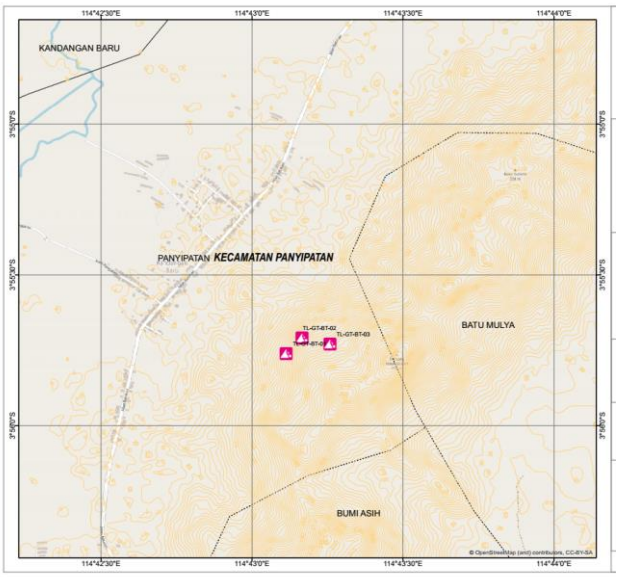
Sebaran Lokasi Gerakan Tanah

Survei secara umum dilakukan sepanjang jalan yang menghubungkan Banjarbaru-Pelaihari dan Pelaihari–Takisung, serta Pelaihari-Batakan, khususnya di daerah yang mengalami dampak paling parah akibat longsor akibat curah hujan ekstrim pada Bulan Januari 2021. Penyajian Peta Sebaran Lokasi Longsor dilaksanakan dengan melakukan overlay titik lokasi longsor dengan peta dasar.

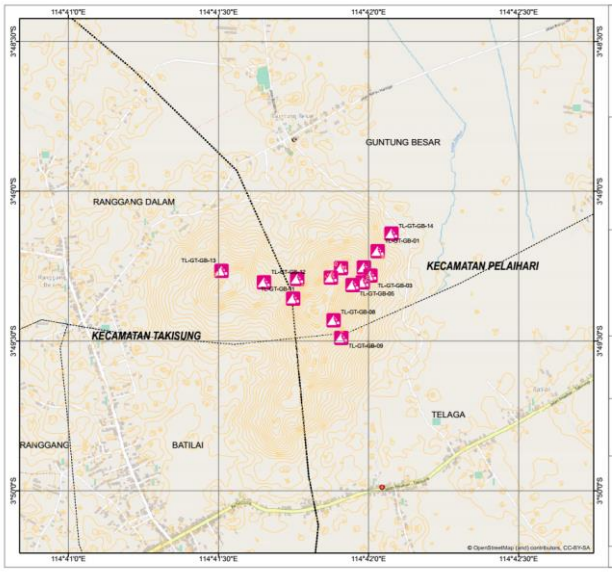
Dari hasil orthophoto yang didapatkan dari pemetaan drone dan survei lapangan, di Gunung Keramaian dan sekitarnya terdapat 47 titik gerakan tanah. Sebaran lokasi gerakan tanah di wilayah ini dapat dilihat pada Gambar 7. Sedangkan di wilayah Guntung Besar dan sekitarnya terdapat 14 titik gerakan tanah (Gambar-8). Adapun di Bukit Tamiang dan sekitarnya terpantau gerakan tanah di 3 titik (Gambar-9).



Gambar-7. Peta Titik-Titik Gerakan Tanah di Gunung Keramaian dan sekitarnya



Gambar-9. Peta Titik-Titik Gerakan Tanah di Bukit Tamiang dan sekitarnya

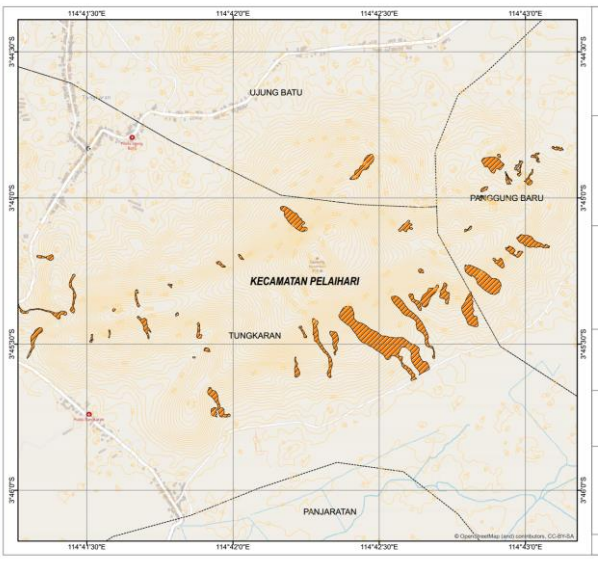


Gambar-8. Peta Titik-Titik Gerakan Tanah di Guntung Besar dan sekitarnya

Sebaran Lokasi Berpotensi Gerakan Tanah Susulan

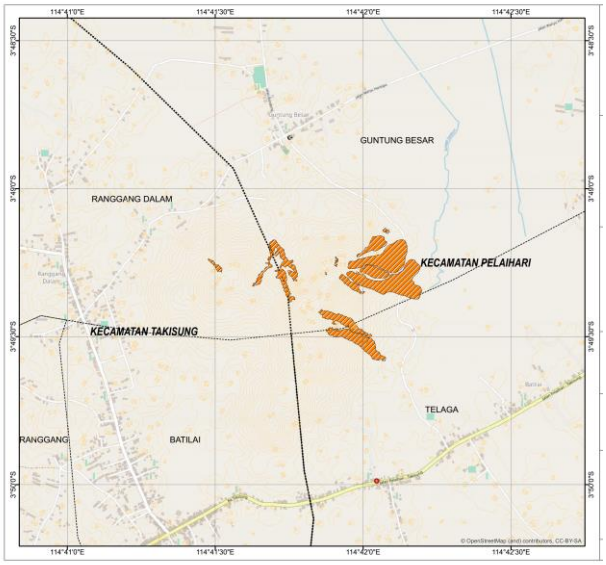
Tahapan akhir studi ini adalah penyusunan peta sebaran lokasi yang berpotensi terjadi gerakan tanah susulan. Kalkulasi geometri dilakukan dengan memanfaatkan fitur yang dimiliki oleh ArcGIS, sehingga diperoleh dimensi potensi gerakan tanah susulan.

Di kawasan Gunung Keramaian dan sekitarnya, dengan dimensi potensi gerakan tanah terbesar diestimasi seluas 6,18 Ha dengan sebaran dan luasan gerakan tanah ditampilkan pada Gambar-10. Adapun dimensi potensi gerakan tanah terbesar di wilayah Guntung Besar dan sekitarnya diestimasi seluas 3,7 Ha, dengan sebaran ditampilkan pada Gambar-11. Sedangkan di Bukit Tamiang dan sekitarnya terpantau gerakan tanah terbesar seluas 1,28 Ha (Gambar-12).

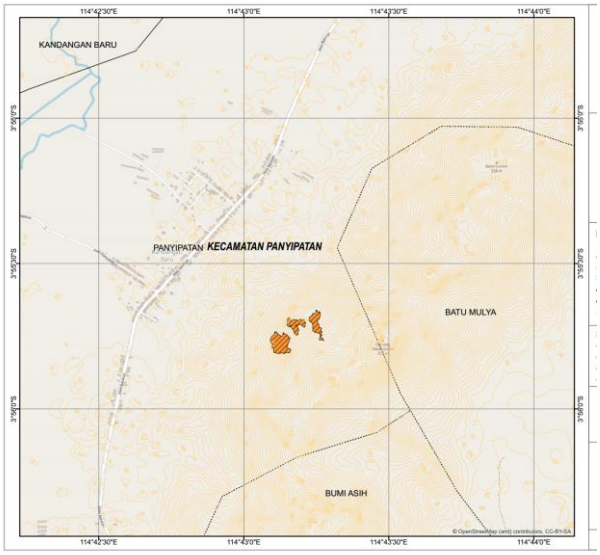


Gambar-10. Peta Sebaran Daerah Berpotensi Longsor Pasca Banjir di Gunung Keramaian dan sekitarnya

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14011



Gambar-11. Peta Sebaran Daerah Berpotensi Gerakan Tanah Susulan di Guntung Besar dan sekitarnya



Gambar-12. Peta Sebaran Daerah Berpotensi Gerakan Tanah Susulan di Bukit Tamiyang dan sekitarnya

KESIMPULAN

- Dari hasil pengumpulan data di dua kecamatan yang menjadi target pengamatan, terdapat 3 lokasi sebaran kejadian longsor/gerakan tanah pada bulan Januari 2021, yaitu Gunung Keramaian dan Gunung Besar di Kecamatan Pelaihari dan Bukit Tamiyang di Kecamatan Panyipatan.
- Inventarisasi titik-titik yang rawan atau berbahaya/ berpotensi gerakan tanah susulan di Gunung Keramaian terdapat 47 titik, di Guntung Besar terdapat 14 titik, dan di Bukit Tamiyang terdapat tiga titik rawan longsor. Peta sebaran lokasi longsor hasil inventarisasi dan Peta sebaran lokasi yang berpotensi gerakan tanah susulan di Kabupaten Tanah Laut, khususnya Kecamatan Pelaihari dan Kecamatan Panyipatan, telah tersusun dalam bentuk paper-map dan dapat diakses secara online melalui My Maps dengan link berikut: https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1GjVSGjH3O6zYncdwB-kmW-4NwOywJvPi&usp=sharing dan website: https://ft.ulm.ac.id/id/labmodren.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lambung Mangkurat atas bantuan dana kegiatan Program Dosen Wajib Mengabdi (PDWA) tahun 2022 dengan kontrak No. 137.256/UN8.2/AM/2022.

DAFTAR PUSTAKA

[1] BNPB, 2021, Sebanyak 7 Kabupaten/Kota Terdampak Banjir di Kalimantan Selatan, https://bnpb.go.id/berita/-update-sebanyak-7-kabupaten-kota-terdampak-banjir-di-kalimantan-selatan

[2] BNPB, 2019, Modul Teknis Penyusunan Kajian Risiko Bencana Tanah Longsor, BNPB, Jakarta

[3] Muzani, 2021, Buku Referensi Bencana Tanah Longsor – Penyebab dan Potensi Longsor, Deepublish Publisher, Yogyakarta, ISBN 978-623-02-2174-3

[4] Karnawati, D., 2005, Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya. Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Indonesia. ISBN 979-95811-3-3.

[5] Paimin, Sukresno dan Irfan Budi Pramono, 2009, Teknik Mitigasi Banjir dan Tanah Longsor, Tropenbos Internasional Indonesia Programme, Balikpapan, ISBN 978-979-3145-46-4

[5] Setiadi, D., Muslim, D., Zakaria, Z., 2018, Klasifikasi Tingkat Kerencanatan Gerakan Tanah di Daerah Mukapayung dan Sekitarnya Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP), Jurnal Dialog Penanggulangan Bencana Vol 9 No 2 Tahun 2018, ISSN 2087-636X

[6] Sugianti, K., Mulyadi, D. and Sarah, D., 2014. Klasifikasi Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan Menggunakan Metode Storie. Riset Geologi dan Pertambangan, 24(2), pp.91-102.

[7] Warnadi, W., 2014. Inventarisasi Daerah Rawan Longsor Kabupaten Banjarnegara Jawa Tengah. SPATIAL: Wahana Komunikasi dan Informasi Geografi, 12(2), pp.35-45.

[8] Darmawan, W., Suprayogi, A. and Firdaus, H.S., 2018. Analisis Penentuan Zona Kerentanan Gerakan Tanah Dengan Metode Storie (Studi Kasus Kabupaten Wonogiri). Jurnal Geodesi Undip, 7(4), pp.47-54.

[9] Silaban, P.J., 2021. Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah Dengan Metode Frequency Ratio Di Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Yogyakarta (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).

[10] Sadisun, I.A., Kartiko, R.D. and Arifianti, Y., 2018. Metode Kombinasi Weight of Evidence (WoE) dan Logistic Regression (LR) untuk Pemetaan Kerentanan Gerakan Tanah di Takengon, Aceh. Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi, 9(2), pp.77-86.

[11] Ningrum, E.R., 2022. Penilaian Kerawanan Longsor Menggunakan Pemodelan FlowR: Studi Kasus Lereng Waduk Bener, Purworejo Jawa

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14011

Tengah (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).

[12] Nugroho, D.D. and Nugroho, H., 2020. Analisis Kerentanan Tanah Longsor Menggunakan Metode Frequency Ratio di Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Geoid, 16(1), pp.8-18.

[13] Umam, S., 2022. Aplikasi metode frekuensi rasio untuk memetakan tingkat kerawanan tanah longsor di Sub DAS Tangka (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).

[12] Suaib, S. and Qashlim, A., 2016. Sistem Inventarisasi Daerah Rawan Bencana Berbasis GIS (Studi Kasus: Kecamatan Tapalang, Sulawesi Barat). INOVTEK Polbeng-Seri Informatika, 1(2), pp.140-147.

[13] Hamida, F.N. and Widyasamratri, H., 2019. Risiko kawasan longsor dalam upaya mitigasi bencana menggunakan Sistem Informasi Geografis. Pondasi, 24(1), pp.67-89.

[14] Setyawan, D.O. and Widartono, B.S., 2016. Pemanfaatan Foto Udara Tegak & Condong Format Kecil Menggunakan Uav untuk Identifikasi Longsor di Sebagian DAS Bompon, Kabupaten Magelang. Jurnal Bumi Indonesia, 5(3), p.228387.

[15] Kristiawan, Y., Putra, I.E., Kharis, S., 2019, Inventarisasi Gerakan Tanah Paska Bencana Longsor 7 Maret 2019 di Jalur Trans Nusa Kabupaten Manggarai Barat, Nusa Tenggara Timur, Buletin Vulkanologi dan Bencana Geologi, Volume 13, Nomor 1, Tahun 2019: 33-40.

[16] Wijaya, A.P., 2021. Karakterisasi dan Identifikasi Potensi Longsor dengan Pemanfaatan Foto Udara di Sebagian Jalan Magelang-Purworejo (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).

[17] Ansori, R.M., 2022. Sistem Pemetaan Mobile Untuk Inventarisasi Kejadian Tanah Longsor Di Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).

[18] BPBD, 2015, Peta Bahaya Tanah Longsor di Kalimantan Selatan, https://geoservice.kalselprov.go.id/Kartografi/?IdSearch=longsor

[19] DEMNAS, 2018, DEMNAS 1712-21, Badan Informasi Geospasial, Cibinong

http://dx.doi.org/10.20527/jg.v8i2.14011