

## ZONASI RAWAN GERAKAN MASSA BERBASIS GIS DAN INTEGRASI APLIKASI MANAJEMEN BENCANA BERBASIS *CROWDSOURCING* DI AREA PERTAMBANGAN EMAS PONGKOR, JAWA BARAT

\*<sup>1)</sup>Bagaskara Widi Nugroho, <sup>2)</sup>Deden Rojudin, <sup>3)</sup>Muhammad Chaidir Harist, <sup>4)</sup>Hafidh

Alfian Affandi

<sup>1,2)</sup>PT Aneka Tambang Tbk UBPE Pongko

<sup>3,4)</sup>ESRI Indonesia

\*E-mail: [bagaskara.nugroho@antam.com](mailto:bagaskara.nugroho@antam.com)

Artikel masuk : 11-11-2022 , Artikel diterima : 28-11-2022

Kata kunci: bahaya, bencana, geologi, GIS, sistem manajemen, *weighted-overlay*

Keywords: *weighted-overlay*, GIS, hazards, geology, disaster, system, management

### ABSTRAK

PT Aneka Tambang UBPE Pongkor beroperasi pada kondisi batuan vulkaniklastik berumur tersier-kuarter dan berada pada area morfologi perbukitan vulkano-tektonik dan perbukitan struktur (Milesi dkk, 1999). Kondisi ini menyebabkan UBPE Pongkor harus beradaptasi dengan banyaknya potensi bencana, salah satunya adalah bencana gerakan massa yang termasuk dalam bahaya geologi. Sebanyak 58 kejadian gerakan massa meliputi longsor, amblesan, jatuhnya batuan, dan rayapan telah terjadi sejak tahun 2017 – 2022, beberapa dari kejadian tersebut menyebabkan terganggunya operasional pertambangan. Hal ini disebabkan karena minimnya informasi area rawan dan prioritas pemantauan potensi gerakan massa. UBPE Pongkor menyusun peta prioritas pemantauan bencana gerakan massa berdasarkan enam faktor pengontrol dan pemicu gerakan massa yaitu kemiringan lereng, susunan batuan, jenis tanah, jarak dari struktur geologi, tata guna lahan, dan jarak dari jalan utama. Metode *weighted-overlay* diterapkan dalam analisis penentuan peta rawan gerakan massa menggunakan ArcGIS Pro 2021. Hasil dari analisis didapatkan seluas 1463136,42 m<sup>2</sup> (41%) adalah area kerawanan tinggi dan menjadi prioritas pemantauan tinggi; 1916366,08 m<sup>2</sup> (54%) adalah area kerawanan sedang dan menjadi prioritas pemantauan sedang, dan 174618,32 m<sup>2</sup> (5%) adalah area kerawanan rendah dan menjadi prioritas pemantauan rendah. Dalam hal mengurangi risiko kerugian yang ditimbulkan dari bahaya geologi, CROWDIST (Sistem Manajemen Bencana *Crowdsourcing*) diterapkan sebagai sarana untuk melaporkan bahaya geologi secara *real-time* melalui satu aplikasi ponsel yang langsung terhubung dengan dashboard pemantauan yang dikontrol langsung oleh pihak berwenang. Dashboard ini juga membantu pihak berwenang dalam menindaklanjuti kejadian bahaya geologi di lapangan secara cepat dan membantu memberikan informasi curah hujan yang menjadi pemicu utama gerakan tanah.

Doi : <https://doi.org/10.36986/impj.v4i2.72>

## ABSTRACT

*The Pongkor Gold Mining Business Unit (Pongkor GMBU) lies on Tertiary-Quaternary volcanoclastic rocks which have volcano-tectonic and structural hills (Milesi dkk, 1999). This condition has made Pongkor GMBU adapt to various disaster potentials, notably land movement which is the one of geohazard. There were about 58 landslide data recorded around 2017-2022, some of these incidents caused a range of operational loss. This is due to the lack of information about land movement prone areas and the priority area of land movement monitoring. GMBU Pongkor arranges a monitoring priority map based on six land movement controlling factors and triggering factors e.g. slope degree, lithology, soil type, distance from geological structure, land use, and distance from road. Weighted-Overlay method applied for land movement area analysis using ArcGIS Pro 2021. The results about 1.463.136,42 m<sup>2</sup> (41%) are high prone areas and the main priority ; 1.916.366,08 m<sup>2</sup> (54%) are medium prone areas the second priority ; and 174.618, 32 m<sup>2</sup> are low prone areas and being the last priority. In order to reduce loss induced geological hazard, CROWDIST (Crowdsourcing Disaster Management System) applied as a real-time geological hazard reporting device using a mobile phone application which is connect with a monitoring dashboard that controlled by company authorities. This dashboard also assist the company authorities to dealing with geological hazard issues immediately and informing to all workers about rainfall forecast which is the main trigger of land movement hazard.*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

PT ANTAM UBPE Pongkor adalah salah satu tambang emas bawah tanah yang beroperasi di Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Lokasi Ijin Usaha Penambangan berada di area dengan fisiologi perbukitan vulkanik dan struktural dengan kemiringan lereng dalam kategori terjal-hingga sangat terjal. Selain itu, deposit emas erat kaitannya dengan system

hidrotermal yang kerap menghasilkan alterasi batuan sehingga membentuk profil tanah yang cukup dalam. Kondisi ini menjadikan UBPE Pongkor berada di area dengan potensi bencana gerakan massa yang sangat tinggi, ditambah lagi curah hujan di daerah pegunungan yang mencapai >3000 mm pada tahun 2021 yang menjadi pemicu terjadinya gerakan massa. Tercatat sebanyak 62 kejadian gerakan massa terjadi dari tahun 2019 yang menyebabkan terganggunya operasional tambang karena rusaknya infrastruktur dan peralatan. Hal ini disebabkan karena beberapa hal, yaitu :

- Minimnya informasi terkait lokasi rawan bencana gerakan massa kepada karyawan dan seluruh pekerja di UBPE Pongkor
- Tidak adanya kajian potensi bencana geologi dalam studi kelayakan ataupun analisis mengenai dampak lingkungan
- Minimnya alat pemantauan gerakan tanah yang dipasang di area UBPE Pongkor
- Tidak adanya sistem peringatan dini ataupun sistem pelaporan bencana yang terintegrasi di area UBPE Pongkor

Terkait hal tersebut, ada kepentingan untuk membentuk suatu sistem yang terintegrasi dengan pemutakhiran informasi titik potensi bencana longsor di sekitar area kritis seperti perkantoran, pabrik, dan emplasemen tambang

### a. Kondisi Geologi Daerah Penelitian

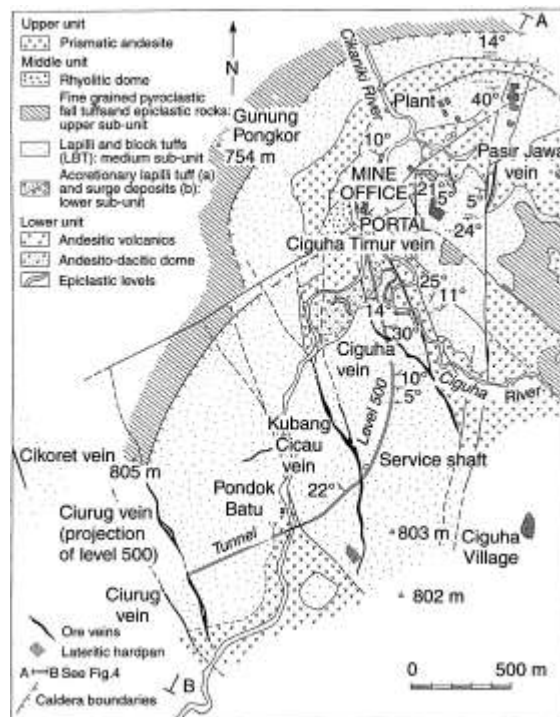
UBPE Pongkor berada pada sayap timurlaut geomorfologi Kubah Bayah yang tersusun atas bentang alam kubah vulkanik, depresi vulkanik, kaldera, dan perbukitan structural (Milesi dkk, 1999). Litologi penyusun area tersebut dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

- Unit tua, yang tersusun atas calc-alkalic andesit-dasitik yang berubah secara lateral menjadi endapan epiklastik (Milesi dkk 1999)

- Unit pertengahan, yang memiliki kompleksitas tinggi, yaitu endapan lapilli tuff dengan struktur akresi, lapilli tuff berselingan batuan piroklastik berbutir halus dan dome riolit
- Unit muda, yang tersusun atas endapan lava andesit dengan beberapa *dike* yang memotong endapan lava tersebut.

Struktur geologi yang dominan di lokasi penelitian adalah sesar geser dekstral dengan pola NW-SE dan sinistral dengan pola NNE-SSW yang juga berperan membentuk pola kekar-kekar di sekitarnya . Sejak 2 juta tahun lalu, daerah penelitian terletak di iklim tropis

sehingga mengalami proses pelapukan intensif dan meninggalkan endapan laterit yang cukup tebal. Proses pelapukan ini menyebabkan proses alterasi mineral asal batuan membentuk mineral karbonat, mangan oksida, dan besi yang menyatu dengan batuan segar (Milesi dkk, 1999). Alterasi hidrotermal juga berkembang luas di daerah sekitar vein Gunung Pongkor, beberapa alterasi yang dominan terjadi adalah alterasi propilitik (chlorite-epidot, karbonat-kuarsa), silisifikasi, dan alterasi argilik (illite-smektit) sebagai alterasi dengan cakupan paling luas (Basuki dkk, 1993).



**Gambar 1. Peta Geologi Area Pongkor (Milesi dkk, 1999)**

b. Data Kejadian Gerakan Massa UBPE Pongkor

Inventarisasi data kejadian gerakan massa penting dalam skema mitigasi bencana gerakan tanah ke depannya. Sejak tahun 2017-

2022, telah terjadi sebanyak 58 kejadian gerakan massa yang terdokumentasi baik oleh tim Geoteknik UBPE Pongkor dimana 36 kejadian didominasi tipe gerakan massa gerakan massa tanah.

Tabel 1. Data Gerakan Massa di Area Operasional Pertambangan UBPE Pongkor 2017-2022

No	Koordinat		Tipe Gerakan Massa	Lokasi	Tahun	Kerugian yang ditimbulkan
	X	Y				
1	673356,0746	9264502,029	Longsor	Akses menuju Kantor, Nunggul	2017	Potensi ambles, pipa tailing tertarik
2	673327,763	9264424,8155	Longsor	Akses menuju Kantor, Nunggul	2017	Potensi ambles, pipa tailing mengalami kebocoran
3	673557,3446	9264209,2353	Rayapan	Akses menuju Kantor, Nunggul	2017	Potensi ambles, pipa tailing tertarik
4	673534,2834	9264164,7603	Rayapan	Akses menuju Kantor, Nunggul	2017	Potensi ambles, pipa tailing tertarik
5	673249,314	9263543,7576	Rayapan	Process Plant	2017	Menarik struktur bangunan laboratorium
6	673297,0835	9263599,7632	Rayapan	Process Plant	2017	Bangunan retak akibat gerakan tanah
7	671730,5753	9261530,8522	Amblesan	P4TA	2017	Jenuh air karena PETI
8	672112,9943	9261168,5293	Longsor	Portal CU 600	2017	Material longsor menutupi sebagian akses CU 600
9	674092,6917	9265517,1297	Longsor	Fasdam Utama TSF	2018	Paritan tertutup material, air berpotensi masuk ke TSF
10	673903,2612	9265006,4908	Longsor	Fasdam Utama TSF	2018	Material berpotensi menutup akses TSF
11	673860,4334	9265003,1964	Longsor	Fasdam Utama TSF	2018	Material berpotensi menutup akses TSF
12	673661,6467	9263583,7522	Rayapan	Lereng Kontraktor	2018	2 bangunan mess mengalami retakan
13	673609,9898	9263616,433	Rayapan	Lereng Kontraktor	2018	2 bangunan mess mengalami retakan
14	673599,4476	9263635,409	Rayapan	Lereng Kontraktor	2018	2 bangunan mess mengalami retakan
15	673606,8271	9263568,993	Rayapan	Lereng Kontraktor	2018	2 bangunan mess mengalami retakan
16	672223,0947	9263270,3187	Longsor	Akses Permukaan Ciurug	2018	Menumbangkan beberapa vegetasi reklamasi
17	671692,6892	9261438,6078	Longsor	P4TA	2018	Material menutupi jalan setapak
18	673654,5307	9265393,588	Longsor	Fasdam Utama TSF	2019	Akses hauling tailing terganggu
19	673550,7557	9265062,4964	Longsor	Akses menuju TSF, Cipanas	2019	Tebing jalan longsor, jalan ke TSF terputus
20	671928,2419	9261479,7883	Rayapan	Semen silo	2019	Area parkir mengalami retakan selebar 1-2 cm
21	671946,3614	9261446,8439	Rayapan	Thickener	2019	Beberapa pohon miring
22	671954,5975	9261478,1411	Rayapan	Semen silo	2019	Akses menuju thickener retak

No	Koordinat		Tipe Gerakan Massa	Lokasi	Tahun	Kerugian yang ditimbulkan
	X	Y				
23	671964,4808	9261491,3189	Rayapan	Semen silo	2019	Area parkir mengalami retakan selebar 2-3 cm
24	671994,1308	9261473,1994	Rayapan	Thickener	2019	Area parkir mengalami retakan selebar 2-4 cm
25	671994,1308	9261445,1967	Rayapan	Thickener	2019	Pagar mulai tertarik ke hilir
26	671936,9393	9261282,3852	Longsor	Portal 703	2019	Material longsor menutupi area parkir
27	672243,7179	9261096,8421	Longsor	Akses menuju Batching Plant	2019	Material longsor menutupi akses ke bak kontrol
28	673091,1807	9265494,0685	Jatuhan batuan	Lamping Budin	2020	Akses jalan utama terganggu
29	673758,3056	9265059,2019	Longsor	Fasdam Utama TSF	2020	Jembatan akses TSF terputus sebagian
30	673796,5871	9264008,6037	Rayapan	Kampung Cimanganten	2020	20 Rumah dan kampung mengalami retakan sepanjang 150m
31	673662,7009	9263805,1388	Longsor	Kantor Admin	2020	Longsor menimpa gudang Hiperkes
32	672869,6293	9263560,0239	Longsor	Camp Eksplorasi	2020	Jalan menuju camp eksplorasi terputus
33	672818,1536	9263518,8434	Longsor	Camp Eksplorasi	2020	Jalan menuju camp eksplorasi terputus
34	672717,7761	9263446,7774	Longsor	Akses Permukaan Ciurug	2020	Sebagian jalan tertutup material longsor
35	672766,678	9263579,9965	Longsor	Akses Permukaan Ciurug	2020	Jalan utama menuju Ciurug terputus
36	672682,6696	9263644,2381	Longsor	Akses Permukaan Ciurug	2020	Sebagian jalan tertutup material longsor
37	672173,678	9263262,0826	Longsor	Akses Permukaan Ciurug	2020	Penggalian PETI
38	672300,6459	9261199,1017	Longsor	Akses menuju Backfill dam	2020	Material longsor menutupi sebagian jalan
39	672367,0000	9261554,0000	Longsor	Backfill Dam	2020	Material longsor merusak kolam 1, tidak bisa beroperasi
40	672401,0000	9261328,0000	Longsor	Akses menuju Backfill dam	2020	Material longsor menutup sebagian jalan
41	672127,0000	9262501,0000	Longsor	Akses Permukaan Ciurug	2020	Jalan menggantung karena kehilangan tebing jalan
42	674677,4556	9265500,6574	Jatuhan batuan	Landfill Dam Cikabayan Timur	2021	Material batuan menutupi paritan
43	674718,6361	9265531,9547	Jatuhan batuan	Landfill Dam Cikabayan Timur	2021	Material batuan menutupi paritan
44	674766,4056	9265525,3658	Jatuhan batuan	Landfill Dam	2021	Material batuan menutupi paritan

No	Koordinat		Tipe Gerakan Massa	Lokasi	Tahun	Kerugian yang ditimbulkan
	X	Y				
Cikabayan Timur						
45	674777,9361	9265475,9491	Jatuhan batuan	Landfill Dam Cikabayan Timur	2021	Material batuan menutupi paritan
46	674741,6972	9265439,7102	Jatuhan batuan	Landfill Dam Cikabayan Timur	2021	Material batuan menutupi paritan
47	673165,6146	9263297,4979	Longsor	Akses Gudang Handak	2021	Jalan menggantung karena kehilangan tebing jalan
48	672353,2252	9263505,8715	Longsor	Akses Permukaan Ciurug	2021	Jalan menggantung karena kehilangan tebing jalan
49	671729,2575	9261072,595	Longsor	Akses Permukaan Ciurug	2021	Jalan tertutup boulder
50	673312,0000	9263777,0000	Longsor	Area Incinerator	2021	Material longsor menutupi paritan
51	672480,0000	9261245,0000	Longsor	Jembatan Cepu	2021	Jembatan putus
52	673101,0000	9263480,0000	Longsor	Tebing IPAL Tambang	2021	Jalan menggantung karena kehilangan tebing jalan
53	673608,4084	9264792,3519	Longsor	Akses menuju TSF, Cipanas	2022	Material timbunan menutup badan jalan
54	673577,3089	9263999,1157	Longsor	Taman Buah Nusantara	2022	Longsor dangkal menutup sebagian akses utama
55	673394,2696	9263489,3993	Longsor	Process Plant	2022	Lereng tergerus air
56	673054,9418	9263220,2844	Longsor	Akses Gudang Handak	2022	Paritan tertutup material
57	673136,0000	9263525,0000	Longsor	Jembatan Cikaniki	2022	Jembatan putus
58	673154,0000	9263501,0000	Longsor	Tebing IPAL Tambang	2022	Jalan menggantung karena kehilangan tebing jalan

**Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk :

- a. Menentukan lokasi rawan bencana gerakan massa di area pertambangan emas PT ANTAM UBPE Pongkor
- b. Menyuguhkan konsep sistem manajemen bencana gerakan tanah menggunakan Sistem Informasi Geografis

**Pendekatan Pemecahan Masalah**

Pada penelitian kali ini, pemecahan masalah dengan cara membuat zonasi area rawan gerakan massa menggunakan perangkat lunak

berbasis GIS dan mengintegrasikan dengan sistem pemantauan bencana berbasis daring.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Lokasi penelitian berada di area Ijin Usaha Penambangan PT ANTAM Tbk UBPE Pongkor yang terletak di Kec. Nanggung, Kab. Bogor Barat, Jawa Barat. Penelitian kali ini menghasilkan dua hasil yaitu Peta Kerawanan Bencana Longsor Area Pertambangan UBPE Pongkor dan Sistem Manajemen Bencana Terpadu.

### **Peta Kerawanan Bencana Gerakan Tanah**

Data penelitian yang dipakai menggunakan data primer meliputi peta kontur orthophoto drone ; data inventarisasi longsor UBPE Pongkor ; dan data curah hujan lokal. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peta geologi lokal area Pongkor skala 1:25.000 dan citra satelit area Pongkor.

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak ArcGIS Pro 2021. Seluruh data primer dan sekunder kemudian digunakan sebagai data masukan (*input*) ke dalam perangkat lunak ArcGIS Pro 2021 untuk nantinya dihasilkan data keluaran (*output*) berupa peta-peta yang dibutuhkan dalam analisis peta kerawanan gerakan tanah. Perangkat yang digunakan untuk membuat sistem manajemen bencana gerakan tanah adalah ArcGIS Online yang terintegrasi dengan ArcGIS Pro 2021. Peta kerawanan gerakan tanah yang sudah dibuat kemudian digunakan sebagai data masukan dalam ArcGIS Online untuk pembentukan *dashboard* system manajemen bencana gerakan tanah.

Metode yang digunakan dalam analisis peta kerawanan bencana gerakan tanah adalah metode *weighted overlay* dikombinasikan dengan data masukan hasil dari *multi-criteria analysis* berdasarkan frekuensi kejadian gerakan tanah, data spasial, dan data geologi. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam *multi-criteria analysis* adalah :

- 1) Kemiringan lereng
- 2) Data geologi (sebaran litologi)
- 3) Tata guna lahan
- 4) Jarak dari struktur geologi
- 5) Sebaran jenis tanah
- 6) Jarak dari jalan

Semua faktor tersebut merupakan data spasial yang kemudian diolah ke dalam format Shapefile (.shp). Data-data tersebut kemudian di *overlay* kan dengan titik kejadian gerakan massa di area pertambangan UBPE Pongkor untuk dilakukan perhitungan jumlah titik kejadian gerakan massa yang berada di dalam

area masing-masing faktor tersebut. Hasil perhitungan titik tersebut menjadi dasar dalam penentuan persentase bobot masing-masing faktor dalam *multi-criteria analysis*. Penentuan rating dalam *multi-criteria analysis* berdasarkan studi yang dilakukan Puslittanak Bogor (2004), namun klasifikasi curah hujan tidak dimasukkan dalam model pendugaan karena curah hujan tahunan yang didapatkan dari stasiun pengukuran di UBPE Pongkor masih dalam rentang yang sama.

Pengolahan metode *weighted overlay* menggunakan *intersect tools* yang ada di dalam perangkat lunak ArcGIS Pro 2021. Keenam factor tersebut di *overlay* kan ke dalam perangkat lunak kemudian dilakukan *intersect*. Hasil dari *intersect tools* kemudian diberikan pembobotan berdasarkan persentase bobot dan rating yang sudah ditentukan.

### **Sistem Manajemen Bencana Terpadu**

Pembentukan Sistem Manajemen Bencana Terpadu menggunakan perangkat lunak ArcGIS Online dan ArcGIS Survey123 yang terintegrasi dengan ArcGIS Pro 2021. Peta kerawanan bencana gerakan tanah di *publish* ke dalam ArcGIS Online sebagai peta dasar dari ArcGIS Dashboard. Setelah itu, aktivasi ArcGIS Survey123 dilakukan sebagai perangkat lunak untuk memasukkan data lapangan dari *pelapor*.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

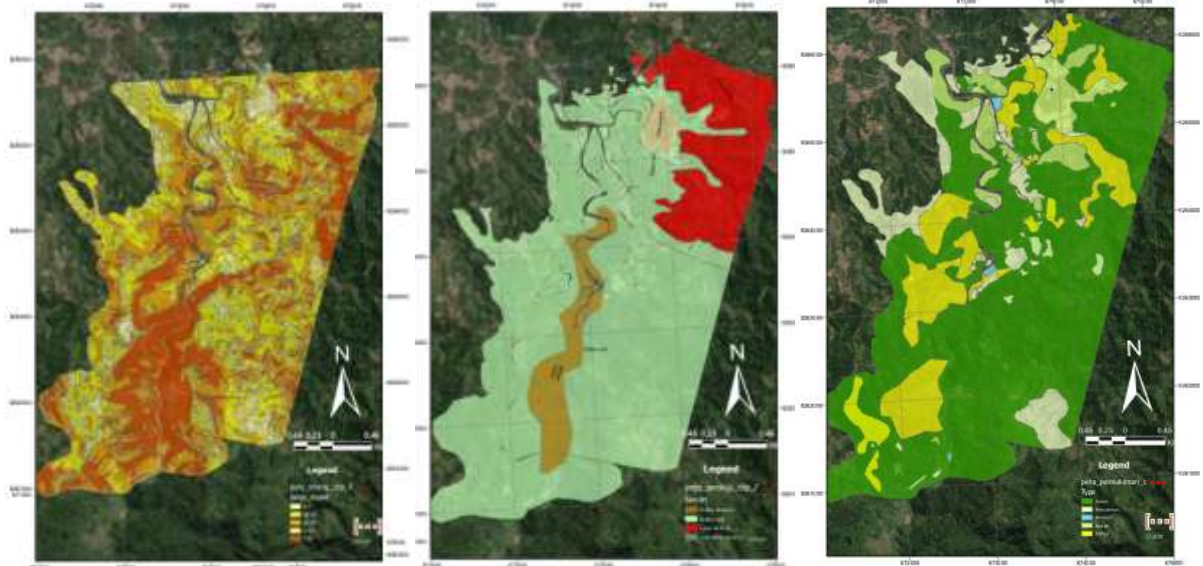
### **Penentuan Parameter, Bobot Faktor, dan Rating berdasarkan Data Kejadian Gerakan Tanah**

Karnawati (2005) menjelaskan bahwa gerakan massa dipengaruhi oleh faktor pengontrol dan faktor pemicu. Faktor pengontrol adalah faktor yang membuat kondisi lereng menjadi rentan untuk bergerak, meliputi morfologi (kemiringan lereng), stratigrafi, struktur geologi, dan geohidrologi. Faktor pemicu adalah proses yang mengubah suatu lereng dari kondisi rentan menjadi kritis dan

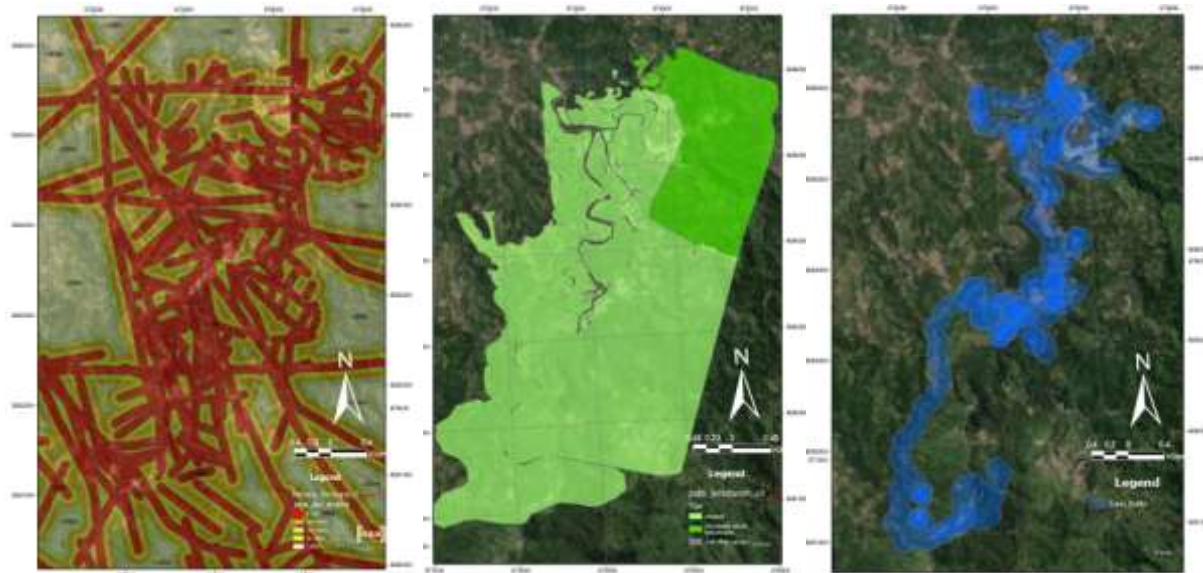


bergerak, meliputi proses infiltrasi hujan, getaran gempa bumi atau alat berat, perubahan beban, dan tata guna lahan. Pada penelitian kali ini, parameter yang dipertimbangkan

berdasarkan ketersediaan data primer dan faktor utama yang menjadi katalis gerakan massa di area pertambangan UBPE Pongkor.



Gambar 2-4. Dari kiri-kanan : Peta Kemiringan Lereng, Peta Litologi, Peta Tata Guna Lahan



Gambar 5-7. Dari kiri-kanan : Peta Jarak dari Struktur Geologi, Peta Jenis Tanah, Peta Jarak dari Jalan

a. Kemiringan lereng

Kemiringan lereng menjadi faktor yang dipertimbangkan karena merupakan parameter penting dalam analisis kestabilan lereng (Lee dan Min, 2001). Penentuan kemiringan lereng

menggunakan data masukan berupa data kontur IUP Pongkor (Kontur RBI.shx). Data kontur diolah menggunakan tools Topo to Raster, kemudian di Reclassify kembali untuk dirubah menjadi format .shp agar dapat



dilakukan *overlay* dengan data peta yang lain. Berdasarkan analisis frekuensi gerakan massa berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng, sebanyak 53 kejadian gerakan tanah terjadi di area dengan kemiringan lereng lebih dari 30% sehingga faktor kemiringan lereng mendapatkan bobot sebesar 17%. Dari hasil ini disimpulkan semakin besar kemiringan lereng akan memperbesar potensi terjadinya gerakan massa sehingga rating 1 diberikan untuk lereng <8 ; rating 2 untuk lereng 8-15 ; rating 3 untuk lereng 16-30 ; rating 4 untuk lereng 31-45; dan rating 5 untuk lereng >45.

b. Data geologi (sebaran batuan)

Secara umum, parameter geologi sangat mempengaruhi terjadinya gerakan massa, karena variasi dari litologi akan berpengaruh pada perbedaan kekuatan dan permeabilitas batuan dan tanah (Pradhan and Lee, 2010). Data geologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan peta geologi IUP Pongkor yang disusun oleh Unit Eksplorasi Geomin PT Aneka Tambang Tbk (2021). Dari hasil pemetaan geologi disimpulkan persentase unit batuan yang berada di daerah penelitian meliputi Breksi Tuff, Breksi Andesit, Tuff lapilli dan beberapa titik Intrusi andesit. Berdasarkan analisis frekuensi gerakan massa berdasarkan sebaran batuan, sebanyak 49 kejadian gerakan massa terjadi di batuan breksi tuff, 5 kejadian gerakan massa longsor pada batuan breksi andesit, dan 4 kejadian pada batuan lava andesit. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa batuan menjadi faktor pengontrol gerakan tanah yang cukup dominan sehingga mendapatkan bobot 16%. Pemberian rating pada setiap batuan disimpulkan bahwa untuk batuan breksi tuff mendapat rating 3 ; batuan breksi andesit mendapat rating 2 ; dan lava andesit mendapat rating 1.

c. Tata guna lahan

Tata guna lahan adalah faktor yang harus dipertimbangkan saat melakukan analisis gerakan massa (Nourani dkk, 2013; Bchari, 2019). Berdasarkan penelitian Karsli dkk (2009), sebagian besar gerakan tanah dipicu

karena banyaknya kontruksi artifisial di area perbukitan. Dalam penentuan data tata guna lahan, peneliti menggunakan metode digitasi manual berdasarkan citra satelit area pertambangan UBPE Pongkor. Penamaan tata guna lahan mengacu pada klasifikasi Puslittanak Bogor (2004). Berdasarkan analisis frekuensi gerakan massa berdasarkan jenis penggunaan lahan, sebanyak 52 kejadian gerakan massa terjadi di area semak, sawah, dan hutan, sehingga tata guna lahan mendapatkan bobot 17%. Pemberian rating pada setiap tata guna lahan disimpulkan mengikuti klasifikasi Puslittanak (2004) dengan zona Sawah mendapatkan rating 5; zona semak mendapatkan rating 4; zona hutan mendapatkan rating 3; zona pemukiman mendapatkan rating 2; dan perairan mendapatkan rating 1.

d. Jarak dari struktur geologi

Struktur geologi berperan dalam melemahkan kekuatan batuan (Pradhan and Youssef, 2009) dan mempercepat pelapukan pada batuan sehingga membentuk endapan tanah yang tebal (Widagdo dkk, 2021). Penentuan bobot faktor struktur geologi dibuat berdasarkan sebaran patahan dan kekar yang di delineasi dari DEM kontur. Hasil lineasi struktur geologi kemudian diolah menggunakan tools Euclidean Distance (Koley dkk, 2020) dengan rentang interval 50 m hingga jarak horizontal 250 m. Berdasarkan hasil analisis frekuensi gerakan massa berdasarkan jarak dari struktur geologi, didapatkan 43 kejadian gerakan massa terjadi di rentang 0-50 dari struktur geologi. Dari hasil ini disimpulkan bahwa struktur geologi mendukung terjadinya gerakan massa sehingga mendapatkan bobot 14%. Penentuan rating berdasarkan banyaknya titik yang berada dalam rentang jarak dari struktur, sehingga didapatkan untuk rentang jarak 0-50 m memiliki rating 5; 50-100 m memiliki rating 4 ; 100-150 m memiliki rating 3; 150-200 m memiliki rating 2; dan >200m memiliki rating 1.

e. Jenis tanah

Jenis tanah yang dipertimbangkan meliputi Aluvial, Asosiasi latosol coklat kekuningan, latosol coklat, andosol, dan regosol. Dalam penelitian ini, jenis tanah dipetakan menggunakan dasar peta geologi IUP Pongkor. Sebagian besar tanah di Pongkor termasuk dalam klasifikasi tanah Andosol dikarenakan memiliki warna coklat-coklat kekuningan, poros, pemadatan lemah, dan banyak akumulasi liat. Tanah andosol adalah hasil pelapukan dari batuan vulkaniklastik (seperti breksi tuff, breksi andesit), banyak ditemukan di elevasi 750-3000 mdpl dan dijumpai pada daerah beriklim tropika basah dengan curah hujan 2500 – 7000 mm/tahun (Kartawisastra, 2014). Berdasarkan analisis frekuensi gerakan massa berdasarkan jenis tanah didapatkan sebanyak 53 gerakan massa terjadi pada tanah andosol dan sisanya berada

di tanah asosiasi latosol coklat kekuningan sehingga jenis tanah mendapat bobot 17% dengan rating untuk tanah andosol 4 dan asosiasi latosol coklat kekuningan 2 (Puslittanak, 2004).

f. Jarak dari jalan

Jarak dari jalan menjadi pertimbangan dalam penentuan bobot faktor gerakan massa dikarenakan jalan erat kaitannya dengan keberlangsungan operasional tambang. Penentuan bobot faktor dibuat berdasarkan jumlah kejadian gerakan massa yang terjadi dalam buffer 100m dari jalan. Hasil perhitungan titik dalam buffer didapatkan bahwa 62 (100%) kejadian gerakan massa terjadi dalam rentang 100m dari jalan, sehingga parameter Jarak dari Jalan mendapatkan bobot 17% dengan rating 1 agar tidak mendominasi proses *weighted overlay*.

Tabel 2. Parameter dan bobot yang digunakan dalam proses *weighted-overlay*

No	Parameter	Bobot	Skor rating					Keterangan
			1	2	3	4	5	
1	Kemiringan lereng (derajat)	17%	<8	8-15	16-30	31-45	>45	gerakan massa terjadi di lereng >30%
2	Geologi (susunan batuan)	16%	Lava andesit	Breksi andesit	Breksi tuff	-	-	gerakan massa terjadi di batuan breksi tuff
3	Tata guna lahan	17%	Perairan	Pemukiman	Hutan	Semak	Sawah	titik gerakan massa di area semak, saawah, dan hutan
4	Jarak dari struktur geologi	14%	>200m	150-200m	100-150m	50-100m	0-50m	gerakan massa terjadi di 50m buffer strktur
5	Jenis tanah	17%	Aluvial	Ass Latosol Coklat Kekuningan	Latosol coklat	Andosol	Regosol	gerakan massa terjadi di tanah andosol
6	Jarak dari jalan	19%	100m	-	-	-	-	area prioritas pemantauan karena terkait kelancaran operasional

### Penentuan Zona Kerawanan Gerakan Tanah dengan metode *Weighted-Overlay*

Metode *weighted-overlay* digunakan untuk menghitung luasan area kerawanan gerakan tanah. Beberapa peneliti terdahulu menggunakan metode ini dalam menentukan area rawan bencana. Koley dkk (2020) menggunakan metode *weighted-overlay* untuk menentukan zonasi bahaya gerakan tanah di North Sikkim Himalayas, India, dengan penentuan bobot berdasarkan frekuensi kejadian gerakan tanah yang terjadi di poligon faktor penyebab gerakan tanah. Yassar dkk (2020) menggunakan metode *weighted-overlay* untuk menentukan area rawan longsor di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, dengan penentuan bobot berdasarkan klasifikasi Pustlittanak (2004).

Nilai bobot yang digunakan berdasarkan parameter yang sudah ditentukan pada Tabel 1. Metode *weighted overlay* digunakan dengan cara melakukan *overlapping* keenam data spasial faktor pengontrol dan pemicu terjadinya longsor pada satu layer peta yang sama. Untuk melakukan perhitungan bobot

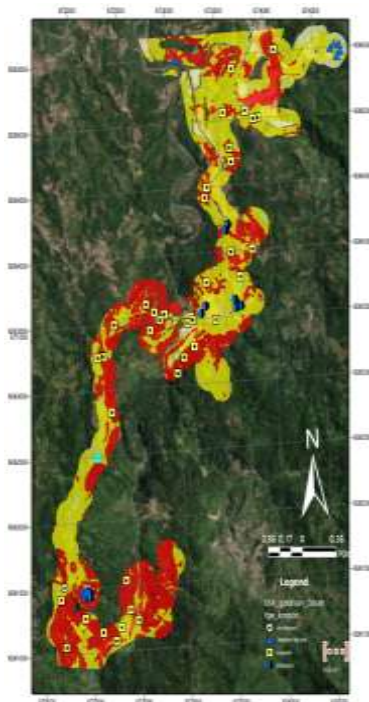
masing-masing data spasial yang ter-*overlap* digunakan tools *intersect* pada ArcGIS Pro 2021. Perhitungan total rating dari setiap perpotongan parameter berdasarkan persentase bobot pada Tabel 1 dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Skor total} = & (0,17 \times \sum \text{rating kemiringan lereng}) + \\ & (0,16 \times \\ & \sum \text{rating jenis batuan}) + (0,17 \times \\ & \sum \text{rating tata guna lahan}) + (0,14 \times \\ & \sum \text{rating jarak dari struktur geologi}) + (0,17 \times \\ & \sum \text{rating jenis tanah}) + (0,19 \times \sum \text{jarak dari jalan}) \end{aligned}$$

Hasil dari perpotongan tersebut dihitung kembali untuk menentukan kelas klasifikasi supaya dihasilkan area prioritas pemantauan gerakan tanah menggunakan persamaan :

$$\frac{\text{Skor tertinggi} - \text{Skor terendah}}{\text{Jumlah kelas klasifikasi}}$$

Proses perhitungan ini kemudian menghasilkan tiga klasifikasi area yaitu **area dengan kerawanan tinggi, kerawanan sedang, dan kerawanan rendah**. Berikut adalah hasil pembobotan dengan metode *weighted overlay* :



Gambar 8. Peta kerawanan gerakan massa dan level prioritas pemantauan potensi gerakan massa

### Sistem Manajemen Bencana Terpadu

Pelaporan potensi bencana ataupun kejadian bencana perlu dilakukan sebagai bagian dari upaya mitigasi bencana. Untuk mendapatkan data secara cepat dan menyeluruh, diperlukan kerjasama dengan banyak pihak dalam mengumpulkan informasi. Berpedoman pada paradigma “*manusia adalah sensor terbaik*” (petabencana.id), dimana laporan terkonfirmasi dikumpulkan langsung dari pengguna yang langsung berada di lokasi kejadian menggunakan aplikasi ponsel dan terhubung aktif dengan *online dashboard*. Sistem ini kemudian dinamakan CROWDIST,

### Crowdsourcing Disaster Management System.

Sistem ini terdiri dari dua basis aplikasi, yaitu :

- a. Dashboard Monitoring Bencana
- Aplikasi berbasis ponsel ini menggunakan basis perangkat lunak ArcGIS Survey123. Aplikasi dibuat dengan tujuan untuk memudahkan pelapor dalam membuat laporan potensi bencana atau kejadian bencana yang ditemukan di lapangan dalam satu perangkat dan dapat dilaporkan secara *real time*. Berikut adalah tampilan dari perangkat lunak ArcGIS Survey123 yang sudah disesuaikan dengan kebutuhan data pelaporan bencana :

Gambar 9. Tampilan aplikasi ponsel pelaporan bahaya geologi

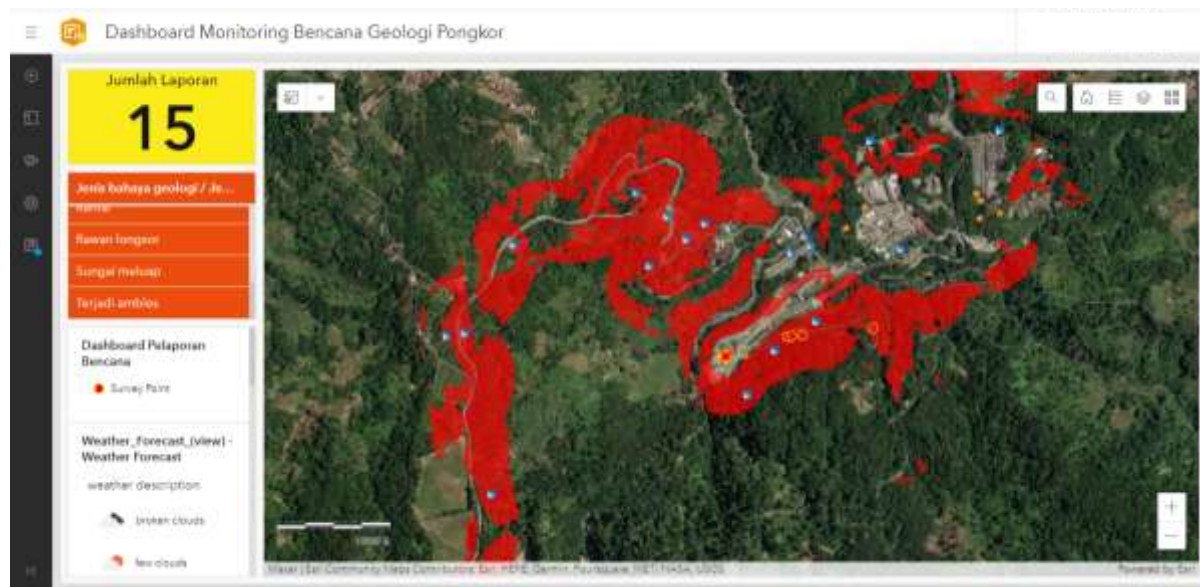
### b. Dashboard Monitoring Bencana

Dashboard monitoring bencana ini diperlukan untuk melakukan pemantauan pelaporan bencana secara menyeluruh, sehingga Tim Tanggap Darurat dapat mengetahui beberapa informasi seperti :

- a. Titik potensi bahaya atau kejadian bencana
- b. Identitas pelapor atau potensi bahaya (Nama dan Kontak)
- c. Kondisi yang terjadi di lokasi bahaya
- d. Dimensi bahaya

e. Foto dan koordinat lokasi bahaya  
Dashboard ini juga dilengkapi dengan alarm prakiraan cuaca yang terhubung dengan satelit terdekat dari area pertambangan UBPE Pongkor. Pentingnya mengetahui prakiraan cuaca dikarenakan banyaknya kejadian

bencana di UBPE Pongkor seperti gerakan massa dipengaruhi oleh tingginya curah hujan. Dengan mengerti prakiraan cuaca maka tim Tanggap Darurat dapat bersiaga jika nantinya terjadi kejadian bahaya geo-klimatologi di area pertambangan UBPE Pongkor.



Gambar 10. Tampilan dashboard pemantauan bahaya geologi Pongkor

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, metode *weighted overlay* dapat mengidentifikasi 3 zona kerawanan gerakan tanah di area pertambangan UBPE Pongkor yaitu area prioritas pemantauan tinggi dengan luas 1.463.136,42 m<sup>2</sup> (54%), area prioritas pemantauan sedang dengan luas 1.916.366,08 m<sup>2</sup> (41%), dan area prioritas pemantauan rendah dengan luas 174.618,32 m<sup>2</sup> (5%). Dari hasil analisis terlihat bahwa jumlah kejadian gerakan massa di area prioritas pemantauan tinggi sebanyak 29 longsor, 7 rayapan, dan 1 jatuhan batuan; area prioritas pemantauan sedang sebanyak 11 longsor, 7 rayapan, dan 2 jatuhan batuan; dan area prioritas pemantauan rendah sebanyak 1 longsor dan 3 jatuhan batuan. Berdasarkan hasil analisis disimpulkan bahwa area pertambangan UBPE Pongkor ini berada di area rawan bencana gerakan massa sehingga sistem monitoring bencana perlu untuk diterapkan. Sistem Manajemen Bencana *Crowdsourcing* (CROWDIST) memudahkan pelapor bahaya geologi dalam melakukan pelaporan meliputi aspek identitas pelapor, lokasi bahaya geologi, jenis bahaya, kondisi

bahaya, dan dokumentasi bahaya geologi. Sistem ini memungkinkan pihak berwenang dalam melakukan pemantauan melalui satu dashboard yang terintegrasi langsung oleh aplikasi pelaporan dan peta lokasi, sehingga pihak berwenang dapat mengambil langkah cepat dalam menindak lanjuti bahaya geologi yang muncul pada peta lokasi. Sistem ini juga dilengkapi prakiraan cuaca hujan yang memudahkan pihak berwenang dalam melakukan peringatan dini gerakan tanah dimana pemicu utamanya adalah tingginya curah hujan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, kami ucapkan terima kasih kepada :

1. PT ESRI Indonesia yang sudah memberikan materi, pelatihan, dan pendampingan dalam penggunaan perangkat lunak ArcGIS dalam menyelesaikan penelitian ini.
2. Manajer Quality Control Bureau PT ANTAM Tbk UBPE Pongkor yang sudah memberikan dukungan penuh dalam penyelesaian penelitian ini



3. Seluruh staf dan pengawas dari Grade Control and Geotech dan Mine Survey Department PT ANTAM Tbk UBPE

Pongkor yang membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Basuki, A., Sumanagara, D.A., dan Sinambela, D. (1993): Deposit Emas - Perak Gunung Pongkor, Jawa Barat, Indonesia. *PT Aneka Tambang (Persero), Unit Geologi, Indonesia*
- Bchari, F., El, Theilen-Willige B., dan Ait Malek, H (2019): *Landslide Hazard Zonation Assessment Using GIS Analysis at the Coastal Area of Safi (Morocco)*. Proceedings of the International Cartographic Association, 2, 2019. 29th International Cartographic Conference, 15–20 July 2019, Tokyo, Japan. <https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-24-2019>
- Karnawati, D. (2005): Mekanisme Gerakan Massa Batuan Akibat Gempa Bumi: Tinjauan dan Analisis Geologi Teknik. *Dinamika TEKNIK SIPIL, Vol.7 No.2, Juli (2007)*, 179-190
- Kartawisastra, S., Dariah, A. (2014): TANAH ANDOSOL DI INDONESIA: Karakteristik, Potensi, Kendala, dan Pengelolaannya untuk Pertanian. *Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian* (2014), 2-3
- Koley, B., Nath, A., Bhattacharya, S., Saraswati, S., dan Ray, B.C. (2020): *GIS-based Landslide Hazard Zonation Mapping by Weighted Overlay Method on the Road Corridor of North Sikkim Himalayas, India*. Research Square, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-56087/v1>
- Lee, S., dan Min, K. (2001): *Statistical Analysis of Landslide Susceptibility at Yongin, Korea*. *Environmental Geology* 40:1095–1113
- Milesi, J.P., Marcoux, E., Sitorus, T., Simandjuntak, M., Leroy, J., Bailly, L. (1999): *Pongkor (west Java, Indonesia): a Pliocene supergene-enriched epithermal Au-Ag-(Mn) deposit*. *Mineralium Deposits* (1999), 34 : 131-149
- Petabencana.id, data diperoleh melalui situs internet: <https://docs.petabencana.id/>. Diakses pada tanggal 31 Agustus 2022 pukul 13.10 WIB
- Pradhan, B., Lee, S. (2007): *Utilization of Optical Remote Sensing Data and GIS Tools for Regional Landslide Hazard Analysis by Using an Artificial Neural Network Model*. *Earth Science Frontier* 14(6): 143–152
- Pradhan, B. dan Youssef, A.M, (2009): *Manifestation of Remote sensing Data and GIS on Landslide Hazard Analysis Using Spatial-Based Statistical Models*. *Arabian Journal Geoscience*. DOI 10.1007/s12517-009-0089-2
- Puslittanak Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. (2004). *Laporan Akhir Pengkajian Potensi Bencana Kekeringan, Banjir dan Longsor di Kawasan Satuan Wilayah Sungai Citarum-Ciliwung, Jawa Barat Bagian Barat Berbasis Sistem Informasi Geografi*. Bogor
- Widagdo, A., Iswahyudi, S., Setijadi, R., Permanajati, I., dan Tilaksono, A. (2021): Kontrol Struktur Geologi Terhadap Gerakan Tanah dan Batuan pada Batuan Formasi Halang di Daerah Sirau, Kecamatan Karang Moncol-Purbalingga, Propinsi Jawa Tengah. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar* (2021), 574-578
- Yassar, M.F., Nurul, M., Nadhifah, N., Sekarsari, N.F., Dewi, R., Buana, R., Fernandez, S.N., dan Rahmadhita, K.A. (2020): Penerapan Weighted Overlay Pada Pemetaan Tingkat Probabilitas Zona Rawan Longsor di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. *Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS) Vol 1 -No 1 (2020)*, 1-10