

DOI: doi.org/10.21009/0305020404

## **PREDIKSI VOLUME POTENSI LONGSORAN BERDASARKAN INVERSI RESISTIVITAS (Studi Kasus di Amahusu dan Erie Ambon)**

Matheus Souisa<sup>1,a)</sup>, Lilik Hendrajaya<sup>2</sup>, Gunawan Handayani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Fisika Kel.Fisika Bumi dan Sistem Kompleks, FMIPA, ITB  
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Jawa Barat

Email: <sup>a)</sup>txsenwitzne@yahoo.co.id

### **Abstrak**

Investigasi longsor intensif dilakukan dari tahun ke tahun seiring dengan intensitas longsor yang terus meningkat berbarengan dengan musim hujan. Investigasi ini bertujuan untuk mengkaji prediksi volume longsor melalui inversi resistivitas bawah permukaan di daerah longsor. Lokasi telitian di perbukitan Amahusu dan Erie Kecamatan Nusaniwe Ambon. Survei pengambilan data menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger dan pengukuran terbagi atas beberapa lintasan. Hasil kajian memberikan karakterisasi daerah longsor tipe slide rotasi. Daerah gelincir longsor dicirikan dengan resistivitas rendah dengan struktur lapisan batuan berupa lapisan lempung yang bercampur dengan batuan lapuk dan lapisan lempung jenuh air. Nilai prediksi volume longsor saat terjadinya kejadian longsor untuk lokasi Amahusu sebesar 70,953.9 m<sup>3</sup> dan lokasi Erie sebesar 34,042.3 m<sup>3</sup>, sedangkan nilai prediksi volume potensi longsor untuk lokasi Amahusu sebesar 50,603.3 m<sup>3</sup> dan lokasi Erie sebesar 3,399.4 m<sup>3</sup>. Sebaran prediksi volume longsor ini dapat diterapkan untuk memperkirakan ukuran yang diharapkan dari longsor itu sendiri, mengingat ketebalan tanah atau potensi kegagalan lereng dengan kemiringan yang curam dapat memperkirakan terjadi longsor susulan pada lokasi semula.

**Kata-kata kunci:** *longsor, prediksi volume, inversi resistivitas, kegagalan lereng*

### **Abstract**

Investigations of landslides conducted intensive from year to year due to the intensity of the landslides that continues to increase along with the rainy season. This study aims to determine volume prediction of landslides through inversion resistivity of the subsurface in the area of the landslide. Research sites in the hills Amahusu and Erie District of Nusaniwe Ambon. Survey data retrieval using geoelectric resistivity with the Wenner-Schlumberger configuration and measurement is divided into several lines. The results of the study provide characterization of the landslide area slide-type rotation. The slip area of landslides is characterized by low resistivity and with layers of rock structure in the form of a layer of clay mixed with weathered rock and water-saturated clay layer. Predictive value of landslide volume when occurrence the volume landslide for the location Amahusu of 70,953.9 m<sup>3</sup> and Erie location of 34,042.3 m<sup>3</sup>, while the predictive value of the potential volume of landslides for the location Amahusu of 50,603.3 m<sup>3</sup> and Erie location of 3,399.4 m<sup>3</sup>. The potential failure of a slope with a steep slope can predict occur of landslides subsequent in the original location.

**Keywords:** *landslides, volume prediction, inversion resistivity, slope failure*

## **1. Pendahuluan**

Intensitas penyebaran longsor di Indonesia akhir-akhir ini terus meningkat seiring dengan musim hujan dan telah banyak menarik perhatian berbagai pihak karena termasuk salah satu bencana alam. Bencana inilah yang menyebabkan kerusakan dan

gangguan terhadap manusia dan merupakan ancaman bagi populasi manusia [1], korban jiwa dan kerugian harta benda yang cukup besar, industri, dan lingkungan [2,3] akibat modifikasi alam oleh kegiatan manusia [4], memberikan perubahan bentuk lahan [5,6] serta tingkat potensi kerugian tergantung dari sifat longsor itu sendiri [7].

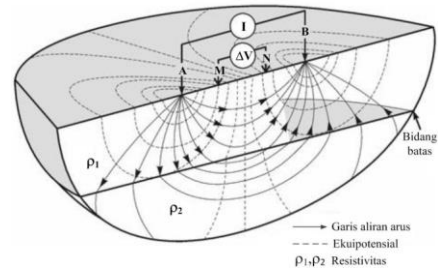
Investigasi longsoran terus meningkat dari tahun ke tahun dengan menggunakan beberapa metode untuk mengkaji permasalahan longsor seperti metode geolistrik untuk mengidentifikasi bidang gelincir, metode geoteknik untuk memprediksi kestabilan lereng, metode informasi untuk interpretasi kerawanan longsor, metode geokimia untuk mengidentifikasi kandungan unsur lempung, dan lain sebagainya. Investigasi longsoran dari beberapa peneliti sebelumnya dengan menggunakan metode geolistrik bersifat subjektif karena interpretasi dan analisis nilai resistivitas bergantung pada kondisi geologi setempat yang dapat dikonfirmasi dengan melakukan pembaran sampel tanah (*coring*) dan tidak melakukan *coring* [8]. Sedangkan metode geoteknik bersifat objektif karena berdasarkan sifat fisik material tanah longsor dengan menguji sampel di laboratorium atau pemodelan [9], namun tidak memprediksi volume longsoran.

Investigasi pendahuluan, menunjukkan bahwa wilayah kota Ambon merupakan daerah yang rentan terhadap bahaya longsor dengan intensitas bencana longsoran dan banjir dari tahun ke tahun diperkirakan meningkat lebih dari 60% [10]. Wilayah yang terparah adalah kecamatan Nusaniwe yang mengakibatkan korban jiwa, kerusakan rumah, pengungsian dan perubahan tata guna lahan [11]. Oleh karena itu dibutuhkan penyelidikan geolistrik untuk mengetahui sebaran kedalaman bidang retakan agar digunakan sebagai penentuan prediksi volume longsor susulan sehingga dijadikan sebagai bahan pertimbangan pihak berwenang untuk membantu mengantisipasi longsoran dan melakukan perencanaan penggunaan lahan.

Bidang gelincir bisa diperoleh dari kontras resistivitas antar dua lapisan batuan yang saling berdekatan [11]. Untuk menentukan bidang kontak maka digunakan metoda geolistrik resistivitas. Metode geolistrik resistivitas didasarkan pada asumsi bumi homogen isotropis, nilai resistivitas terukur merupakan nilai tahanan jenis sebenarnya dan tidak bergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya bumi terdiri dari lapisan-lapisan tersebut, maka, tahanan jenis yang terukur adalah tahanan jenis semu [12] seperti persamaan:

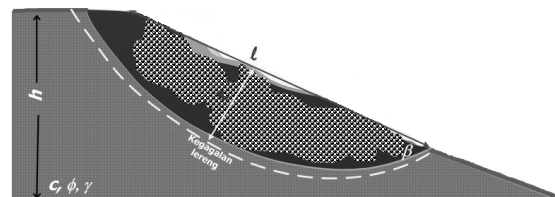
$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

dengan  $\rho_a$  adalah resistivitas semu ( $\Omega m$ ),  $\Delta V$  adalah beda potensial (volt),  $I$  adalah kuat arus (A), dan  $K = \pi n(n+1)a$  adalah faktor geometri (m) untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger [13] (Gambar 1, [14]). Jarak antara kedua elektroda arus sama dengan jarak antara kedua elektroda potensial sebesar  $a$  (m) dan  $n = 1,2,3,4,\dots$



**Gambar 1.** Pengukuran resistivitas dengan konfigurasi elektroda [15]

Penentuan volume longsoran adalah tugas yang sulit karena memerlukan informasi tentang geometri permukaan dan bawah permukaan bidang gelincir longsor, hanya dicapai dengan mengadopsi hubungan matematis sederhana empiris untuk menghubungkan volume longsoran individu untuk pengukuran geometris kegagalan lereng, terutama daerah longsor [15]. Kajian prediksi volume longsoran pada kejadian longsor dan potensi longsor di daerah telitian, dimodelkan berkontribusi pada pemahaman tentang perilaku mekanika tanah longsor alami dan perhitungan balik potensi atau bahaya longsor susulan. Hal ini digunakan model teknik dwimatra (2-D) yang sangat sederhana untuk mengamati stabilitas lereng homogen dengan dimensi kemiringan dan sifat mekanik tanah yang berbeda (Gambar 2, [16]). Model ini menggambarkan bidang kegagalan lereng yang diasumsikan berbentuk melingkar.



**Gambar 2.** Model penampang 2-D longsor busur

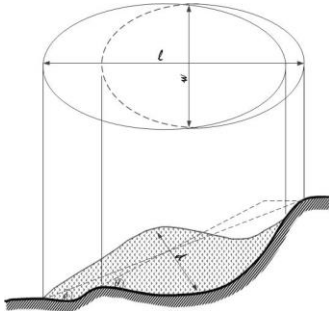
Model ini memberikan prediksi 2-D dari suatu kegagalan lereng, tetapi untuk membandingkan longsor alami perlu diamati langsung di lapangan. Penampang busur 2-D mewakili longsor dapat diubah menjadi sebuah kerucut bola yang mewakili longsor 3-D. Alhasil, dengan menggunakan panjang permukaan longsoran (yang dalam 3-D akan menjadi diameter tutup) dan ketebalan tanah longsor ( $t$ , m), memudahkan untuk menghitung prediksi volume longsoran pada waktu longsor [16] sesuai persamaan:

$$V = \frac{1}{6} \pi t \left( 3 \left( \frac{\ell}{2} \right)^2 + t^2 \right) \quad (2)$$

Sedangkan perhitungan prediksi volume potensi longsor dapat dilakukan dengan memanfaatkan hasil inversi resistivitas pada setiap lintasan pengukuran di lokasi penelitian (Gambar 3), seperti persamaan:

$$V = \frac{1}{6} \pi (\ell.d.w) \quad (3)$$

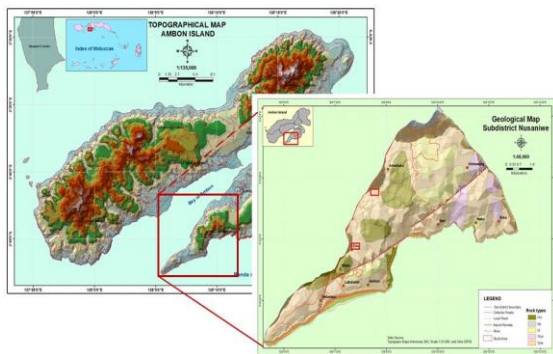
dengan  $V$  = volume longsor ( $m^3$ ),  $\ell$  = panjang bidang gelincir (m),  $d$  = kedalaman bidang gelincir maksimum (m), dan  $w$  = lebar bidang gelincir (m).



Gambar 3. Skema bidang gelincir longsor

## 2. Metode Penelitian

Survei pengambilan data geolistrik dilakukan pada perbukitan Amahusu dan Erie Kecamatan Nusaniwe Ambon yang secara geografis masing-masing terletak pada koordinat  $03^{\circ}43'59.37''$  s/d  $03^{\circ}43'55.57''$  LS, dan  $128^{\circ}08'23.12''$  s/d  $128^{\circ}08'19.30''$  BT, dan koordinat  $03^{\circ}45'15.3''$  s/d  $03^{\circ}45'16.5''$  LS, dan  $128^{\circ}07'58.2''$  s/d  $128^{\circ}07'57.9''$  BT (Gambar 4).



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian

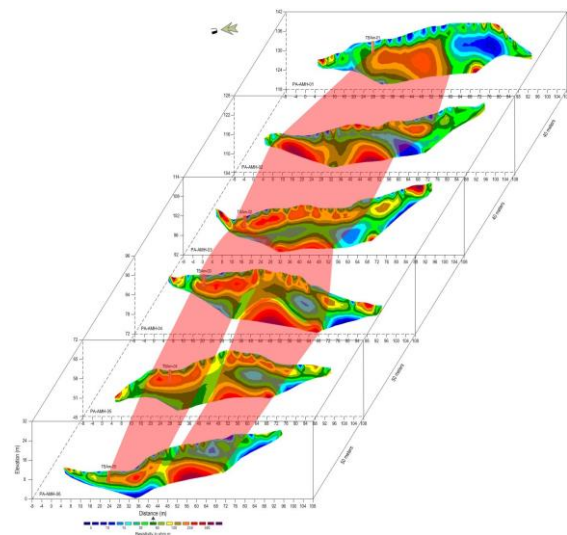
Akuisisi data lapangan dilakukan setelah lintasan dan titik ukur ditentukan di daerah penelitian untuk pengambilan data. Pengambilan data geometri lereng dengan GPS dan resistivitas lapangan menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger dengan peralatan *Resistivity-meter*. Setelah tinjauan lokasi dilakukan penentuan lintasan pengukuran yang membentang dari arah utara ke selatan. Panjang masing-masing lintasan dan jarak tiap lintasan disesuaikan dengan lokasi longsoran.

Data hasil pengukuran lapangan, dianalisis dengan menggunakan *software Res2Dinv* untuk menghasilkan penampang 2D model bawah permukaan. Berdasarkan profil resistivitas dapat

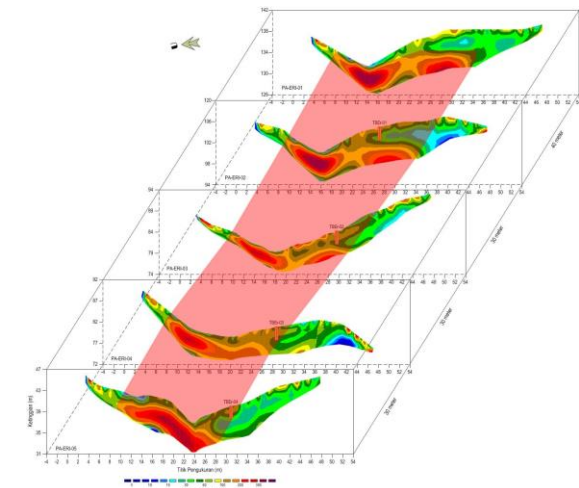
dilakukan perhitungan prediksi volume gelincir longsor. Prediksi volume potensi longsor dilakukan dengan memanfaatkan hasil inversi resistivitas pada setiap lintasan pengukuran dengan menggunakan pers. (2) dan pers.(3).

## 3. Hasil dan Pembahasan

Proses inversi adalah salah satu metode dalam melakukan pemodelan untuk mencari parameter model bawah permukaan [17]. Metode inversi diharapkan mendekati sifat fisika yang terukur di lapangan, dan hasilnya disajikan berupa peta anomali penampang dalam bentuk *stacked section true resistivity* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5a. Stacked section true resistivity Amahusu



Gambar 5b. Stacked section true resistivity lintasan Erie [11]

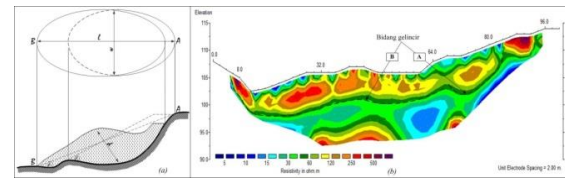
Proses identifikasi batuan dilakukan pada sebelas lintasan (Gambar 5) yang didominasi oleh nilai resistivitas yang rendah hingga sedang. Kenampakan sebaran resistivitas (Gambar 5a) Amh-01 berbeda dengan profil Amh\_02–03 dimungkinkan terjadi pada kedalaman  $d > 5$  m. Sedangkan pada kedalaman yang sama, kenampakan sebaran resistivitas Amh-04 menyerupai dengan Amh\_02–03. Hal ini terdapat kemungkinan kemenerusan lapisan gelincir longsor diperkirakan terletak pada posisi  $x=8\text{m}-58\text{m}$  dijumpai pada fitur Amh-02 dan diperkirakan terjadi juga pada fitur Amh-03 di posisi  $x = 25\text{m}-55\text{m}$  menerus hingga posisi sekitar  $x = 25$  m pada fitur Amh-01. Sehingga dimungkinkan juga adanya lapisan gelincir longsor di bawah kedalaman  $d = 5$  m pada posisi  $x = 25$  m – 52 m pada profil Amh-04–06. Sedangkan profil Gambar 5b, dijumpai fitur batuan yang kemiripan dengan lokasi Gambar 5a. Profil Eri-01 pada posisi  $x = 10$  m – 20 m dan  $x = 24$  m – 34 m terdapat nilai resistivitas yang sedang, yang mempunyai kenampakan sebaran resistivitas yang mirip dengan fitur Eri-02 pada posisi 8 m – 22 m dan  $x = 26$  m – 36 m, serta juga fitur Eri-03 pada posisi  $x = 8$  m – 18 m dan  $x = 24$  m – 32 m. Anomali resistivitas juga terlihat pada posisi 8 m – 28 m di fitur Eri-04 dan Eri-05 disusul juga pada posisi  $x= 41$  m – 47 m, sehingga dimungkinkan adanya kemenerusan bidang gelincir longsor pada posisi ini di setiap lintasan.

Secara umum, pada tutupan lintasan kedua lokasi telitian dijumpai sedikit tersingkap lapisan *overburden* yang memiliki nilai resistivitas relatif lebih tinggi dari pada lapisan lain. Berdasarkan peta penampang sebaran resistivitas batuan pada dua lokasi telitian, terlihat adanya kemenerusan nilai resistivitas tinggi pada masing-masing lintasan dengan arah relatif utara-selatan. Anomali resistivitas sebaran longsor yang terjadi di lokasi-lokasi ini pada arah vertikal cukup dangkal hanya mencapai kedalaman  $2\text{ m} \leq d < 5$  m. Lapisan bidang gelincir di lintasan yang diukur [10] diperoleh dari kontras resistivitas antar dua batuan yang saling berdekatan.

Berdasarkan geometri longsor lapangan (menyerupai Gambar 2), memiliki ketinggian lereng yang berbeda, sudut yang berbeda dengan berbagai panjang permukaan longsor dan ketebalan longsor, bahkan sudah tentu sudut gesekan internal dan kohesi yang berbeda dapat memberikan kegagalan lereng. Alhasil, perhitungan prediksi volume longsor dilakukan berdasarkan hasil dari prinsi-prinsip mekanik dan geometri dasar. Perhitungan ini dilakukan menggunakan pers.(2), sehingga diperoleh prediksi volume longsor pada lokasi telitian ditampilkan seperti pada Gambar 7.

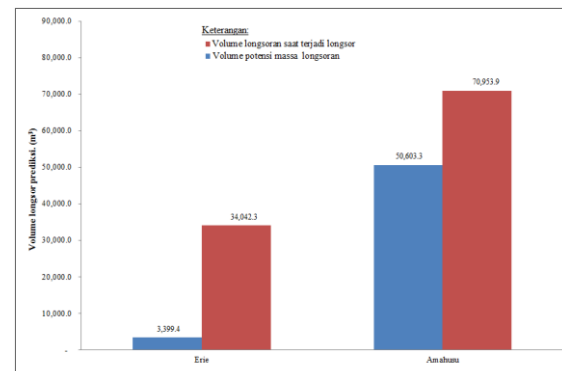
Merujuk pada fitur profil penampang resistivitas pada Gambar 5 dan interpretasinya dapat dijadikan untuk menghitung prediksi volume potensi longsor di daerah telitian. Prediksi ini diperoleh dengan

perhitungan pada posisi bawah bidang gelincir (A) dan (B) pada peta penampang resistivitas 2-D (Gambar 6) sebagai wakil dari lintasan-lintasan ukur pada setiap lokasi telitian.



**Gambar 6.** (a) Dimensi bidang gelincir, (b) Cuplikan penampang resistivitas 2-D AMH-03

Perhitungan prediksi volume potensi longsor berdasarkan hasil interpretasi inversi resistivitas menggunakan pers.(3), maka dengan memasukkan variabel-variabel bidang gelincir untuk setiap lintasan pada lokasi telitian, diperoleh prediksi volume potensi longsor seperti pada Gambar 7. Menurut Guzzetti [18], hubungan ini hanya dipandang dari geometri longsor, dan tidak dikendalikan secara signifikan dengan sifat geomorfologi atau mekanik dari jenis gerakan massa. Dengan kata lain [19], longsor terjadi di berbagai lingkungan fisiografi dan iklim tertentu dan disebabkan oleh perbedaan pemicu sehingga hubungan antara volume dan luas tidak tergantung dari pengaturan fisiografi.



**Gambar 7.** Diagram prediksi volume longsor

Diagram prediksi volume longsor (Gambar 7), memberikan jenis tanah longsor yang berbeda karena lokasi yang berbeda dengan dipicu oleh mekanisme yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa rasio ketebalan longsor terhadap panjang permukaan longsor mengakibatkan kegagalan lereng dan sangat sensitif terhadap sifat mekanik tanah, dimana sudut geser dan kohesi mengecil dari bawah ke atas permukaan tanah. Sebaran nilai prediksi volume longsor saat terjadinya kejadian longsor untuk lokasi Amahusu sebesar  $70,953.9\text{ m}^3$  dan lokasi Erie sebesar  $34,042.3\text{ m}^3$ . Sebaran volume longsor ini dapat diterapkan untuk memperkirakan ukuran yang diharapkan dari longsor, mengingat ketebalan tanah

atau potensi kegagalan lereng, dan dapat memperkirakan bahaya longsor yang dihasilkan.

Berdasarkan diagram prediksi volume potensi massa longsor pada posisi bawah bidang gelincir A dan B dengan nilai prediksi volume untuk lokasi Amahusu sebesar  $50,603.3 \text{ m}^3$  dan lokasi Erie sebesar  $3,399.4 \text{ m}^3$ . Nilai prediksi volume massa longsor yang besar dengan kemiringan terjal memungkinkan terjadinya longsor susulan pada lokasi semula. Hal ini dikarenakan lapisan ini mempunyai beban yang lebih berat, dan air hujan yang masuk tidak dapat menembus lapisan lempung sehingga air tersebut akan terkumpul pada permukaan lapisan bawah yang menyebabkan kohesi dan gesekan menjadi kecil, dan lapisan tersebut menjadi licin sehingga gampang terkikis dan mengalir. Alhasil, gaya dorong pada lereng melampaui gaya penahan sehingga berpengaruh pada penurunan kekuatan geser dan meningkatnya tekanan pori, dan bahkan didukung oleh bidang yang cukup terjal dengan topografinya miring menuju sungai dan muka laut serta curah hujan yang sangat tinggi sehingga menaikkan muka air tanah dan air lebih mudah menghilang pada posisi ini. Alterasi anomali ini terjadi jika adanya gangguan-gangguan pada lereng tersebut dan berpeluang bergeser ke arah timur. Sedangkan pada arah horizontal sebaran longsor mengikuti arah kemiringan potensi longsor searah dengan bidang gelincir yaitu mengarah ke arah barat atau barat daya menuju rumah penduduk dan aliran-aliran sungai.

Untuk menjaga kondisi demikian supaya terhindar dari pergerakan massa longsor, perlu mendapatkan tindakan pengendalian rekayasa teknis dan struktur, mengingat daerah potensi longsor di lokasi telitian berada dekat aktivitas perkebunan dan ada yang berada dekat dengan pemukiman masyarakat. Tindakan pengendalian yakni mengubah geometri lereng dengan melandaikan teras bangku (*benching*). Pembuatan sistem belokan aliran sungai kecil yang terdapat di bagian kaki lereng untuk mengarah ke sungai besar dan melaksanakan program agroforestri.

#### 4. Simpulan

Longsor di daerah telitian merupakan tipe slide rotasi multiple. Bidang gelincir longsor dicirikan dengan resistivitas rendah dan berada pada kedalaman lebih dari 5 m di bawah permukaan dengan struktur lapisan batuan berupa lapisan lempung yang bercampur dengan batuan lapuk dan lapisan lempung jenuh air. Lapisan tersebut saling kontak dan membentuk kemiringan terhadap permukaan tanah sehingga menyebabkan adanya potensi gelincir di atasnya.

Hasil prediksi volume potensi massa longsor untuk lokasi Amahusu sebesar  $50,603.3 \text{ m}^3$  dan lokasi Erie sebesar  $3,399.4 \text{ m}^3$ . Potensi volume longsor ini

masih bertambah jika arah pergerakan longsor bergeser ke timur laut dengan jangkauan yang sedikit meluas.

#### Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Fisika Bumi FMIPA Unpatti, Dinas ESDM Provinsi Maluku dan Politeknik Ambon atas bantuannya dalam melengkapi pengambilan data.

#### Daftar Acuan

- [1] R. Bell, H. Petschko, M. Röhrs, and A. Dix, Assessment of Landslide Age, Landslide Persistence and Human Impact Using Airborne Laser Scanning Digital Terrain Models, Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography, Swedish Society for Anthropology and Geography (2012), p.135–136.
- [2] K. Sassa, International Programme On Landslides, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (2013), p.15–28.
- [3] Glade T, Anderson M, Crozier M J. *Landslide Hazard and Risk*. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England (2005), p.2–5..
- [4] P.V. Gorsevski, P. Jankowski, and P.E. Gessler, An heuristic approach for mapping landslide hazard by integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process. Journal of Control and Cybernetics (2006), vol 35 No.1, p.121–146.
- [5] M.J. Crozier, Landslide Geomorphology: An Argument For Recognition, With Examples From New Zealand, Geomorphology (2010), vol.120, p.3–15.
- [6] O.Korup, A.L. Densmore, and F.Schlunegger, The Role Of Landslides In Mountain Range Evolution, Geomorphology (2010), vol.120, p.77–90.
- [7] V.T. Matziaris, M.T. Ferentinou, O.T.Angelopoulou, S.I. Karanasiou, and M. Sakellariou, Landslide Hazard Analysis -A Case Study In Kerasia Village (Prefecture of Karditsa), Bulletin of the Geological Society of Greece (2007), vol. XXXX, p.1711–1722.
- [8] Firmansyah, S. Feranie, A. Tohari, F.D.E. Latief, Prediksi Jangkauan Pergerakan Tanah Longsor Menggunakan Model Gesekan Coulomb Sederhana, Prosiding SNIPS ITB Bandung (2015), p.65–68.
- [9] M. Souisa, L. Hendrajaya, G. Handayani, Investigasi Awal Mekanisme Tanah Longsor di Pulau Ambon, Provinsi Maluku. Prosiding Seminar Basic Sains VI, FMIPA Ambon, Agustus (2014), p.23–32.

- [10] M. Souisa, L. Hendrajaya, and G. Handayani, Landslide Dynamics and Determination Critical Condition Using of Resistivity Method in Desa Negeri Lima Ambon, Indonesian Journal of Physics (2015), vol.26 Number 1, p. 1–4.
- [11] M. Souisa, L. Hendrajaya, and G. Handayani, Pencitraan Resistivitas Bidang Longsor di Perbukitan Booi dan Erie Kota Ambon Menggunakan Konfigurasi Wenner–Schlumberger, Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya, UNJ Jakarta, Vol.16, No.2, Oktober 2015, p. 1–5.
- [12] Telford M W, Geldart L P, Sherrif R E, Keys D A. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press, Cambridge New York, (2004), p.556–557.
- [13] Kirsch R. *Groundwater Geophysics: A tool for hydrogeology*, Springer Berlin Heidelberg, New York (2006), p.85–86.
- [14] Seidel K, Lange G, Voigt H L. *Environmental Geology: Handbook of Field Method and Case Studies*. Springer, Berlin (2007), p. 205.
- [15] E.Omidvar, and A. Kaviana, Landslide Volume Estimation Based On Landslide Area In A Regional Scale (Case Study: Mazandaran Province), Journal of Range and Watershed Management (JRWM), Iran, J. Nat. Resour (2011), 63(4), p.439–455.
- [16] Asael B K, Katz O, Aharonov E, Marco. *Modeling The Relation Between Area and Volume of Landslides*, Ministry of National Infrastructures, Geology Survey of Israel, Jerusalem, Report GSI/06/2008.
- [17] Oldenburg D, Y Li, Jones F. *A Tutorial: Basics Concepts of Resistivity and IP Profiling*. The UBC Geophysics Inversion Facility, HTML: F.Jones@UBC-GIE (1998).
- [18] F. Guzzetti, F.Ardizzone, M.Cardinali, M.Rossi, and D. Valigi, *Landslide Volumes and Landslide Mobilization Rates in Umbria, Central Italy*. Earth Planet. Sc. Lett., 279 (2009), p.222–229.
- [19] M.H.Amri, K.Solaimani, A.Kavian, P.Afzal, and Th. Glade, Curve Estimation Modeling between Area and Volume of Landslides in Tajan River Basin, North of Iran, Ecopersia (2014), vol. 2(3), p.651–665.