

PENDUGAAN JENIS PERLAPISAN BATUAN DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS PADA WILAYAH LONGSORAN DESA TOLNAKU KABUPATEN KUPANG

Leonardus Nengga, Hery Leo Sianturi, Redi K. Pingak

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 85111, Indonesia

Universitas Nusa Cendana, Kota Kupang 85111, Indonesia

Email: leonardusnengga2018@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pendugaan jenis perlapisan batuan pada wilayah longsor Desa Tolnaku, Kecamatan Fatuleu, Kabupaten Kupang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis perlapisan batuan dan memperkirakan kedalaman setiap perlapisan batuan bawah permukaan di sekitar wilayah longsor tersebut. Pengambilan data dilakukan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Schlumberger dan analisis data penelitian menggunakan software Res2Dinv untuk mendapatkan nilai resistivitas sebenarnya. Berdasarkan hasil penelitian, jenis batuan di lokasi penelitian terdiri atas batuan lempung (clay) dengan nilai resistivitas $1,1 \Omega\text{m} - 27,60 \Omega\text{m}$ pada kedalaman $5 - 105 \text{ m}$, batuan alluvium dengan nilai resistivitas $10,0 \Omega\text{m} - 79,4 \Omega\text{m}$ pada kedalaman $5 - 105 \text{ m}$, dan gamping (limestone) dengan nilai resistivitas $50,0 \Omega\text{m} - 1.817 \Omega\text{m}$ pada kedalaman $27 - 105 \text{ m}$.

Kata Kunci: Geolistrik Resistivitas, Schlumberger, Res2Dinv

Abstract

A study on the estimation of underground rock patterns in Tolnaku village Kupang Regency has been conducted. The study aims to identify types of rock layers and to estimate the depth of each layer. Data was taken using geoelectricity method with Schlumberger konfigurasi while the data analysis was performed using Res2Dinv to obtain the real resistivity value. From the results, rocks found in the research location are clay with resistivity being $1.1 \Omega\text{m} - 27.6 \Omega\text{m}$ (between $5 - 105 \text{ m}$), alluvium with resistivity being $10.0 \Omega\text{m} - 79.4 \Omega\text{m}$ (between $5 - 105 \text{ m}$), and limestone with resistivity being $50.0 \Omega\text{m} - 1.817 \Omega\text{m}$ (between $25 - 105 \text{ m}$).

Key words: Geoelectric resistivity, Schlumberger, Res2Dinv.

PENDAHULUAN

Bencana geologi terjadi akibat proses geologi dengan siklus kejadiannya mulai dari ratusan tahun bahkan jutaan tahun. Klasifikasi bencana geologi meliputi gempa bumi, gelombang tsunami, letusan gunung api, tanah longsor serta banjir. Bencana tanah longsor disebabkan oleh proses geologi dan campur tangan manusia [1]

Pengetahuan tentang struktur lapisan bawah permukaan sangat diperlukan untuk memperkirakan tingkat kerawanan suatu daerah terhadap kemungkinan terjadinya tanah longsor. Kajian struktur lapisan dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknik pendugaan geofisika [2]. Untuk mengetahui keadaan bawah permukaan, khususnya perlapisan batuan dan bidang gelincir dapat

menggunakan metode geofisika salah satunya adalah metode geolistrik resistivitas.

Pulau Timor secara umum berupa barisan perbukitan bergelombang, dataran tinggi dan rendah yang terdapat di beberapa daerah. Desa Tolnaku merupakan salah satu desa di Pulau Timor, tepatnya di Kecamatan Fatuleu Kabupaten Kupang. Desa ini berada pada dataran tinggi dengan keadaan geologi berbukit yang berpotensi untuk terjadi longsor berbentuk blok dan rekahan.

Secara umum tanah di Desa Tolnaku memiliki komposisi jenis Bobonaro (Lempung) berwarna coklat kemerahan. Jenis tanah tersebut pada kondisi tertentu akan menimbulkan retakan-retakan memanjang, bahkan dalam jenuh air akan memberikan beban pada tanah dan akhirnya terbelah serta longsor.

Pada tahun 2009, desa Tolnaku mengalami longsor yang cukup besar dan dimungkinkan masih dapat terjadi sampai sekarang [3]

Berdasarkan informasi masyarakat setempat saat terjadi longsor terdapat dua rumah warga dan sebuah tempat ibadah yang rusak.

Menurut Kadobo (2015), yang menggunakan metode magnetik untuk mengetahui kondisi bawah permukaan di desa Tolnaku di Kabupaten Kupang, pada lokasi longsor desa Tolnaku terdapat beberapa jenis batuan diantaranya lempung, *slate*, dan gamping. Untuk memperoleh interpretasi yang lebih komprehensif terkait struktur bawah permukaan di lokasi ini perlu dilakukan kajian menggunakan metode lain [4].

TINJAUAN PUSTAKA

Gambaran Umum dan Kondisi Geologi Lokasi Penelitian

Desa Tolnaku merupakan salah satu desa yang berada pada Kecamatan Fatuleu Kabupaten Kupang. Desa ini berada pada posisi dataran tinggi dengan keadaan geologi yang berbukit.

Hasil pengukuran arus listrik dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda tertentu, dapat menentukan variasi harga tahanan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur.[5]

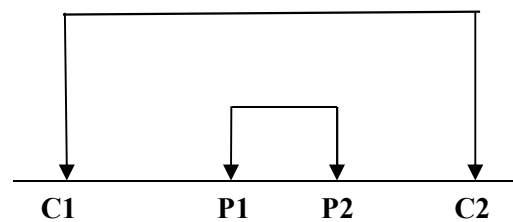
Geolistrik Resistivitas

Geolistrik resistivitas adalah salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat penjaralan aliran listrik di dalam bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Pendeteksian di atas permukaan meliputi pengukuran medan potensial, arus listrik dan elektromagnetik yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat penginjeksian arus listrik kedalam bumi [6].

Konfigurasi Pengukuran Geolistrik

Metode geolistrik terdiri dari beberapa konfigurasi, misalnya empat (4) buah elektrodanya terletak dalam satu garis lurus dengan posisi elektroda AB dan MN yang simetris terhadap titik pusat pada kedua sisi disebut konfigurasi *Wenner* dan *Schlumberger*. Selain kedua konfigurasi tersebut ada juga

konfigurasi yang sering digunakan yakni *dipole-dipole*. Salah satu konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi Schlumberger, konfigurasi ini menggunakan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda C1-P1 atau C2-P2 dengan spasi antara P1-P2 seperti pada Gambar 1. Jika jarak antara elektroda potensial (P1 dan P2) adalah a maka jarak antar elektroda arus (C1 dan C2) adalah $2n a+a$. Proses penentuan resistivitas menggunakan empat buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus.[7]



Gambar 1. Skema konfigurasi Schlumberger [7]

Adapun persamaan faktor geometri yang diperoleh dari konfigurasi ini adalah:

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_1} \right\}}$$

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \frac{1}{na} - \frac{1}{na+a} - \frac{1}{na+a} + \frac{1}{na} \right\}}$$

$$K = \frac{\pi}{\left\{ \frac{1}{na} - \frac{1}{na+a} \right\}}$$

$$K = \pi n(n+1)a$$

dimana r_1 adalah jarak elektroda C1 ke P1 (na) dan r_2 adalah jarak P1 ke C2 ($na + a$)

Untuk susunan elektroda dan pengukuran data geolistrik dengan konfigurasi Schlumberger terkait seperti pada Gambar 2.

	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	37,5	40	42,5	45	47,5	50
ps1		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		18
ps2		19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34				16
ps3			35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48					14
ps4				49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60						12
ps5					61	62	63	64	65	66	67	68	69	70							10
ps6						71	72	73	74	75	76	77	78								8
ps7							79	80	81	82	83	84									6
ps8								85	86	87	88										4
ps9									89	90											2

Gambar 2. Susunan elektroda dan urutan pengukuran data geolistrik tahanan jenis konfigurasi Schlumberger.[7]

Variasi resistivitas material bumi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Resistivitas batuan dan mineral

Material Resistivity	(Ohm-meter)
Pyrite (Pirit)	0,01 – 100
Quartz (Kwarsa)	500 – 800.000
Calcite (Kalsit)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Rock Salt (garam Batu)	$30 - 1 \times 10^{13}$
Granite (Granit)	200 – 100.000
Andesite (Andesit)	$1,7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$
Basalt (Basal)	200- 100.000
Limestones (Gamping)	$50 - 10^7$
Sandstones (Batu Pasir)	200 – 8.000
Shales (Batu Tulis)	20 – 2.000
Sand (Pasir)	1 – 1.000
Clay (Lempung)	1 – 100
Ground Water (Air Tanah)	0,5 – 300
Sea Water (Air Asin)	0,2
Magnetite (Magnetit)	0.01 – 1.000
Dry Gravel (Kerikil Kering)	600 – 10.000
Alluvium (Aluvium)	10 – 800
Gravel (Kerikil)	100 – 600

METODE PENELITIAN

Pengambilan Data

Penelitian ini dilakukan di Desa Tolnaku, Kecamatan Fatuleu, Kabupaten Kupang pada bulan September – Desember 2017. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS (*Global Positioning System*), Satu set alat Geolistrik Resistivity meter Naniura, Kompas.

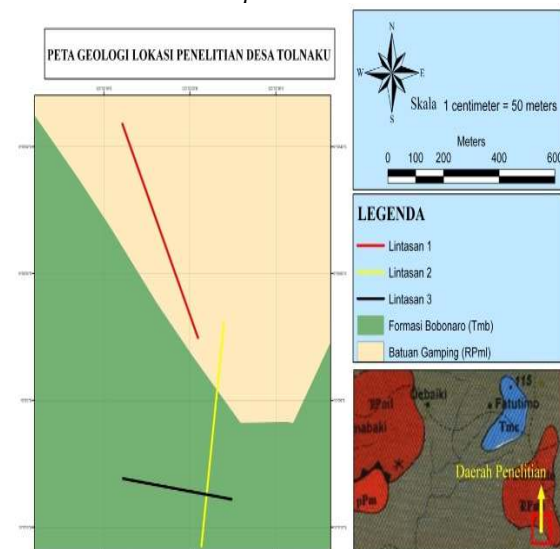
Prosedur pengambilan data di lapangan dilakukan survei lokasi penelitian, menentukan titik pengukuran, Pengambilan data dengan konfigurasi Schlumberger. Pada tahap survei yaitu melihat langsung kondisi lokasi penelitian dengan dibutuhkan peta wilayah dan peta geologi untuk menentukan lokasi penelitian sesuai dengan tujuan awal penelitian. Penentuan titik ukur diawali dengan penentuan posisi dan jumlah titik ukur, panjang dan arah elektroda bentangan serta jumlah lintasan ukur. Berdasarkan titik ukur yang telah ditentukan, selanjutnya dilakukan pengukuran data resistivitas dengan alat geolistrik (*resistivity meter*). Panjang lintasan pengambilan data untuk lintasan 1 dan 2 adalah 600 meter dan lintasan 3 adalah 400 meter. Peta geologi lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.

Pengolahan Data

Data yang telah diperoleh yaitu posisi koordinat titik ukur, ketinggian dan resistivitas semu diolah menggunakan *software excel* untuk

proses perhitungannya dan *software Res2Dinv* untuk memperoleh pemodelan 2D.

Data yang diambil adalah kuat arus (I) dan beda potensial (ΔV) kemudian dihitung nilai R dengan membagi nilai tegangan terukur dengan nilai arus terukur. Setelah nilai R di dapat di hitung nilai K (faktor geometri) menggunakan rumus $K = \pi n(n+1)a$ dan dihitung nilai resistivitas (ρ) yang akan menghasilkan nilai resistivitas semu. Untuk mendapatkan nilai resistivitas senu dihitung menggunakan persamaan $\rho_a = \frac{K \Delta v}{I}$.



Gambar 3. Peta geologi lokasi penelitian

Gambaran umum lintasan pengambilan data seperti tampak pada Gambar 4



Gambar 4. Lintasan Pengambilan data

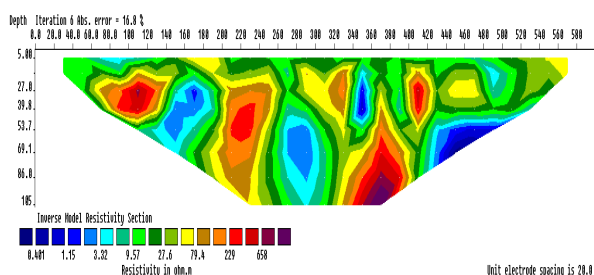
HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lintasan Ukur di Lapangan

Pengukuran nilai resistivitas tahanan jenis menggunakan konfigurasi Schlumberger di Desa Tolnaku, Kecamatan Fatuleu, Kabupaten Kupang sebanyak tiga (3). Panjang lintasan pada penelitian ini bervariasi, dimana panjang lintasan 1 adalah 600 meter, lintasan 2 adalah 600 meter dan panjang lintasan 3 adalah 400 meter dengan jarak spasi antara elektroda adalah 20 meter. Perbedaan panjang lintasan disebabkan karena kondisi lingkungan di lokasi dimana lintasan yang memotong daerah longsor (lintasan 3) hanya mencapai 400 meter.

Dugaan Perlapisan Batuan di Lintasan 1.

Lintasan 1 terletak pada koordinat 9,993947855° LS dan 123,870027° BT sampai 9,99862605° LS dan 123,8724819° BT dengan ketinggian ± 360 meter di atas permukaan laut. Nilai resistivitas yang terdapat pada lintasan 1, berkisar antara $0,401 \Omega m - 658 \Omega m$. Berdasarkan nilai ini, patut diduga bahwa pada lintasan ini terdapat air tanah (*Groud water*), lempung (*Clay*) *alluvium* dan gamping (*limestone*), dimana air tanah memiliki nilai resistivitas $0,40 \Omega m - 3,32 \Omega m$, lempung (*Clay*) memiliki nilai resistivitas $3,33 \Omega m - 27,6 \Omega m$, *alluvium* memiliki nilai resistivitas $27,7 \Omega m - 79,4 \Omega m$ dan gamping (*limestone*) memiliki nilai resistivitas $79,5 \Omega m - 658 \Omega m$. Model inversi *software Res2Dinv* berdasarkan nilai resistivitas batuan pada lintasan 1 ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Model Inversi software Res2Dinv untuk lintasan 1.

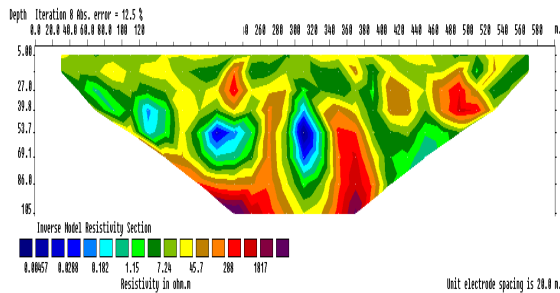
Pada lintasan 1 topografinya berbukit-bukit, dengan melihat kenampakan alamnya ada beberapa pohon yang miring dan masih banyak bongkahan tanah yang bertumpuk di beberapa tempat di sekitaran lintasan pengambilan data dan lokasinya dekat sekali

dengan daerah longsor besar atau pusat longsornya (Lampiran 4). Berdasarkan hasil model inverse *software Res2Dinv*, terlihat bahwa lapisan batuan *clay* sangat dominan yakni di sepanjang lintasan pengukuran dengan kedalaman mulai dari 5 m hingga 105 m, dibandingkan dengan *alluvium* dan *limestone*. Perlapisan batuan *clay* yang berada pada kedalaman 5 – 105 meter ini, bukan hanya lapisan batuan *clay* tetapi pada jarak dan kedalaman tertentu terdapat perlapisan batuan lain. Hal ini dibuktikan di lapangan dengan terdapatnya banyak bongkahan *clay* yang berupa gundukan batuan yang berwarna coklat kemerahan (Lampiran 4). Selain *clay*, *alluvium* dan *limestone*, pada lintasan ini terdapat air tanah yang berada di beberapa titik. Pola perlapisan batuan yang tidak merata ini merupakan salah satu penyebab pada musim hujan daerah ini akan mengalami longsor. Sifat dari *clay* yang sangat rapuh, tidak tembus air dan struktur tanahnya yang labil dimungkinkan lapisan tersebut sangat mudah bergeser dan dengan penampakan lahan yang miring mencapai 45° memiliki peluang yang sangat besar terjadinya longsor saat musim hujan.

Dugaan Perlapisan Batuan di Lintasan 2.

Lintasan 2 terletak pada koordinat 9,998316369° LS dan 123,8733205° BT sampai 10,0031276° LS dan 123,8725945° BT dengan ketinggian ± 332 meter di atas permukaan laut. Nilai resistivitas yang terdapat pada lintasan 2, berkisar antara $0,00457 \Omega m - 1.817 \Omega m$. Berdasarkan nilai ini, patut diduga bahwa pada lintasan ini terdapat air tanah, *clay*, *alluvium*, dan *limestone*, dimana air tanah dengan nilai resistivitas $0,00457 \Omega m - 1,14 \Omega m$, $1,15 \Omega m - 9,99 \Omega m$ merupakan *clay*, $10 \Omega m - 49,9 \Omega m$ merupakan *alluvium* dan $50 \Omega m - 1.817 \Omega m$ merupakan *limestone*. Model inversi *software Res2Dinv* berdasarkan nilai resistivitas batuan pada lintasan 2 ditampilkan pada Gambar 6.

Pada lintasan 2 terlihat bahwa penyebaran pola perlapisan batuan tidak teratur. Dapat disimpulkan bahwa penyebaran batuan seperti ini disebabkan karena batuan yang ada pada lintasan ini merupakan batuan hasil runtuh dari lintasan 1 dan juga daerah longsor yang berada di sekitar lokasi pengukuran.



Gambar 6. Model Inversi output software Res2Dinv untuk lintasan 2.

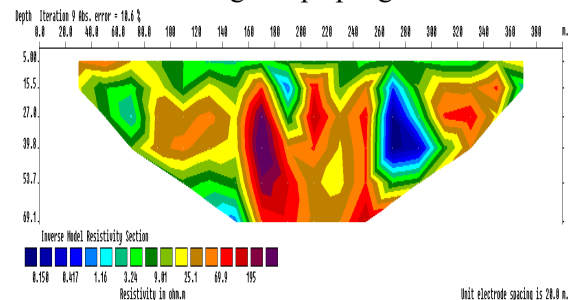
Lintasan 2 topografinya tidak jauh berbeda dengan lintasan 1 yaitu berbukit dan landai. Dari kenampakan alam pada lintasan ini terdapat tumpukan bongkahan tanah dan batu yang masih menyatu (lampiran 5). Berdasarkan hasil model inversi *software Res2Dinv*, tampak bahwa pada lintasan ini perlapisan batuan yang dominan adalah *clay* dan *alluvium*, sedangkan gamping hanya terdapat di beberapa titik saja. Selain ketiga jenis lapisan batuan tersebut, pada lintasan ini juga terdapat air tanah. Pada lintasan ini bagian permukaan lebih dominan dengan *clay* hal ini dibuktikan di lokasi penelitian pada jarak 180 meter terdapat bongkahan tanah liat. Pada lintasan ini juga akan lebih muda longsor karena masih ada retakan-retakan tanah yang memanjang. Keadaan tanah seperti ini pada musim hujan air akan lebih mudah masuk kedalam tanah dan terjadi longsor.

Dugaan Perlapisan Batuan di Lintasan 3

Lintasan 3 terletak pada koordinat 10,00216828° LS dan 123,873568° BT sampai 10,00171624° LS dan 123,8700633° BT dengan ketinggian ± 261 meter di atas permukaan laut. Nilai resistivitas yang terdapat pada lintasan 3, yaitu berkisar antara 0,150 Ωm – 195 Ωm . Berdasarkan nilai ini, patut diduga bahwa pada lintasan ini terdapat air tanah, *clay*, *alluvium* dan *limestone*, dimana air tanah memiliki nilai resistivitas 0,15 Ωm – 1,16 Ωm , *clay* memiliki nilai resistivitas 1,17 Ωm – 9,99 Ωm , *alluvium* memiliki nilai resistivitas 10 Ωm – 68,9 Ωm , dan *limestone* memiliki nilai resistivitas 69,9 Ωm – 195 Ωm . Model inversi *software Res2Dinv* berdasarkan nilai resistivitas batuan pada lintasan 3 seperti pada Gambar 7.

Lintasan 3 merupakan lintasan yang memotong lintasan 2 dan aliran sungai seperti tampak pada Gambar 3.3, titik perpotongan tersebut berada di antara jarak 420 – 440 meter untuk lintasan 2 dan untuk lintasan 3 berada di antara titik pengukuran 20 – 40 meter terlihat bahwa jenis batuan pada titik perpotongan

tersebut sama. Berdasarkan model inversi *software Res2Dinv* untuk lintasan 3, terlihat bahwa pada bagian permukaan lintasan 3 juga masih dominan dengan lapisan batuan *clay* dengan kedalaman mencapai 53,7 meter. Selain batuan *clay* pada lintasan ini terdapat air tanah, *alluvium*, dan juga *limestone*. Selain memotong lintasan 2 dan aliran sungai, perbedaannya dengan lintasan 1 dan 2 adalah perlapisan batuan gamping pada lintasan 3 lebih tebal dimana dapat dilihat pada jarak 150 – 260 meter ketebalan lapisan batuan gamping mencapai 53,6 meter. Dilihat dari kenampakan alamnya, lintasan 3 lebih rata dibandingkan dengan lintasan 1 dan 2, jadi dapat disimpulkan bahwa kemungkinan untuk terjadi longsor pada lintasan ini cukup kecil. Bukti lain adalah pada lintasan ini di titik pengukuran 400 m terdapat sebuah rumah warga tanpa penghuni.



Gambar 7. Model Inversi *software Res2Dinv* untuk lintasan 3.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data geolistrik dan hasil interpretasinya, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Diduga terdapat tiga jenis batuan di lokasi longsoran desa Tolnaku yaitu *clay* dengan nilai resistivitas 3,3 Ωm – 27,6 Ωm untuk lintasan 1, 1,1 Ωm – 9,9 Ωm untuk lintasan 2, dan 1,1 Ωm – 9,9 Ωm untuk lintasan 3, *alluvium* dengan nilai resistivitas 7,7 Ωm – 79,4 Ωm untuk lintasan 1, 10,0 Ωm – 49,9 Ωm untuk lintasan 2, dan 10,0 Ωm – 68,9 Ωm untuk lintasan 3, untuk batuan *limestone* dengan nilai resistivitas 79,5 Ωm – 658 Ωm untuk lintasan 1, 50 Ωm – 1.817 Ωm untuk lintasan 2 dan 69 Ωm – 195 Ωm untuk lintasan 3.
2. Untuk lintasan 1 dan 2, kedalaman perlapisan batuan *clay* berkisar antara 5 – 105 m, *alluvium* berada pada kedalaman 5 – 105 m dan batuan *limestone* pada kedalaman 25 – 105 m. Sementara untuk lintasan 3,

kedalaman perlapisan batuan *clay* berkisar 5,0 – 69,1 meter, *alluvium* 5,0 – 69,1 dan *limestone* 15,0 – 69,1 m.

DAFTAR PUSTAKA

1. Heradian, A. E. dan Arman Y., 2015. *Pendugaan bidang gelincir tanah longsor di Desa Aruk Kecamatan Sajingan Besar Kabupaten Sambas dengan menggunakan metode tahanan jenis. Jurnal Prima Fisika*, Vol 3, No. 2.
2. Dobrin., M. B. dan Savit C.H., 1988. *Introduction to geophysical prospecting 4th edition*. Mc Graw Hill. NewYork.
3. Pos Kupang, 2009. Longsor di Tolnaku Terunik di Indonesia, <http://kupang.Tribunnews.com/2009/09/04/longsor-di-tolnaku-terunik-di-indonesia>, (Diakses pada tanggal 21 September 2017).
4. Kadobo, C., 2015. *Interpretasi Bawah Permukaan menggunakan Metode Magnetik Daerah Longsoran Tolnuku di Fatuleu Kabupaten Kupang*. Skripsi S1. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknik Undana. Undana.
5. Ardi., Dwi, N. dan Iryanti, M. 2009. *Profil resistivitas 2D pada gua bawah tanah dengan metode geolistrik konfigurasi Wenner-Schlumberger (studi kasus Gua Dago pakar, Bandung)*. Jurnal Pengajaran MIPAVol 14 No.2.
6. Hendrajaya, L., 1990. *Pengukuran resistivitas bumi pada satu titik di medium tak hingga*. Bandung: Laboratorium Fisika Bumi ITB.
7. Telford, W. M., L. P. Geldart, R. E. Sheriff dan D. A. Keys, 1990., *Applied Geophysics*. Second Edition. Cambridge University Press. London.