



Prosiding

SEMINAR NASIONAL *BASIC SCIENCE VI*

*Sains Membangun Karakter dan Berpikir Kritis
Untuk Kesejahteraan Masyarakat*

Ambon, 07 Mei 2014

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PATTIMURA
AMBON**

Hak cipta dilindungi Undang-Undang

Cetakan I, Agustus 2014

Diterbitkan oleh: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pattimura

ISBN: 978-602-97552-1-2

Deskripsi halaman sampul : Gambar yang ada pada cover adalah kumpulan benda-benda langit dengan berbagai fenomena

DATA DASAR GEOHIDROLOGI SEBAGAI INFORMASI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) WAIRUHU

Robert Hutagalung*

Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Pattimura Ambon

*e-mail: robert_hutagalung@yahoo.com

ABSTRAK

Bencana banjir yang sering terjadi tiap tahun di kota Ambon merupakan masalah serius yang harus segera dicari upaya pencegahannya. Survey geohidrologi menjadi langkah awal dalam pengkajian dan pemahaman tentang daerah aliran sungai (DAS) Wairuhu untuk merancang tindakan solutif guna pencegahan banjir yang sering melanda desa Galala. Hasil perhitungan dan interpretasi batuan di dua titik sounding serta pencocokan dengan peta geologi dan topografi pulau Ambon menunjukkan bahwa, di titik 1 terdapat empat jenis batuan yaitu pasir kerikil terdapat lapisan lanau dengan ketebalan 0,92 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 250 Ω .m, lempung dengan ketebalan 0,91 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 9,47 Ω .m, lempung pasir dengan ketebalan 3,07 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 5,37 Ω .m, dan batuan taklapuk nilai resistivitasnya adalah 8075 Ω .m. Sedangkan, pada titik 2 terdapat lanau pasir dengan ketebalan 0,75 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 101,86 Ω .m, pasir kerikil terdapat lapisan lanau dengan ketebalan 0,62 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 461,19 Ω .m, pasir dengan ketebalan 2,31 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 30,587 Ω .m, dan gamping nilai resistivitasnya adalah 14901 Ω .m. Selain itu, kontur kemiringan lereng sekitar sungai lebih dari 25⁰ di hampir seluruh wilayah survey/penelitian sekitar area hutan desa Galala dan $\pm 1,92$ pada sekitar pemukiman penduduk Wara Sia dengan lebar sungai ± 3 hingga 5 meter.

Kata Kunci: Data Dasar, Geohidrologi, Informasi dan Daerah Aliran Sungai.

PENDAHULUAN

Siklus air merupakan rangkaian proses berpindahnya air permukaan bumi dari suatu tempat ke tempat lainnya hingga kembali ke tempat asalnya. Air yang turun di daratan akan berinteraksi dengan material kulit bumi, mengalir di permukaan tanah sebagai air permukaan (*surface runoff/run off water*), bersama dengan air yang berasal dari aliran bawah permukaan (*interflow/subsurface flow*) dan air tanah bawah (*groundwater flow*) membentuk sungai. Daerah Aliran Sungai (DAS) dipengaruhi oleh morfologi dan bentang alam suatu wilayah. DAS merupakan suatu wilayah daratan atau lahan yang mempunyai komponen topografi, batuan, vegetasi, tanah, air, sungai, hewan, manusia dan aktivitasnya yang berada pada, di bawah, dan di atas tanah.

Bentang alam pulau Ambon sebagian besar terdiri dari daerah perbukitan kasar dan terjal dengan lembah sempit berbentuk "V", kemiringannya lebih dari 20⁰ seluas kurang lebih 186,9 km² atau 73 % dan pada dataran rendah dengan kemiringan sekitar 10⁰ seluas kira-kira 55 km² atau 17 % dari luas seluruh wilayah daratannya. Akibatnya penduduk hanya memanfaatkan dataran rendah sebagai daerah pemukiman maupun irigasi yang juga merupakan lingkup DAS.

Akan tetapi, dalam 4 (empat) tahun terakhir, bencana banjir yang terjadi khususnya di kota Ambon justru mengakibatkan banyak korban jiwa maupun harta benda yang dialami oleh penduduk di sekitar DAS, termasuk penduduk di Desa Galala, Kecamatan Sirimau, Kota Ambon.

Desa Galala terletak di bagian hilir sungai Wairuhu. Desa ini merupakan salah satu daerah yang sering dialanda banjir akibat luapan sungai Wairuhu, yang tingginya mencapai 4 - 6 meter. Salah satu penyebab parahnya banjir yang terjadi adalah curah hujan tertinggi yang terjadi bersamaan dengan pasang tertinggi. Pemerintah kota telah melakukan upaya untuk mengatasi masalah ini berupa pengerukan/normalisasi sungai, namun belum juga memberikan hasil memuaskan yang dapat menjamin keselamatan masyarakat di sekitar DAS Wairuhu. Maka untuk mengatasi masalah ini, perlu dilakukan penelitian lapangan di sekitar DAS Wairuhu, mengumpulkan data geohidrologi berupa kondisi batuan, pembuatan peta topografi yang dapat dimanfaatkan guna melakukan tindakan lebih lanjut untuk mengantisipasi banjir.

TINJAUAN PUSTAKA

Sifat Listrik Batuan

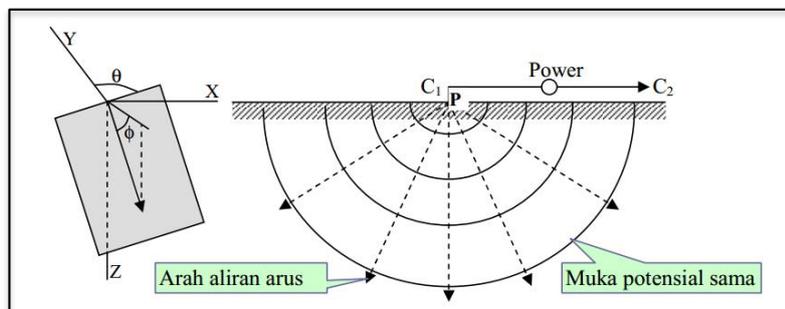
Sifat kelistrikan dari sebuah material termasuk sifat utama dari konduksi elektrik (besarnya pengangkutan) dan polarisasi dielektrik (besarnya pemisahan) sifat ini didefinisikan berdasarkan dua hubungan pokok berikut :

$$J = \sigma E \quad (1)$$

$$D = \varepsilon E = \varepsilon_0 \varepsilon_r E \quad (2)$$

dimana : E kuat medan listrik (V/m), J densitas/jumlah arus (A/m^2), D perpindahan listrik (C/m^2), σ konduktifitas listrik (Ω/m), ε permitivitas dielektrik (F/m), ε_0 permitivitas vakum (8.854×10^{-12} F/m), dan ε_r konstanta dielektrik.

Potensial Elektroda Arus Tunggal pada Permukaan Homogen Isotropis



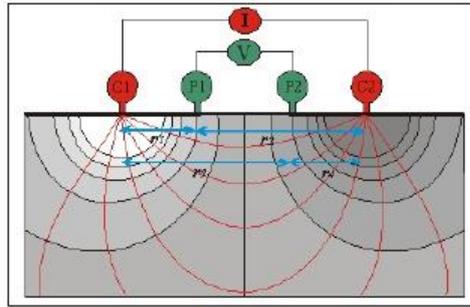
Gambar 1. Sumber Arus Tunggal di Permukaan Medium Homogen Isotropis.
(Sumber : Loke, 2004)

Pada gambar 2, dapat dilihat sebaran arus pada permukaan akibat arus listrik yang dikirim ke bawah permukaan. Dimana arus yang dikirim mengalami respons dari lapisan permukaan setengah bola yang mempunyai luar $2\pi r$ (Sakka, 2002).

Sehingga,

$$V_{(r)} = \frac{I\rho}{2\pi r} \quad \text{atau} \quad \rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (3)$$

Potensial Dua Elektroda Arus pada Permukaan Homogen Isotropis



Gambar 2. Dua Elektroda Arus dan Potensial di Permukaan Bumi Homogen Isotropis. (Sumber : Loke & Barker, 1996)

Beda potensial pada titik P_1 akibat elektroda arus C_1 dan C_2 adalah

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad (4)$$

Demikian pula potensial yang timbul pada titik P_2 akibat arus dari elektroda C_1 dan C_2 , sehingga beda potensial antara titik P_1 dan P_2 dapat ditulis sebagai:

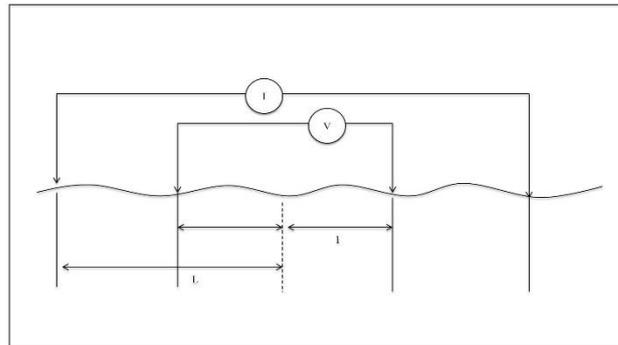
$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] = \frac{I\rho}{k} \quad (5)$$

atau

$$\rho = k \frac{\Delta V}{I} \quad (6)$$

dengan $k = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right)}$, k adalah faktor geometri yang bergantung pada susunan elektroda.

Konfigurasi Elektroda Cara Schlumberger



Gambar 3. Elektroda Arus dan Potensial pada Konfigurasi Schlumberger.

(Sumber : Reynold, 1997)

Pada gambar 3, M, N digunakan sebagai elektroda potensial dan A, B sebagai elektroda arus. Nilai resistivitas untuk konfigurasi ini diberikan oleh :

$$\rho_a = k_a \frac{\Delta V}{I} \tag{7}$$

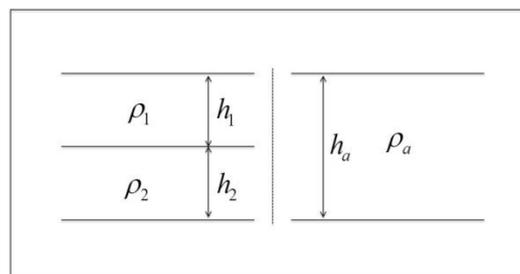
dengan :

$$k_a = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \tag{8}$$

Persamaan (8) merupakan faktor geometri dari konfigurasi elektroda Schlumberger.

Konsep Resistivitas Semu

Untuk kasus tak homogen, bumi diasumsikan berlapis-lapis dengan masing-masing lapisan mempunyai harga resistivitas yang berbeda. Resistivitas semu merupakan resistivitas dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis. Medium berlapis yang ditinjau misalnya terdiri dari 2 lapis dan mempunyai resistivitas berbeda (ρ_1 dan ρ_2) dalam pengukuran, medium ini dianggap sebagai medium satu lapis homogen yang memiliki satu nilai resistivitas yaitu resistivitas semu ρ_a , dengan konduktansi lapisan fiktif sama dengan jumlah konduktansi masing-masing lapisan $\sigma_f = \sigma_1 + \sigma_2$.



Gambar 5. Lapisan dengan Resistivitas Sesungguhnya.

(Sumber : Indriana dan Danusaputro, 2006)

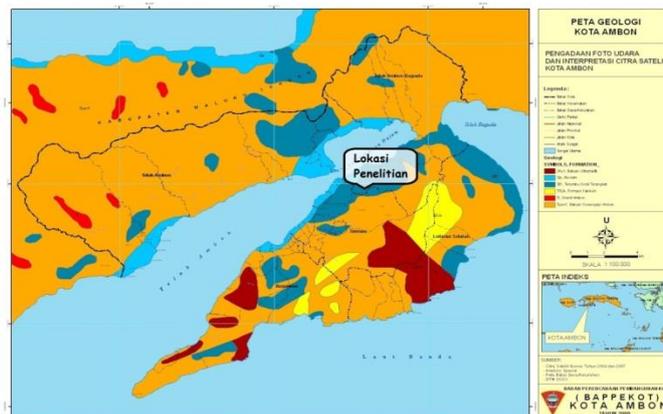
Peta Topografi

Peta topografi adalah peta yang menunjukkan bentuk permukaan bumi. Topografi tersebut ditunjukkan oleh garis-garis kontur atau dengan bayangan ketinggian (*hill shading*). Garis kontur adalah garis imajiner permukaan bumi, yang menghubungkan titik-titik dengan elevasinya sama. Bayangan ketinggian dilakukan dengan cara arsir (*hachures*), yaitu serangkaian garis pendek yang ditarik menurut arah kemiringan (*slope*).

Prosedur umum yang biasa dilakukan dan cukup efektif dalam interpretasi peta topografi, yaitu : menarik semua kontur yang menunjukkan adanya lineament/kelurusan, mempertegas (biasanya dengan cara mewarnai) sungai-sungai yang mengalir pada peta, dan mengolompokkan pola kerapatan kontur yang sejenis. Penarikan lineament bisa dengan garis panjang, tetapi juga dapat berpatah-patah dengan bentuk garis-garis lurus pendek. Mempertegas sungai akan sangat penting untuk melihat pola aliran sungai merupakan pencerminan keadaan struktur yang mempengaruhi daerah tersebut (Noor, 2006).

METODE PENELITIAN

Penyelidikan geohidrologi ini dilakukan di sekitar daerah aliran sungai (DAS) Wairuhu, tepatnya di desa Galala dan desa Batu Merah, Kota Ambon dengan kedudukan $03^{\circ}40'19.8''$ – $03^{\circ}40'23,2''$ Lintang Selatan dan $128^{\circ}13'09.4''$ – $128^{\circ}13'25.5''$ Bujur Timur dengan ketinggian ± 67 hingga ± 100 meter diatas permukaan air laut. Waktu dan lama penelitian di lapangan dan observasi lapangan dimulai sejak November 2013 sampai dengan Desember 2013.



Gambar 6. Peta Geologi daerah penelitian dan sekitarnya
Sumber : Bappekot Kota Ambon, skala 1:100.000

Peralatan dan Bahan Penelitian

Penyelidikan geolistrik ini memakai resistivity meter tipe GL-4100, 2 buah elektroda arus, 2 buah elektroda potensial, kabel-kabel penghubung, meteran, kompas, akuisisi data, GPS (*global positioning system*), dan peta geologi serta geohidrologi.

Prosedur Penelitian

1. Studi Pustaka

Dalam tahap ini, pencarian serta menelaah beberapa literatur-literatur atau teori-teori yang berhubungan dengan hidrogeologi dan jurnal-jurnal penelitian tentang geologi di daerah Ambon, dan Maluku pada umumnya.

2. Peninjauan

Survey atau peninjauan merupakan tahap awal pengenalan lapangan. Survey tempat disini meliputi survey lokasi penelitian dan mencari informasi-informasi yang dapat digunakan dalam pengambilan data. Dari data-data jenis batuan, percabangan sungai, kemiringan lereng, jarak ke pemukiman, perlu diketahui untuk menentukan lokasi yang baik untuk rekomendasi pembangunan DAM.

3. Pengambilan Data

Pengukuran resistivitas batuan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger, sehingga spasi antara dua elektroda potensial dibuat sama dan dua elektroda arus jaraknya diubah-ubah (diperbesar). Tahap-tahap pengambilan data pengukuran di lapangan adalah sebagai berikut :

1. Menancapkan elektroda pada permukaan tanah dengan spasi yang telah ditentukan sesuai dengan konfigurasi schlumberger,
2. Kabel dibentangkan sebagai penghantar arus dan potensial yang menghubungkan antara elektroda dengan resistivitymeter,
3. Setelah keempat elektroda terhubung dengan resistivitymeter, maka pengukuran sudah siap dilakukan,
4. Mencatat arus listrik dan tegangan yang timbul setelah arus diinjeksikan ke dalam tanah.

Sedangkan survey topografi dilakukan dengan cara sebagai berikut : menentukan luasan (wilayah) daerah survei, kemudian di petakan luasan (wilayah) tersebut menjadi beberapa titik dalam koordinat (X,Y). Jarak (interval) pertitik adalah 4 meter arah sumbu X dan 3 meter arah sumbu Y. Verifikasi data ketinggian dan identifikasi posisi (lintang, bujur) masing-masing titik dengan menggunakan GPS, kemudian tabulasikan dalam tabel.

4. Interpretasi Data

Data yang didapatkan dari pengukuran dilapangan akan diolah menggunakan *software* IP2win, dengan memasukkan besar nilai arus (I) dan nilai beda potensial (V), untuk memperoleh resistivitas batuan tempat penelitian, kedalaman (h) dan ketebalannya secara vertikal.

Topografi (gambaran) permukaan lokasi penelitian dapat dibuat dengan menggunakan *software* Surfer 10, yang akan menampilkan garis yang menghubungkan titik-titik dengan ketinggian yang sama atau disebut garis kontur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

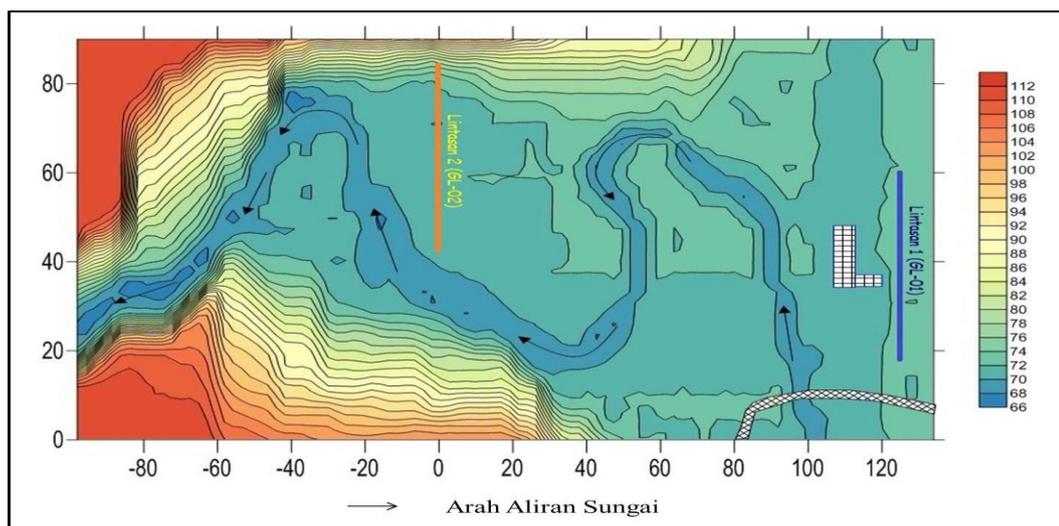
Deskripsi Lokasi Penelitian



Gambar 7. Titik Pengambilan Data Geolistrik, Lintasan 1 dan 2
(Sumber : Google Earth)

Pengukuran dan pengambilan data geolistrik pada lokasi Wara Sia, Desa Batu Merah, Kotamadya Ambon, Propinsi Maluku pada dua tahap/titik *sounding*, meliputi (gambar 7) :

1. Titik 1, di perkebunan penduduk Wara Sia. Lokasi ini terletak pada koordinat $3^{\circ}40'20,7''$ LS dan $128^{\circ}13'09,2''$ BT dan berada pada ketinggian 70 meter di atas permukaan laut (DPL). Arah bentangan Utara – Selatan.
2. Titik 1, pada area hutan (± 300 meter dari pemukiman penduduk) Wara Sia. Lokasi ini terletak pada koordinat $3^{\circ}40'23,2''$ LS dan $128^{\circ}13'09,4''$ BT dan berada pada ketinggian 59 meter di atas permukaan laut (DPL). Arah bentangan Utara – Selatan.



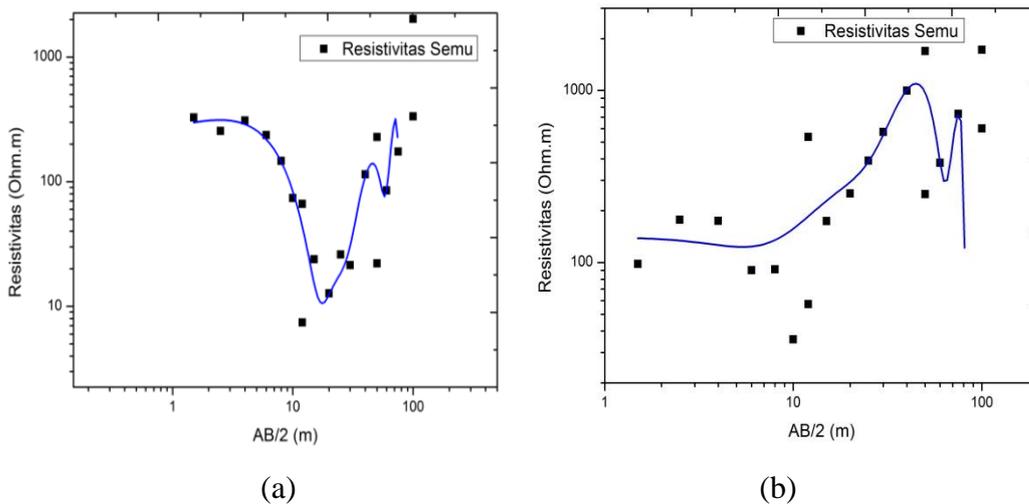
Gambar 8. Peta Kontur Lokasi Survey (2D) yang dibuat menggunakan *Surfer 10*

Hasil Penelitian

Data primer yang diperoleh dari lapangan berupa beda potensial (ΔV) dan arus (I). Bersama faktor geometrik (k) konfigurasi Schlumberger dari jarak antara stasiun dengan

elektroda-elektroda (AB/2 dan MN/2), kemudian diolah dengan menggunakan *Microsoft Excel* sehingga mendapatkan data resistivitas semu (ρ_a) dan *software IP2win* untuk mendapatkan gambaran lapisan batuan di bawah permukaan tanah secara vertikal.

Hasil dari *IP2win* memberikan gambaran lapisan batuan di bawah permukaan tempat lokasi survey. Grafik ketebalan lapisan dan resistivitas yang dibuat dari data resistivitas semu (ρ_a) dilakukan proses fitting menggunakan fitting polynomial orde 9 dengan bantuan *software origin 8*. Fitting adalah pencocokan untuk mencari fungsi dari garis yang melewati titik pada resistivitas semu (gambar 9).



Gambar 9. Penampang Resistivitas Hasil Inversi Pada Masing-masing Titik *Sounding*;
 (a) Lintasan 1 (GL-01), (b) Lintasan 2 (GL-02).

Hasil penafsiran dari grafik di atas dikorelasikan dengan data geologi memberikan jenis batuan berdasarkan resistivitas, di masing-masing titik sounding (lintasan), seperti pada Tabel 2.

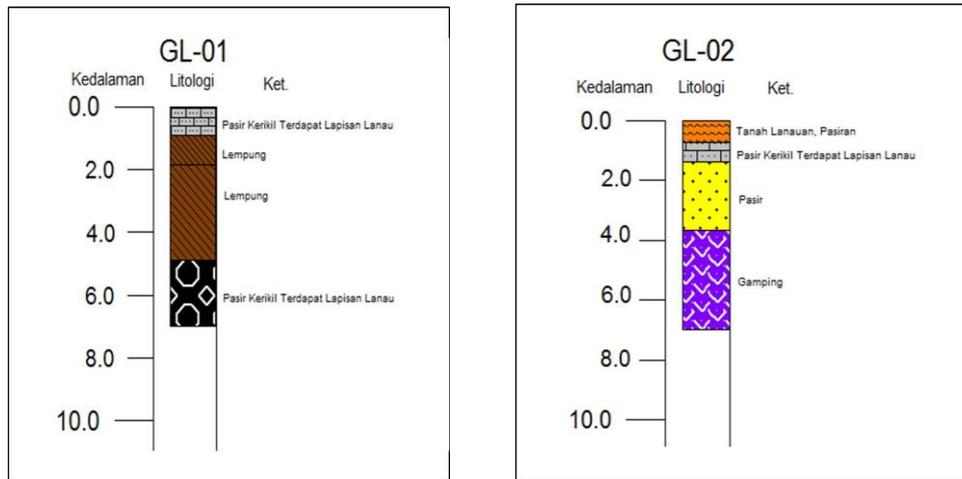
Tabel 2. Hasil Perhitungan dan Interpretasi Batuan di Lokasi Penelitian

No. Titik	Lapisan	Hasil Penafsiran			Perkiraan Litologi
		Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas ($\Omega \cdot m$)	
GL-01	1	0 - 0,92	0,92	250	Pasir kerikil terdapat lapisan lanau
	2	0,92 - 1,83	0,91	9,47	Lempung
	3	1,83 - 4,9	3,07	5,37	Lempung
	4	4,9 - ~	~	8075	Batuan dasar taklapuk
GL-02	1	0 - 0,75	0,75	101,86	Tanah lanauan, Pasiran
	2	0,75 - 1,37	0,62	461,19	Pasir kerikil terdapat lapisan lanau
	3	1,37 - 3,68	2,31	30,587	Pasir
	4	3,68 - ~	~	14901	Gamping

Pembahasan

Pada titik survey GL-01 lokasi perkebunan penduduk Wara Sia dengan arah bentangan geolistrik U – S sepanjang (1 x 100) meter dan kondisi permukaan kering. Pendugaan geolistrik

terdapat empat jenis batuan yaitu : pasir kerikil terdapat lapisan lanau dengan ketebalan 0,92 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 250 Ω .m yang merupakan lapisan pertama. Lempung mulai dari kedalaman 0,92 meter dengan ketebalan 0,91 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 9,47 Ω .m sebagai lapisan kedua. Lempung pasiran mulai dari kedalaman 1,83 meter dengan ketebalan 3,07 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 5,37 Ω .m, dan batuan taklapuk mulai dari kedalaman 4,9 meter dan nilai resistivitasnya adalah 8075 Ω .m merupakan lapisan keempat.



Gambar 10. Penampang Litologi masing-masing Lintasan/Titik *Sounding*

Pada titik survey GL-02 lokasi ± 300 meter dari pemukiman penduduk Wara Sia dengan arah bentangan geolistrik U – S sepanjang (1 x 100) meter dan kondisi permukaan kering. Pendugaan geolistrik terdapat empat jenis batuan yaitu : lanau pasiran dengan ketebalan 0,75 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 101,86 Ω .m yang merupakan lapisan pertama. Pasir kerikil terdapat lapisan lanau mulai dari kedalaman 0,75 meter dengan ketebalan 0,62 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 461,19 Ω .m sebagai lapisan kedua. Pasiran mulai dari kedalaman 1,37 meter dengan ketebalan 2,31 meter dan nilai resistivitasnya adalah sebesar 30,587 Ω .m, dan gamping mulai dari kedalaman 3,68 meter dan nilai resistivitasnya adalah 14901 Ω .m merupakan lapisan keempat.

Sesuai dengan peta geologi dan topografi, pulau Ambon tersusun atas bahan alluvium dan korakkalk. Antara daerah pantai dan daerah perbukitan dominan tersusun atas bahan alluvium (10-800 Ω .m) dan batu gamping (300-1000 Ω .m), artinya kandungan batuan di bawah permukaan tanahnya terdiri dari komponen-komponen satuan batuan alluvium yaitu lempung (*clay*), lanau (*silt*), pasir (*sand*), kerakal (*pobble*), dan kerikil (*gravel*). Sedangkan kemiringan lereng sekitar sungai yang lebih dari 25⁰ di hampir seluruh wilayah survey, dengan lebar sungai ± 3 hingga 5 meter. Sifat-sifat proses dan kondisi alamiah yang terjadi adalah mudah erosi atau gerakan tanah sering terjadi dan proses denudasional sering terjadi.

PENUTUP

Dari hasil perhitungan dan interpretasi batuan kemudian setelah dipadukan dengan peta geologi dan topografi pulau Ambon, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari dua titik *sounding*, masing-masing terdapat empat jenis batuan yaitu pasir kerikil terdapat lapisan lanau, lempung, lempung pasiran, dan batuan dasar taklapuk pada GL-01, dan tanah lanau pasiran, pasir kerikil, pasiran, dan gamping pada GL-02 dengan ketebalan 0 - 3,07 meter.
2. Kemiringan lereng sekitar sungai lebih dari 25° di hampir seluruh wilayah survey/penelitian sekitar area hutan desa Galala dan $\pm 1,92$ pada sekitar pemukiman penduduk Wara Sia dengan lebar sungai ± 3 hingga 5 meter (gambar 8). Kontur yang dibuat memberikan informasi bahwa ketinggian lokasi survey/penelitian ± 59 hingga 100 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- Griffith, D. J., 1982. *Introduction to Elementary Particles*, John Wiley and Sons, New York.
- Indriana, R. D. dan Danusaputro, H., 2006. Uji Nilai Tahanan Jenis Polutan Air Laut Dengan Metode Ohmik dan Geolistrik Tahanan Jenis Skala Laboratorium. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Diponegoro.
- Loke, M. H., 2004, *2-D and 3-D Electrical Imaging Survey*; Tutorial, Penang, Malasya.
- Loke, M. H, Barker , R. D., 1996. *Rapid Least Squares Inversion of Apparent Resistivity Seudosection by a Quasi-Newton Method*. Geophysical Prospecting.
- Noor, D. 2006. *Geologi Lingkungan*. Jakarta : Graha Ilmu.
- Sakka. 2002. Pendugaan Lapisan Bawah Permukaan (Bumi) Menggunakan Metode Geofisika Eksplorasi. Makassar : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanudin.
- Reynolds, J. M., 1997. *An Introduction to Appied and Environmental Geophysics*. New York: John Wiley and Sons.