

Analisis Struktur Bawah Permukaan Tanah Daerah Rawan Kerusakan Jalan di Tanjakan Semboja Kabupaten Sanggau dengan Metode Geolistrik Resistivitas

Rina Apriani*, Muliadi, Zulfian

Program Studi Geofisika, FMIPA Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak

*Email: rineapr94@gmail.com

(Diterima 24 Februari 2021; Disetujui 25 Maret 2021; Dipublikasikan 1 April 2021)

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang struktur bawah permukaan tanah di Tanjakan Semboja Kabupaten Sanggau. Ruas jalan di tanjakan Semboja ini sering mengalami kerusakan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner-Schlumberger*. Lintasan yang digunakan sebanyak 4 buah lintasan yang masing-masing memiliki panjang 75 m. Berdasarkan penampang resistivitas, struktur bawah permukaan Lintasan 1 dengan nilai resistivitas 24,87 – 76,5 Ω m adalah tanah lanau pasiran basah dengan ketebalan 3,14 m dan tanah lanau pasiran kering dengan ketebalan 8,01 m. Lintasan 2 dengan nilai resistivitas 0,667 – 2211,83 Ω m diidentifikasi sebagai lapisan tanah lempung lanau basah lembek, lanau pasiran, lempung berbatu, pasir berkerikil dan batu pasir. Lapisan tanah lempung lanau basah lembek dengan ketebalan 9,9 m diduga sebagai penyebab jalan pada Lintasan 2 rentan terhadap kerusakan karena sifat lapisan tanahnya yang *expansive*. Lintasan 3 dengan nilai resistivitas 7,452 – 135,783 Ω m diidentifikasi sebagai lapisan tanah lempung lanau basah lembek bercampur pasir dengan ketebalan 4,2 – 8,3 m dan lapisan tanah lanau pasiran kering dengan ketebalan 2,5 – 3,8 m. Lapisan tanah lempung lanau basah lembek bercampur pasir diduga penyebab kerusakan pada Lintasan 3. Lintasan 4 dengan nilai resistivitas 19,15 – 158,72 Ω m diidentifikasi sebagai lapisan tanah lanau pasiran basah dengan ketebalan 6 – 9,9 m dan lapisan tanah lanau pasiran bercampur lempung berbatu dengan ketebalan 1,25 – 9,58 m. Lapisan tanah lanau pasiran basah diduga penyebab kerusakan pada Lintasan 4. Daerah yang sering mengalami kerusakan pada tanjakan Semboja memiliki struktur lapisan tanah lempung lanau basah lembek dan lapisan tanah lanau pasiran basah dengan nilai resistivitas 15 – 35,7 Ω m. Lapisan dengan sifat *expansive* ini memiliki ketebalan yang lebih besar dari lapisan yang tidak *expansive*.

Kata Kunci: metode geolistrik, resistivitas, *Wenner-Schlumberger*, tanjakan Semboja

1. Latar Belakang

Jalan raya adalah salah satu prasarana transportasi yang paling banyak dipergunakan untuk menunjang perekonomian maupun kegiatan-kegiatan manusia sehari-hari. Kondisi jalan yang baik akan memudahkan mobilitas penduduk dalam mengadakan hubungan perekonomian dan kegiatan sosial lainnya. Sedangkan jika terjadi kerusakan jalan akan berakibat bukan hanya terhalangnya kegiatan ekonomi dan sosial namun dapat terjadi kecelakaan [1].

Jalan Jenderal Sudirman merupakan jalan nasional yang berada di Kecamatan Kapuas Kabupaten Sanggau. Jalan ini menjadi penghubung utama antara kota Sanggau dan kota Pontianak, sehingga volume lalu lintas di jalan tersebut cukup padat. Volume lalu lintas yang padat tersebut

menyebabkan jalan Jenderal Sudirman sering mengalami kerusakan khususnya pada ruas jalan tanjakan Semboja.

Setyawan dan Utama serta Wafi, dkk berhasil mengidentifikasi zona lemah dan lapisan penyebab terjadinya patahan dangkal (retakan menggunakan metode geolistrik resistivitas. Marjuni, dkk juga menggunakan metode geolistrik resistivitas untuk mengetahui lapisan tanah dan zona lemah penyebab permukaan jalan rentan mengalami kerusakan. Lapisan tanah sebagai zona lemah tersebut berupa lapisan tanah jenuh air yang tersusun oleh tanah lempung basah lembek dan lanau basah lembek [2].

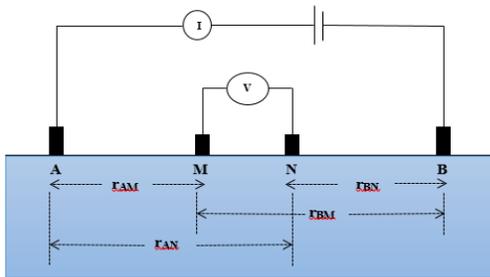
Analisis struktur bawah permukaan daerah rawan kerusakan jalan di tanjakan Semboja Kabupaten Sanggau dilakukan dengan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Wenner-*

Schlumberger. Informasi struktur bawah permukaan tanah daerah rawan kerusakan jalan di tanjakan Semboja tersebut dapat dimanfaatkan untuk pembangunan atau perbaikan di ruas jalan tersebut.

2. Metodologi

2.1 Metode Geolistrik Resistivitas

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang memanfaatkan sifat kelistrikan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi [3]. Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam eksplorasi geolistrik. Metode ini digunakan untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan dengan mempelajari resistivitas listrik dari lapisan batuan didalam bumi, dimana bumi tersusun atas batuan yang memiliki daya hantar listrik yang berbeda-beda [4]. Pengukuran resistivitas dilakukan dengan cara menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui dua elektroda arus, dan mengukur beda tegangan yang dihasilkan dengan dua elektroda potensial.



Gambar 1. Konfigurasi 4 buah elektroda [5].

Beda potensial listrik antara elektroda M dan N adalah sebesar [5] :

$$\Delta V = \rho \frac{I}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} \right) - \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BN}} \right) \right\} \quad (1)$$

ΔV adalah beda potensial listrik elektroda M dan N (V), I adalah kuat arus yang melalui elektroda A dan B (A), ρ adalah resistivitas bahan (Ωm), r_{AM} adalah jarak antara elektroda arus A dan elektroda potensial M (m), r_{BM} adalah jarak antara elektroda arus B dan elektroda potensial M (m), r_{AN} adalah jarak antara elektroda arus A dan elektroda

potensial N (m) dan r_{BN} adalah jarak antara elektroda arus B dan elektroda potensial N (m).

2.2 Konfigurasi *Wenner-Schlumberger*

Konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah konfigurasi dengan sistem aturan spasi yang konstan dengan catatan faktor “n” untuk konfigurasi ini adalah perbandingan jarak antara elektroda A-M (atau B-N) adalah $2na+a$. Proses penentuan resistivitas menggunakan 4 buah elektroda yang diletakkan dalam sebuah garis lurus. Adapun nilai faktor geometri (K) konfigurasi *Wenner-Schlumberger* adalah [6] :

$$K = \pi n(n + 1)a \quad (2)$$

Faktor geometri (K) yaitu besaran koreksi letak kedua elektroda potensial terhadap letak kedua elektroda arus.

$$K = \frac{2\pi}{\left\{ \left(\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} \right) - \left(\frac{1}{r_{AN}} - \frac{1}{r_{BN}} \right) \right\}} \quad (3)$$

2.3 Resistivitas Semu

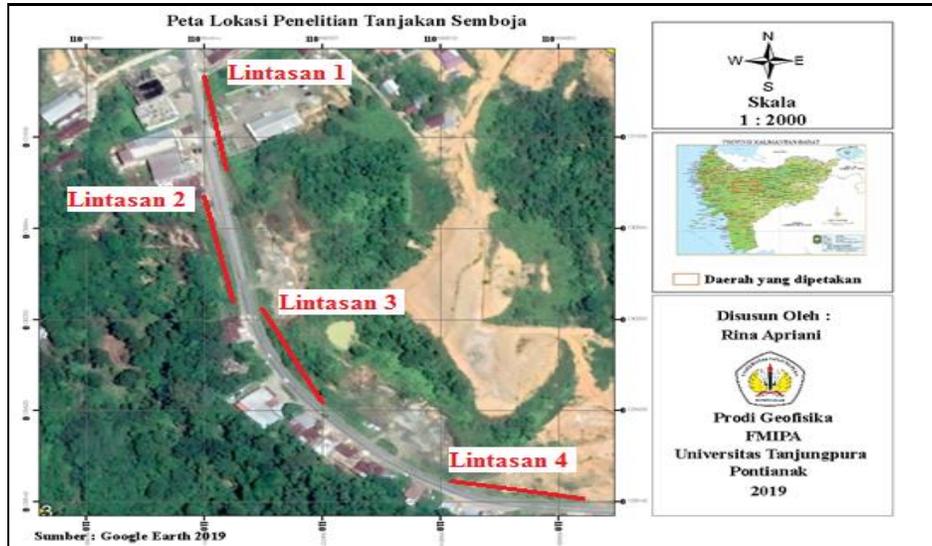
Metode geolistrik resistivitas didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis yaitu menganggap bahwa resistivitas yang terukur merupakan resistivitas yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya bumi tersusun atas lapisan-lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Nilai resistivitas yang terukur bukan merupakan nilai resistivitas yang sebenarnya. Resistivitas yang terukur dikenal sebagai resistivitas semu (ρ_a). Besar resistivitas semu dapat dinyatakan dalam bentuk [7] :

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (4)$$

dimana ρ_a adalah resistivitas semu (Ωm), K adalah faktor geometri (Persamaan 3), ΔV adalah beda potensial (V) dan I adalah kuat arus (A).

2.4 Akuisisi dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan di ruas jalan tanjakan Semboja, Kecamatan Kapuas, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat.



Gambar 2. Lokasi dan lintasan penelitian

Pengambilan data geolistrik resistivitas dengan konfigurasi *Wenner-Schlumberger* pada penelitian ini menggunakan alat *Automatic Resistivity System (ARES) Multielectrode*. Setiap lintasan memiliki panjang 75 m dengan spasi elektroda 5 m. Lintasan 1, 3 dan 4 berada pada sebelah kanan bahu jalan, sedangkan lintasan 2 berada pada sebelah kiri bahu jalan.

Pengambilan data dilapangan menghasilkan data resistivitas semu tanah bawah permukaan yang kemudian diinversikan dengan *software RES2DINV*. Setelah diinversikan maka didapatkan penampang resistivitas 2D bawah permukaan tanah setiap lintasan. Melalui nilai resistivitas pada penampang resistivitas 2D, dapat diidentifikasi jenis lapisan tanah sesuai dengan tabel 1 berikut.

Tabel 1. Harga resistivitas jenis tanah atau batuan (Sumber : [2])

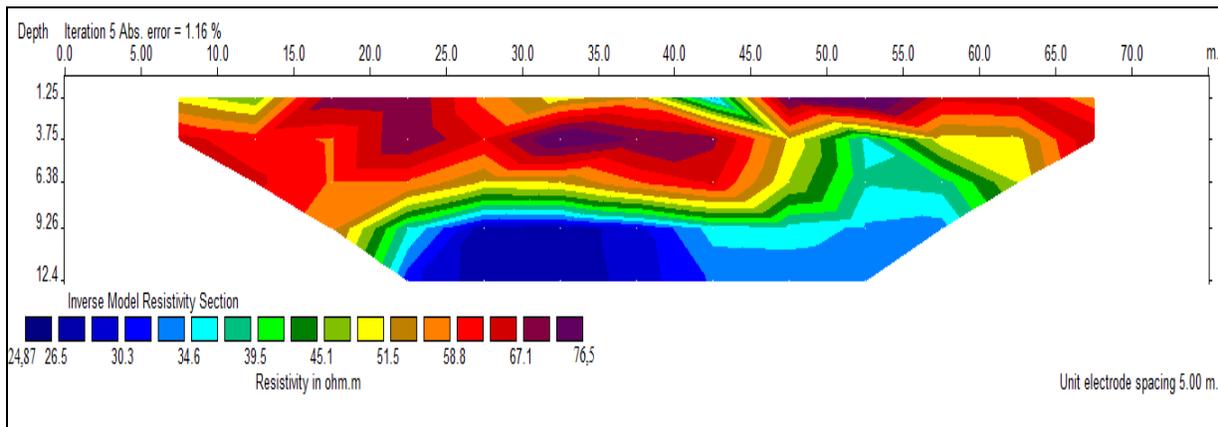
Jenis tanah (batuan)	Resistivitas (Ωm)
Tanah lempungan basah lembek (lempung debuan)	1,5 - 3,0
Lempung lanauan dan lanauan basah lembek	3,0 - 15
Tanah lanauan pasiran	15 - 150
Tanah lanauan basah	15 - 35,7
Lempung berbatu (batuan dasar berkekar yang berisi tanah lembab)	150 - 300
Pasir berkerikil bercampur lanau	± 300
Batuan dasar berisi tanah kering	300 - 2400
Batuan dasar tak lapuk	> 2400

3. Hasil dan Pembahasan

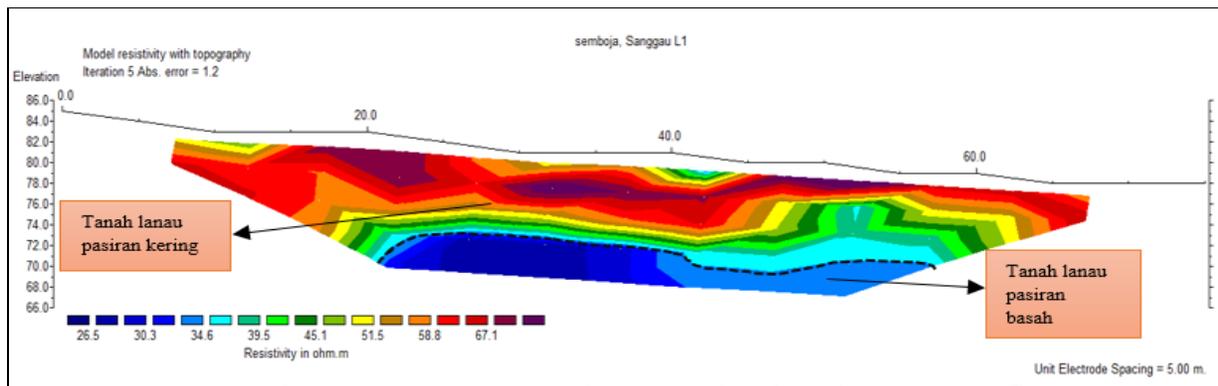
3.1 Analisis Penampang Resistivitas Lintasan 1

Lintasan 1 memiliki arah N 171° E dengan koordinat elektroda pertama 0°7'55.42" LU 110°33'52.84" BT dan elektroda terakhir berada pada koordinat 0°7'52.96" LU 110°33'53.23" BT. Elektroda pertama pada Lintasan 1 memiliki elevasi 85 m, sedangkan elektroda terakhir memiliki elevasi 78 m.

Gambar 3 berikut merupakan penampang resistivitas 2D hasil inversi pada Lintasan 1. Kedalaman yang didapatkan pada penampang adalah 12,4 m. Iterasi dilakukan sebanyak 5 kali dengan *RMS-error* sebesar 1,16%. Rentang nilai resistivitas pada Lintasan 1 adalah 24,87 – 76,5 Ωm.



(a)



(b)

Gambar 3. (a). Penampang resistivitas 2D Lintasan 1

(b). Penampang resistivitas 2D Lintasan 1 dengan informasi topografi

Rentang nilai resistivitas 24,87 – 34,6 Ωm diidentifikasi sebagai lapisan tanah lanau pasiran basah. Lapisan ini berada pada kedalaman 9,26 – 12,4 m. Lapisan ini bersifat lebih konduktif karena adanya pengaruh kadar air. Sedangkan pada

lapisan diatasnya, yakni pada kedalaman 1,25 – 10,83 Ωm dengan nilai resistivitas 34,6 – 76,5 Ωm diidentifikasi sebagai lapisan tanah lanau pasiran kering. Tanah lanau merupakan struktur tanah dengan campuran antara lempung, pasir dan debu.

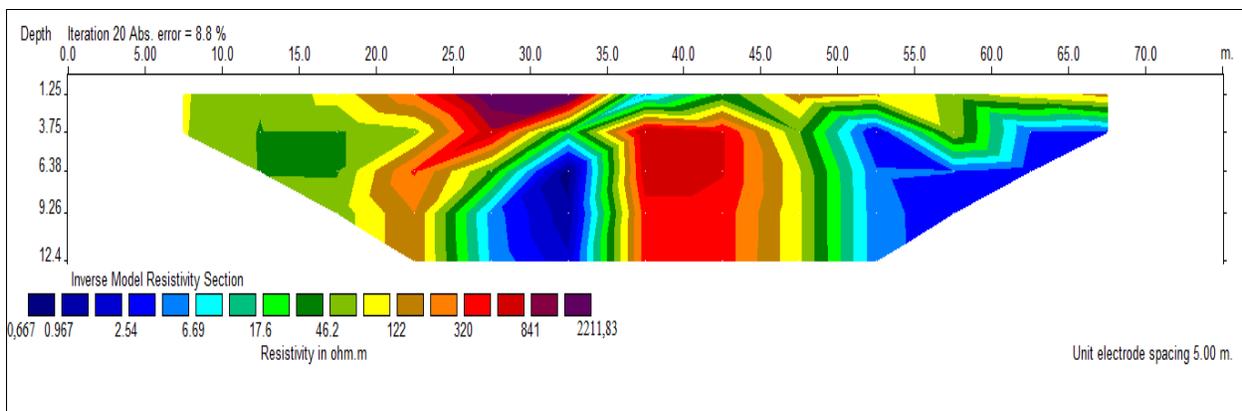
Sedangkan tanah lanau pasiran adalah tanah lanau dengan kandungan pasir lebih banyak. Tanah lanau memiliki sifat permeabilitas rendah, sehingga sulit untuk meloloskan air. Pasir memiliki sifat permeabilitas tinggi yang memudahkannya untuk meloloskan air.

Lintasan 1 merupakan daerah yang tidak rentan terhadap kerusakan. Hal ini bisa terlihat dari jenis lapisan tanah yang berada dibawah permukaannya. Tanah lanau pasiran basah yang memiliki kadar air berada pada bagian bawah permukaan dengan ketebalan lapisan yang tidak lebih dari lapisan lanau pasiran kering yang berada pada bagian atas lapisan bawah permukaan.

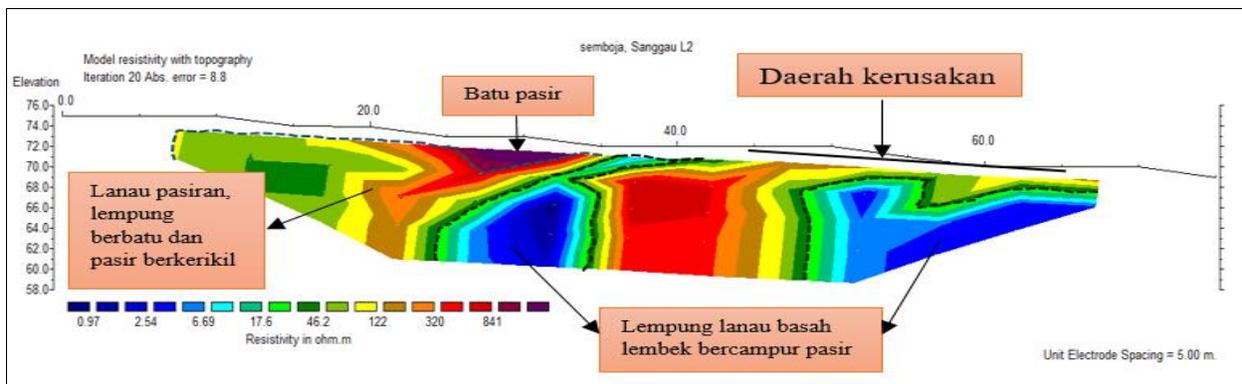
3.2 Analisis Penampang Resistivitas Lintasan 2

Lintasan 2 memiliki arah N 163° E dengan koordinat elektroda pertama 0°7'52.21" LU 110°33'52.78" BT dan elektroda terakhir berada pada koordinat 0°7'49.89" LU 110°33'53.48" BT. Elektroda pertama pada lintasan 2 memiliki elevasi 75 m, sedangkan elektroda terakhir memiliki elevasi 69 m.

Gambar 4 merupakan penampang resistivitas 2D hasil inversi *software RES2DINV* pada Lintasan 2. Iterasi dilakukan sebanyak 20 kali untuk memperkecil *RMS-error* menjadi 8,8 %. Kedalaman yang didapatkan pada penampang adalah 12,4 m. rentang nilai resistivitas pada Lintasan 2 terbilang cukup besar yaitu 0,667 – 2211,83 Ωm.



(a)



(b)

Gambar 4. (a). Penampang resistivitas 2D Lintasan 2
(b). Penampang resistivitas 2D Lintasan 2 dengan informasi topografi

Nilai resistivitas antara 0,667 – 31,9 Ω m diidentifikasi sebagai lapisan tanah lempung lanau basah lembek bercampur pasir dan adanya air tanah. Lapisan ini berada pada kedalaman 1,25 – 12,4 m. Butiran tanah pada lapisan ini sangat halus dan lekat dikarenakan pengaruh kadar air yang tinggi. Lapisan tanah ini merupakan lapisan tanah yang bersifat *expansive*, yang artinya sangat mudah terpengaruh oleh kadar air tinggi (jenuh air) dan akan sangat mudah menyusut jika kadar air rendah(kering). Lapisan tanah dengan sifat *expansive* sangat tidak menguntungkan bagi konstruksi jalan.

Selanjutnya nilai resistivitas dengan rentang 31,9 – 841 Ω m diidentifikasi sebagai lapisan tanah lanau pasir kering, lempung berbatu dan pasir berkerikil. Lapisan ini berada pada kedalaman 1,25 – 12,4 m. Lapisan ini lebih stabil dan kompak dikarenakan memiliki porositas kecil dan permeabilitas yang tinggi,

Pada lapisan selanjutnya dengan rentang nilai resistivitas 841 – 2211,83 Ω m diidentifikasi sebagai batu pasir. Lapisan ini hanya berada pada permukaan pada meter ke 25 sampai meter ke 33 dari titik awal lintasan. Batu pasir memiliki sifat permeabilitas yang tinggi, sehingga lapisan ini tidak mudah berubah bentuk.

Lintasan 2 merupakan daerah yang rentan mengalami kerusakan, tepatnya pada meter ke 45 – 65 dari titik awal lintasan. Lapisan tanah yang tidak selaras dan adanya lapisan dengan kandungan air tinggi yang cukup tebal hingga sampai kepermukaan menjadi penyebab daerah ini rentan terhadap kerusakan. Topografi jalan yang berupa tanjakan atau bukit juga mempengaruhi aliran air pada lintasan 2 ini.



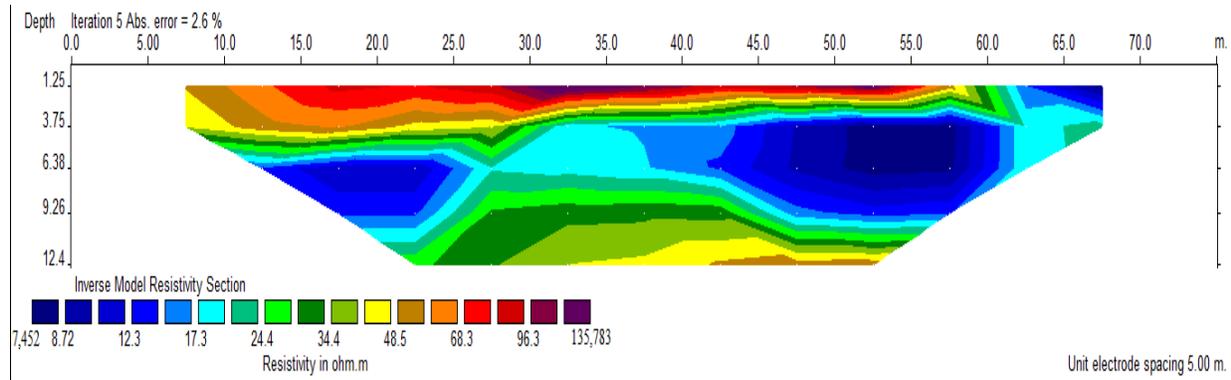
Gambar 5. (a). Kerusakan pada tahun 2013 (Sumber: Tribun Pontianak, 2013)
 (b). Kerusakan pada tahun 2014 (Sumber: AntaraKalbar, 2014)
 (c). Kerusakan pada tahun 2017 (Sumber: Tribun Pontianak, 2017)
 (d). Kerusakan pada tahun 2019 (Sumber: Dokumentasi pribadi)

3.3 Analisis Penampang Resistivitas Lintasan 3

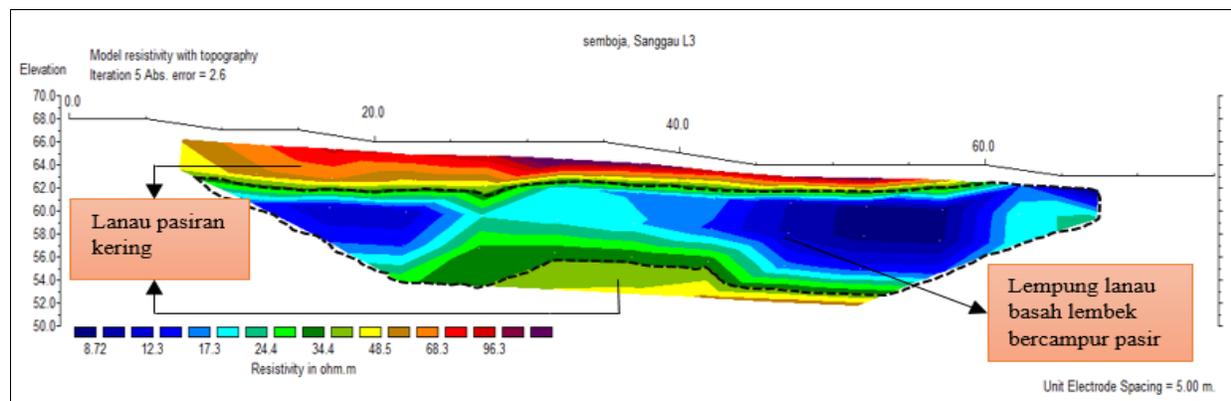
Lintasan 3 memiliki arah N 152° E dengan koordinat elektroda pertama 0°7'49.35" LU 110°33'53.92" BT dan elektroda terakhir berada pada koordinat 0°7'47.22" LU 110°33'55.00" BT. Elektroda pertama pada Lintasan 3 memiliki

elevasi 68 m, sedangkan elektroda terakhir memiliki elevasi 63 m.

Gambar 6 merupakan penampang resistivitas 2D hasil inversi *software RES2DINV* pada Lintasan 3. Iterasi dilakukan sebanyak 5 kali dengan *RMS-error* yang diperoleh sebesar 2,6 %. Rentang nilai resistivitas pada Lintasan 3 adalah 7,452 – 135,783 Ωm.



(a)



(b)

Gambar 6. (a). Penampang resistivitas 2D Lintasan 3

(b). Penampang resistivitas 2D Lintasan 3 dengan informasi topografi

Nilai resistivitas dengan rentang 7,452 – 34,4 Ωm diidentifikasi sebagai lapisan tanah lempung lanau basah lembek bercampur pasir. Lapisan ini menyebar sepanjang Lintasan 3 pada kedalaman 1,25 – 12,4 m. Lapisan ini memiliki kadar air tinggi karena sifat permeabilitas yang rendah serta porositas yang tinggi. Lapisan dengan ketebalan 4,2 – 8,3 m ini diduga sebagai lapisan penyebab

jalan rentan terhadap kerusakan berupa retakan, jalan bergelombang dan berlubang.

Lapisan selanjutnya dengan rentang nilai resistivitas antara 34,4 – 135,783 Ωm diidentifikasi sebagai lapisan tanah lanau pasiran kering. Lapisan ini berada pada kedalaman 1,25 – 6,38 m dan pada kedalaman 7,82 – 12,4 m. Pola penyebarannya merata sepanjang Lintasan 3. Lapisan tanah

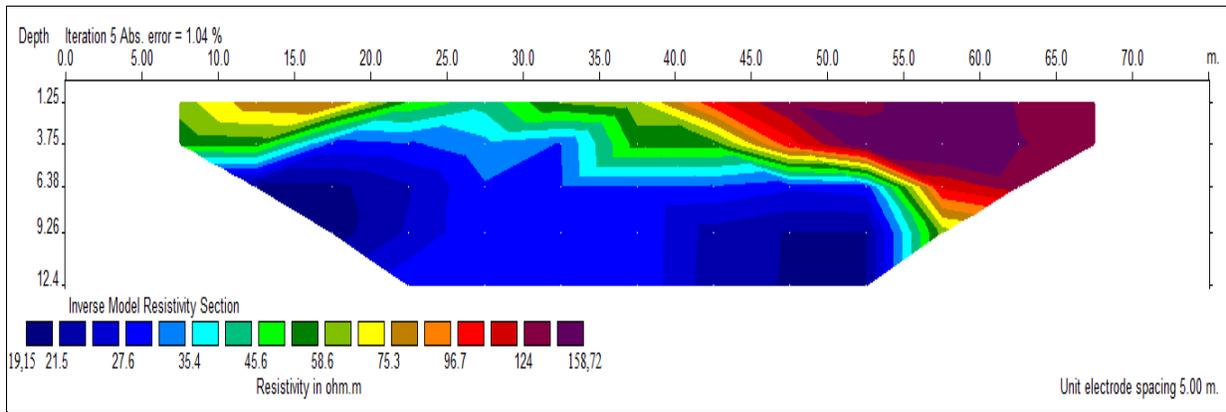
dengan ketebalan 2,5 – 3,8 m ini lebih stabil dan kompak, namun karena tidak lebih tebal dari lapisan jenuh air dibawahnya, maka menyebabkan jalan pada Lintasan ini sering mengalami kerusakan walau tidak begitu parah.

3.4 Analisis Penampang Resistivitas Lintasan 4

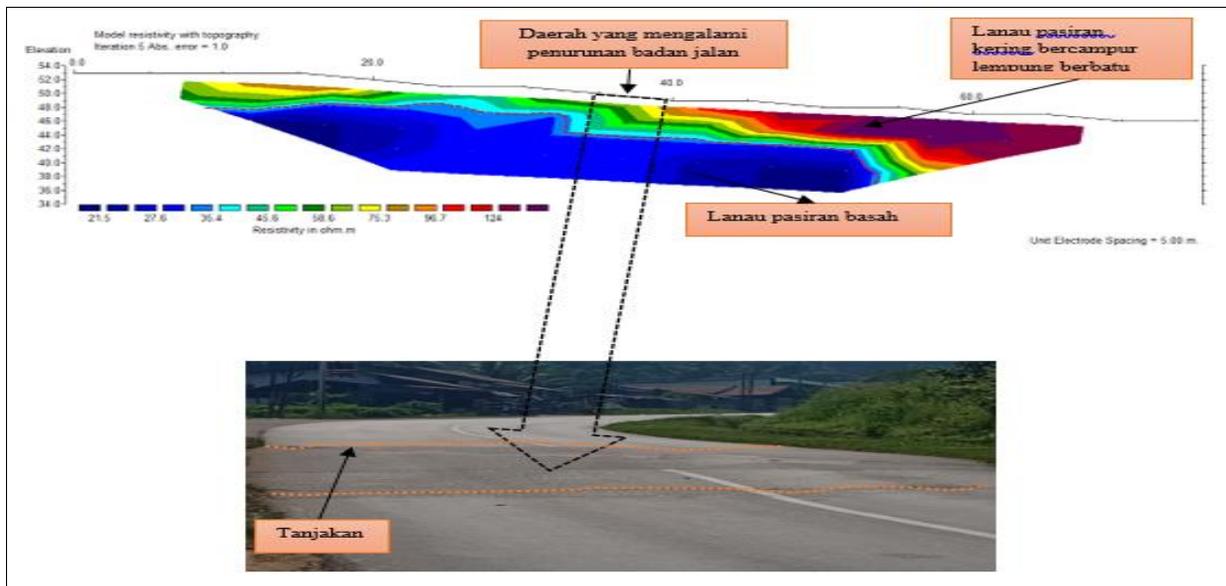
Lintasan 4 memiliki arah N 102° E dengan koordinat elektroda pertama 0°7'44.73" LU 110°33'58.14" BT dan elektroda terakhir berada

pada koordinat 0°7'44.23" LU 110°34'00.49" BT. Elektroda pertama pada Lintasan 4 memiliki elevasi 53 m, sedangkan elektroda terakhir memiliki elevasi 46 m.

Gambar 7 merupakan penampang resistivitas 2d hasil inversi *software RES2DINV* pada Lintasan 4. Iterasi dilakukan sebanyak 5 kali dengan *RMS-error* yang diperoleh sebesar 1,04 %. Rentang nilai resistivitas pada Lintasan 4 adalah 19,15 – 158,72 Ωm.



(a)



(b)

Gambar 7. (a). Penampang resistivitas 2D Lintasan 4
 (b). Penampang resistivitas 2D Lintasan 4 dengan informasi topografi dan kerusakan berupa penurunan badan jalan

Nilai resistivitas dengan rentang 19,15 – 35,4 Ωm diidentifikasi sebagai lapisan tanah lanau pasiran basah. Lapisan ini berada pada kedalaman 2,5 – 12,4 m. Lapisan ini merupakan lapisan dengan kadar air tinggi sehingga mudah mengalami perubahan bentuk. Lapisan dengan ketebalan 6 – 9,9 m ini diduga sebagai lapisan penyebab jalan rentan terhadap kerusakan berupa jalan bergelombang dan penurunan badan jalan.

Selanjutnya untuk lapisan di atasnya dengan nilai resistivitas 35,4 – 158,72 Ωm diidentifikasi sebagai lapisan tanah lanau pasiran kering dan tanah lempung berbatu. Lapisan ini merata sepanjang Lintasan 4 pada kedalaman 1,25 – 10,83 Ωm . Lapisan dengan ketebalan 1,25 – 9,58 m ini cukup kuat dan stabil karena tidak konduktif.

Daerah yang sering mengalami kerusakan berupa penurunan jalan adalah pada meter ke 35 – 40 dari titik awal lintasan. Hal ini dikarenakan lapisan konduktif yang berada dibawah permukaan lebih tebal dari lapisan keras di atasnya dan juga kondisi topografi jalan yang menurun.

Daftar Pustaka

- [1] Udiana, I.M., Saudale, A.R., Pah, J.J.S., Analisa Faktor Penyebab Kerusakan Jalan (Studi Kasus Jalan W.J Lalamentik dan Ruas Jalan Gor Flobamora), Jurnal Teknik Sipil, Volume III NO.1, 2014.
- [2] Marjuni., Wahyono, S.C., Siregar, S.S., Identifikasi Litologi Bawah Permukaan dengan Metode Geolistrik pada Jalan Trans Kalimantan yang Melewati Daerah Rawa Di Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan, Jurnal Fisika FLUX, Volume 12 No.1, 2015.
- [3] Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriiff, R.E. dan Keys, D.A., 1990, Applied Geophysics, Cambridge University Press, USA, 1990
- [4] Karisma, Uci., Pola Distribusi Resistivitas Bawah Permukaan Situs Megalitikum Dengan

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan interpretasi data dengan metode geolistrik resistivitas, maka dapat di simpulkan bahwa lapisan tanah penyebab kerusakan jalan di tanjakan Semboja Kabupaten Sanggau adalah lapisan tanah lempung lanau basah lembek dan lanau pasiran basah (15 – 35,7 Ωm). Dimana lapisan ini memiliki sifat tanah yang *expansive*. Pada Lintasan 2, lapisan tanah lempung lanau basah lembek berada pada kedalaman 1,25 – 12,4 m dengan ketebalan 9,9 m. Pada Lintasan 3, lapisan tanah lempung lanau basah lembek berada pada kedalaman 1,25 – 12,4 m dengan ketebalan 4,2 – 8,3 m. Sedangkan pada Lintasan 4, lapisan tanah lanau pasiran basah berada pada kedalaman 2,5 – 12,4 m dengan ketebalan 6 – 9,9 m. Adanya lapisan *expansive* dibawah permukaan dengan ketebalan melebihi lapisan kuat di permukaan menjadi penyebab jalan rentan terhadap kerusakan.

- Metode Geolistrik RES3D di Kecamatan Grujugan Kabupaten Bondowoso, FMIPA Universitas Jember, Jember, 2013.
- [5] Lowrie, W., Pundamentals Of Gheophysics, Cambrige University Press, Cambrige, 2007.
- [6] Sakka., Metode Geolistrik Tahanan Jenis, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, Makassar, 2001.
- [7] Reynolds, J.M., An Introduction to Applied and Eviromental Geophysics, John Willey and Sons Ltd. Baffins, Chischester, West Sussex PO19 IUD., England, 1997.