

PENCITRAAN RESISTIVITAS 2D BAWAH PERMUKAAN TANAMAN JATI (*Tectona Grandis Sp.*) MENGGUNAKAN KONFIGURASI WENNER (STUDI KASUS: LAHAN TANAMAN JATI DI BELAKANG GEDUNG MIPA UNSOED)

Sehah dan Sugito

Staf Dosen Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik,
Universitas Jenderal Soedirman Jalan dr. Suparno No. 61 Purwokerto
Email: sehahallasimy@yahoo.com

Abstrak

Survei resistivitas 2D telah dilakukan pada lahan tanaman jati di belakang gedung MIPA UNSOED Purwokerto. Tujuan penelitian adalah untuk memahami kondisi bawah permukaan lahan tanaman jati sehingga dapat diketahui kesesuaian antara lahan dengan tanaman jati. Survei dilakukan menggunakan resistivimeter NANIURA NRD 22S. Jenis konfigurasi yang digunakan adalah Wenner dengan spasi elektroda minimum dua meter dan maksimum sepuluh meter. Pengukuran dilakukan pada tiga lintasan, yaitu LJ1, LJ2 dan LJ3 dengan panjang lintasan masing-masing adalah 64 meter, 70 meter, dan 40 meter. Pengolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak RES2DINV 3.57.37 yang hasilnya adalah berupa citra resistivitas 2D bawah permukaan. Kedalaman pemodelan yang diperoleh untuk setiap lintasan adalah 5,37 meter. Interpretasi hidrogeologi didasarkan pada informasi geologi daerah setempat. Hasil interpretasi didigitasi menggunakan perangkat lunak Arc-View GIS 3.3, sehingga diperoleh hasil citra hidrogeologi. Hasil penelitian menunjukkan terdapat dua lapisan batuan pada lintasan LJ1 dan LJ3 yaitu tanah berpasir dan pasir lempungan. Pada lintasan LJ2 terdapat tiga lapisan yaitu tanah berpasir, pasir lempungan dan pasir. Nilai resistivitas tanah berpasir adalah 79,4 – 193,0 Ωm , nilai resistivitas pasir lempungan antara 18,9 – 83,4 Ωm dan resistivitas pasir 15,7 – 31,8 Ωm . Semakin ke bawah kecenderungan nilai resistivitas semakin kecil, yang mengindikasikan kandungan air semakin banyak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan batuan yang ditemukan di lahan jati ini berupa tanah berpasir, pasir lempungan dan pasir. Menurut referensi ketiga lapisan batuan tersebut kurang cocok untuk tanaman jati.

Kata kunci : resistivitas 2D, lahan tanaman jati, bawah permukaan, konfigurasi Wenner.

Abstract

Two dimensional (2D) resistivity survey was conducted on a teak field behind the MIPA building of UNSOED, Purwokerto. The purpose of this research was to know the subsurface condition of the teak field, so that can also determine the suitability of the field to teak plant. The survey was conducted using resistivity-meter NANIURA type NRD 22S. The type of configuration was used is Wenner, with a minimum electrode spacing of two meters and maximum of ten meters. The measurement conducted for three tracks, namely LJ1, LJ2 and LJ3 with length of them self are 64 meters, 70 meters, and 40 meters, with relatively flat topography at an altitude of 110 meters above sea level. Data processing was done using RES2DINV 3.57.37 software that the result is a 2D-image of subsurface resistivity. The depth is obtained for each track is 5.37 meters. Interpretation of hydrogeology refers to local geological information. The result of interpretation is digitized using Arc-View GIS 3.3 in order to obtain final result that is hydro-geological images. The result of research show that at the LJ1 and LJ3 contain two layers of rock, there is sandy soil and clayey sand. At the LJ2 track there are three layers, sandy soil, clayey sand, and sand. The resistivity value of sandy soil is 79.4 – 193.0 Ωm , resistivity of clayey sand is 18.9 – 83.4 Ωm and resistivity of sand is 15.7 – 31.8 Ωm . The more downward tendency of resistivity value is more smaller, which indicates more water content. The results of research show that the layers of rock which is found in the land of teak is sandy soil, clayey sand and sand. According to the reference, the entire layer of rock is less than optimal to plant teak.

Keywords: 2D-resistivity, land of teak plant, sub surface, Wenner configuration.

PENDAHULUAN

Survei resistivitas merupakan survei geofisika yang banyak digunakan pada bidang hidrogeologi, pertambangan, geoteknik dan sebagainya. Survei resistivitas memanfaatkan variasi resistivitas listrik batuan bawah permukaan untuk mendeteksi struktur geologi atau formasi lapisan batuan. Desain peralatan survei resistivitas ini cukup murah, sederhana, ramah lingkungan dan memiliki respons yang cukup tinggi terhadap perubahan resistivitas lapisan batuan bawah permukaan, sehingga cocok digunakan untuk tujuan di atas [1]. Survei resistivitas dilakukan dengan berbagai jenis konfigurasi elektroda. Masing-masing konfigurasi mempunyai keuntungan dan kesensitivitasan tertentu, sehingga dalam akuisisi data ini perlu dipertimbangkan model konfigurasi yang sesuai dengan tujuan penelitian. Untuk survei dua dimensi (2D), konfigurasi Wenner memiliki keunggulan daripada konfigurasi lainnya. Salah satunya adalah ketelitian pembacaan beda potensial yang relatif lebih baik dan interpretasi yang dihasilkan relatif lebih dalam dari konfigurasi lainnya [2].

Selain diaplikasikan pada bidang-bidang di atas, survei resistivitas juga dapat diaplikasikan dalam bidang pertanian. Lugiandari [3] telah melakukan penelitian analisis karakteristik kelistrikan tanah pertanian dengan metode resistivitas. Dalam bidang pertanian termasuk kehutanan, perhatian kepada lingkungan sangat penting, terutama terkait dengan pengoptimalan peran tanaman dalam menunjang konservasi tanah dan air. Oleh karena itu, perlu ada pemahaman yang spesifik tentang peran tanaman dalam menjaga kestabilan tanah dari degradasi dan sedimentasi, serta peran tanaman dalam pengendalian air hujan menjadi air permukaan maupun air bawah permukaan. Survei resistivitas

2D dengan konfigurasi Wenner bisa diterapkan untuk mengamati kondisi hidrogeologi bawah permukaan [4], terutama tanah permukaan dan sebaran air tanah di sekitar jaringan akar tanaman melalui suatu pencitraan *pseudosection* resistivitas 2D. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini tidak hanya penting untuk memperkirakan kestabilan tanah permukaan dan jumlah cadangan air bawah permukaan di sekitar tanaman, namun juga memperlihatkan kesesuaian antara jenis tanah dan tanamannya.

Dalam penelitian ini tanaman yang dipilih sebagai obyek penelitian adalah jati (*Tectona Grandis sp.*). Jati merupakan pohon berbatang keras dan menghasilkan kayu bermutu tinggi. Jati umumnya memiliki tubuh besar, lurus, dan tingginya dapat mencapai 30 – 40 meter. Jati dapat tumbuh di daerah yang bercurah hujan antara 1500 – 2000 mm/tahun dan bertemperatur 27 – 36 °C baik di dataran rendah maupun dataran tinggi. Tempat yang paling baik untuk pertumbuhan jati adalah tanah dengan pH 4,5 – 7,0 dan tidak dibanjiri oleh air. Hutan jati ikut berperan dalam memperbaiki formasi tanah permukaan melalui penyebaran akar-akarnya. Sebaran akar-akar jati berfungsi memperbesar kapasitas infiltrasi tanah dalam mengambil dan menyerap air dan udara bagi keperluan pertumbuhannya, sehingga tanah menjadi subur. Hutan jati mempunyai peran dalam pengendalian air hujan menjadi aliran permukaan maupun bawah permukaan, sehingga dalam sistem tataguna air tanah, hutan jati berperan sebagai penyedia air pada musim kemarau [5].

Target yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah diperoleh gambaran hidrogeologi bawah permukaan, yang meliputi jenis lapisan tanah dan sebaran air tanah di sekitar akar tanaman jati melalui interpretasi *pseudosection* data resistivitas dua dimensi (2D). Survei resistivitas 2D dapat dilakukan

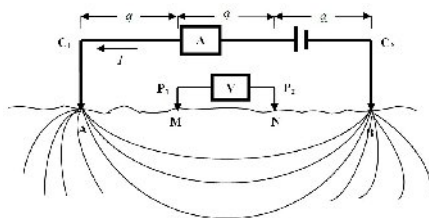
menggunakan konfigurasi *Wenner*. Dalam konfigurasi ini dipergunakan empat buah elektroda, yang terdiri atas dua buah elektroda arus dan dua buah elektroda potensial. Mekanisme pengukuran yang digunakan adalah dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus, kemudian kuat arus maupun beda potensial yang terjadi di permukaan bumi diukur [6]. Resistivitas semu lapisan batuan bawah permukaan (ρ_a) dihitung dari nilai beda potensial (ΔV) dan arus (I) menggunakan persamaan berikut [7]

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

dimana K menyatakan faktor geometri konfigurasi elektroda yang digunakan. Untuk konfigurasi *Wenner*, jarak antar elektroda dibuat sama sehingga nilai faktor geometri dapat dihitung dari persamaan berikut [7]

$$K_{Wen} = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{NB}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{MB}\right)} = 2\pi a \quad (2)$$

dimana $a = AM = MN = NB$ yang menyatakan jarak spasi antar elektroda, seperti terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Susunan elektroda dan sebaran arus dalam medium sampel dengan model konfigurasi *Wenner* [8].

Keterangan Gambar:

- C_1 dan C_2 : elektroda arus pertama dan kedua
- P_1 dan P_2 : elektroda potensial pertama dan kedua
- V : voltmeter (terpadu dengan sistem peralatan)
- A : amperemeter (terpadu dengan sistem peralatan)

Nilai beda potensial dan arus yang diperoleh digunakan untuk menghitung resistivitas semu (*apparent resistivity*, ρ_a) karena medium atau lapisan batuan bawah permukaan tidak homogen isotropik, tetapi terdiri dari beberapa lapisan dengan nilai resistivitas yang berbeda-beda. Dengan mensubstitusikan persamaan (2) ke dalam persamaan (1), maka besarnya nilai resistivitas semu dapat dirumuskan

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan selama 4 (empat) bulan, yaitu dari bulan Agustus hingga Nopember 2010. Pengukuran data dilakukan di lahan tanaman jati di belakang Gedung MIPA UNSOED Purwokerto. Adapun pengolahan dan interpretasi data resistivitas dilakukan di Laboratorium Fisika Komputasi Jurusan MIPA Fakultas Sains dan Teknik (FST) UNSOED, Purwokerto. Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini, terdiri atas peralatan survei yang digunakan di lapangan dan peralatan yang digunakan di laboratorium seperti ditunjukkan pada **Tabel 1**. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Daftar peralatan yang digunakan dalam penelitian

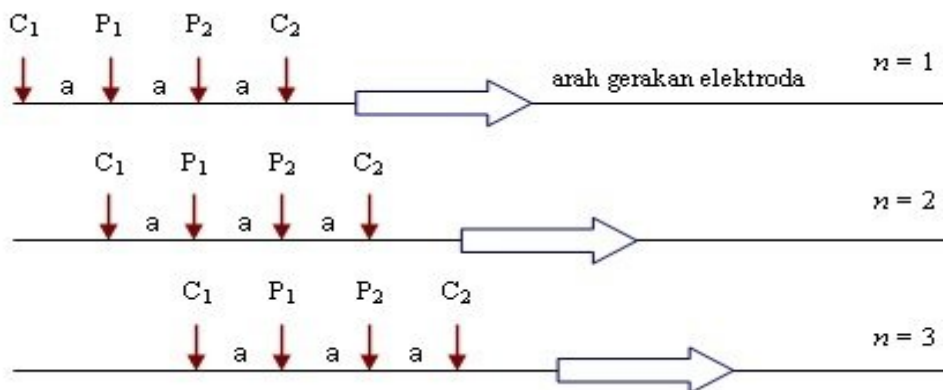
No.	Nama Alat	Jumlah
1	Resistivity Meter, NANIURA model NRD 22S	1 set
2	Multimeter digital	1 buah
3	Elektroda <i>stainless steel</i>	2 buah
4	Elektroda tembaga	2 buah
5	Elektroda besi	2 buah
6	Accu 12 V	2 buah
7	Pita ukur 250 meter	2 buah
8	Kabel 300 meter	2 buah
9	Palu	2 buah
10	Kabel penghubung dan konektor	Secukupnya
11	Kendaraan pengangkut peralatan	1 unit
12	<i>Global Positioning System</i> (GPS)	1 buah
13	Kamera digital	1 buah
14	Laptop lengkap dengan <i>printer</i>	1 set
15	Perangkat lunak (<i>software</i>) Excel 2007	1 set
16	Perangkat lunak (<i>software</i>) Res2Dinv 3.57.37	1 paket
17	Perangkat lunak (<i>software</i>) Arc-View GIS 3.3	1 paket

Tabel 2. Daftar bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian

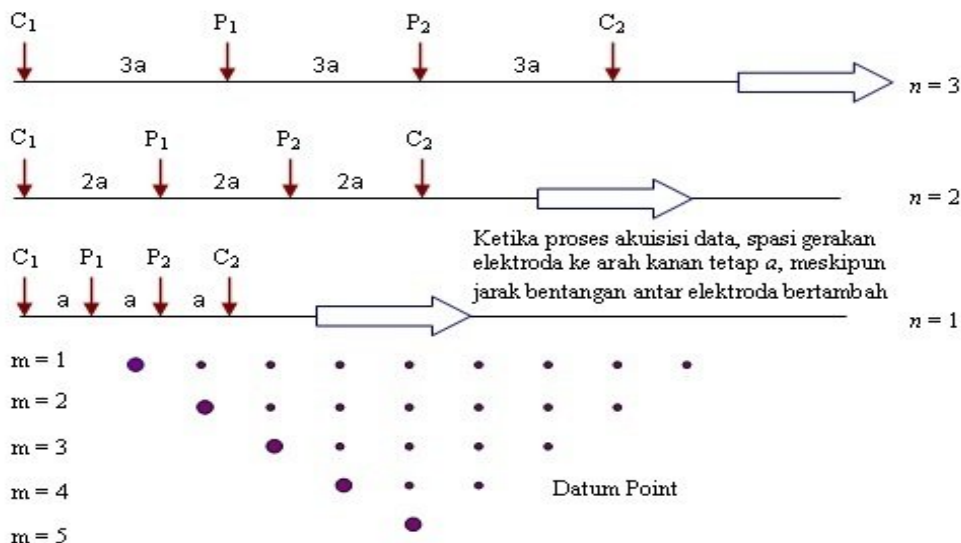
No.	Nama Alat	Jumlah
1	Peta Geologi Lembar Purwokerto – Tegal	1 lembar
2	Peta Potensi Air Tanah Kab. Banyumas	1 lembar

Pengukuran resistivitas dengan konfigurasi *Wenner* dilakukan dengan cara menancapkan elektroda pada permukaan tanah dengan susunan seperti **Gambar 1**. Pada pengukuran pertama, jarak antar elektroda dibuat sama misalnya a , kemudian dilakukan pengukuran arus (I), beda potensial (ΔV), dan jarak bentangan elektroda (a). Setelah itu seluruh elektroda digeser ke arah kanan sejauh a seperti **Gambar 2**, kemudian dilakukan pengukuran kembali terhadap arus, beda potensial dan jarak elektroda. Demikian seterusnya hingga pengukuran ke- n ,

dimana seluruh panjang lintasan pengukuran terpenuhi. Untuk mendapatkan profil resistivitas batuan bawah permukaan secara dua dimensi pada suatu lintasan, maka pengukuran pada lintasan tersebut diulang hingga beberapa kali, dimana setiap pengulangan jarak bentangan elektroda selalu diperlebar seperti **Gambar 3**. Teknik akuisisi data ini merupakan perpaduan antara teknik *lateral mapping* (pemetaan resistivitas secara lateral) dengan teknik *vertical sounding* (pendugaan resistivitas secara vertikal).



Gambar 2. Pergerakan elektroda dalam survei Geolistrik Resistivitas dengan model konfigurasi Wenner.



Gambar 3. Teknik pengukuran dan presentasi data dalam bentuk penampang resistivitas dua dimensi (2D) dalam konfigurasi Wenner.

Setelah diperoleh data kuat arus (I), beda potensial (ΔV), dan jarak bentangan elektroda (a) dari hasil pengukuran, maka selanjutnya dilakukan perhitungan nilai resistivitas semu (ρ_a) untuk seluruh data menggunakan Microsoft Excel 2007. Nilai resistivitas semu yang diperoleh di setiap titik diolah menggunakan perangkat lunak RES2DINV 3.57.37 sehingga dihasilkan citra resistivitas 2D lapisan batuan bawah permukaan. Berdasarkan citra

resistivitas 2D ini, maka dapat dilakukan interpretasi untuk menafsirkan jenis litologi maupun kondisi hidrogeologi lapisan batuan bawah permukaan yang menjadi target survei [9].

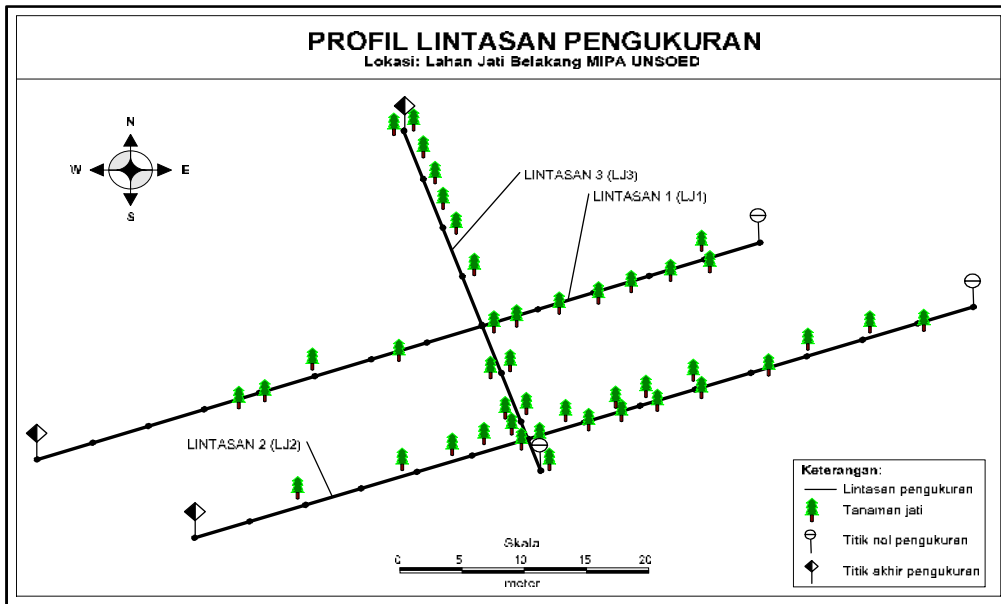
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum pelaksanaan penelitian, terlebih dahulu dilakukan penentuan lintasan pengukuran untuk memperoleh lintasan yang lurus dan banyak ditumbuhi tanaman jati. Hasil penentuan

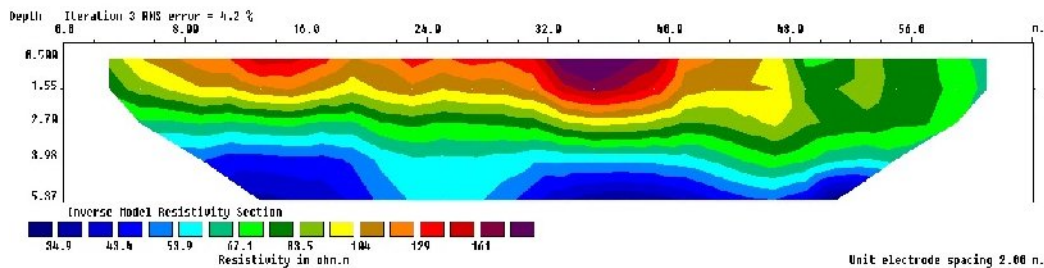
lintasan pengukuran dapat dilihat pada **Gambar 4**, dimana lintasan 1, lintasan 2, dan lintasan 3 secara berurutan diberi nama LJ1, LJ2, dan LJ3. Berdasarkan gambar tersebut diketahui lintasan LJ1 dan lintasan LJ2 adalah sejajar, sedangkan lintasan LJ3 dibtegak lurus terhadap kedua lintasan sebelumnya. Kondisi topografi daerah penelitian relatif datar, sehingga hal ini mempermudah pengolahan data menggunakan perangkat lunak (*software*) RES2DINV.

Lintasan LJ1

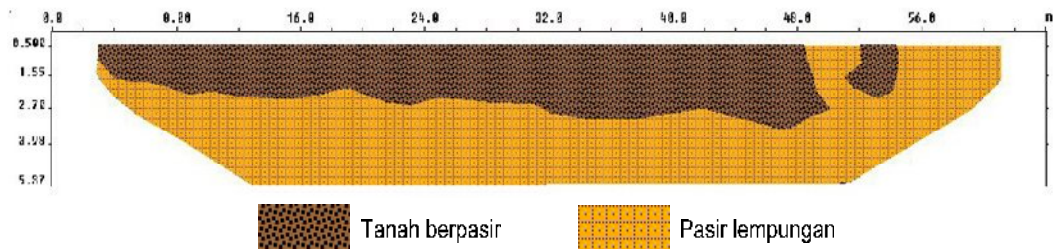
Lintasan LJ1 membentang relatif dari arah barat ke timur, membentuk sudut 70° terhadap arah utara, dengan panjang lintasan 64 meter. Di sepanjang lintasan LJ1 terdapat 12 pohon jati. Pengukuran resistivitas pada lintasan LJ1 menghasilkan 120 data. Hasil citra resistivitas menggunakan perangkat lunak RES2DINV 3.57.37 pada lintasan LJ1 diperlihatkan pada **Gambar 5**. Kedalaman hasil pencitraan resistivitas pada lintasan LJ1 berkisar 0,5 – 5,37 meter, sedangkan nilai resistivitasnya berkisar 34,9 – 161 Ωm dengan RMS error 4,2 %.



Gambar 4. Profil lintasan pengukuran resistivitas 2D di kawasan lahan tanaman jati di belakang gedung MIPA UNSOED.



Gambar 5. Citra resistivitas 2D lapisan batuan bawah permukaan lintasan LJ1.



Gambar 6. Citra hidrogeologi 2D lapisan batuan bawah permukaan lintasan LJ1.

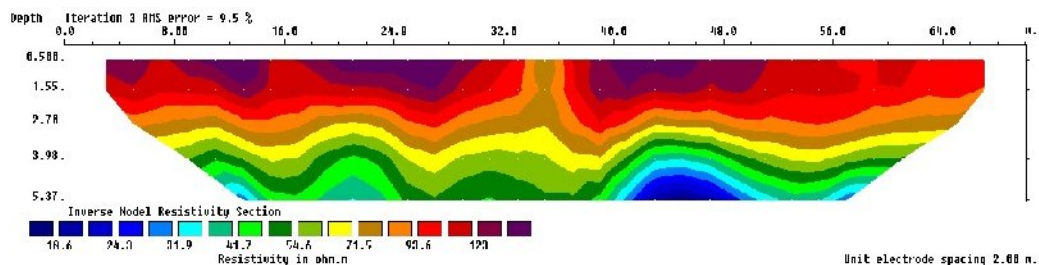
Nilai resistivitas 18,9 – 83,4 Ωm diinterpretasikan sebagai pasir lempungan dan nilai 83,5 Ωm – 193,0 Ωm diduga merupakan tanah berpasir. Kedua lapisan diperkirakan mengandung air resapan. Data hasil interpretasi tersebut diolah dengan perangkat lunak Arc-View GIS 3.3 sehingga dihasilkan citra hidrogeologi 2D lapisan batuan bawah permukaan pada lintasan LJ1 seperti terlihat pada **Gambar 6**. Proses pengolahan data ini tetap mempertimbangkan informasi kondisi geologi di kawasan penelitian [10].

Lintasan LJ2

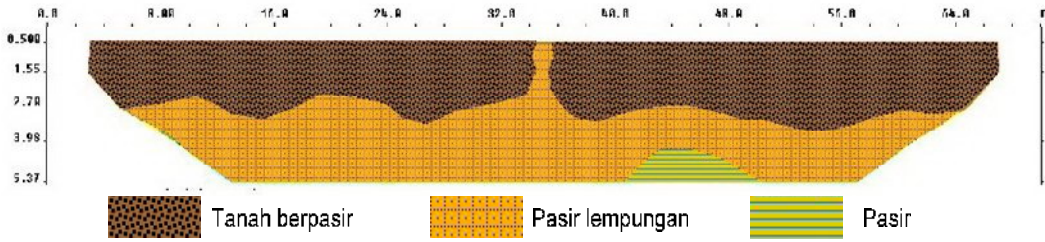
Bentangan lintasan LJ2 sejajar dengan lintasan LJ1, dengan panjang lintasan 70 meter. Di sepanjang lintasan LJ2 terdapat 19 pohon jati. Pengukuran resistivitas yang dilakukan pada lintasan LJ2 ini menghasilkan 135 data. Hasil citra resistivitas menggunakan perangkat

lunak RES2DINV 3.57.37 pada lintasan LJ1 diperlihatkan pada **Gambar 7**. Kedalaman hasil pencitraan resistivitas pada lintasan LJ2 berkisar 0,50 – 5,37 meter, sedangkan nilai resistivitasnya berkisar 18,9 – 123 Ωm dengan RMS error 9,5 %.

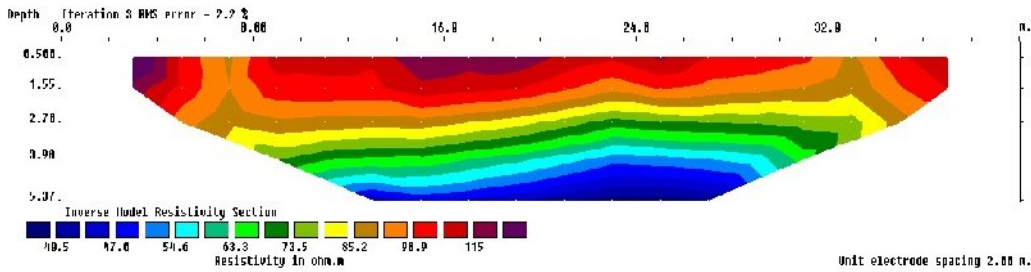
Nilai resistivitas 15,7 – 31,8 Ωm diinterpretasi sebagai pasir, nilai 31,9 – 82,5 Ωm diduga merupakan pasir lempungan, adapun nilai 82,6 – 152,4 Ωm diperkirakan merupakan tanah berpasir. Ketiga lapisan ini diperkirakan mengandung air resapan. Data hasil interpretasi diolah dengan perangkat lunak Arc-View GIS 3.3 sehingga dihasilkan citra hidrogeologi 2D lapisan batuan bawah permukaan pada lintasan LJ2 seperti terlihat pada **Gambar 8**. Sebagaimana lintasan LJ1, proses pengolahan data pada lintasan LJ2 juga mempertimbangkan informasi kondisi geologi di kawasan penelitian [10].



Gambar 7. Citra resistivitas 2D lapisan batuan bawah permukaan lintasan LJ2.



Gambar 8. Citra hidrogeologi 2D lapisan batuan bawah permukaan lintasan LJ2.



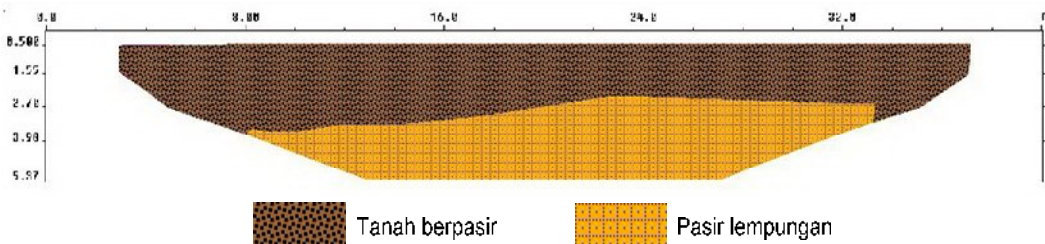
Gambar 9. Citra resistivitas 2D lapisan batuan bawah permukaan lintasan LJ3.

Lintasan LJ3

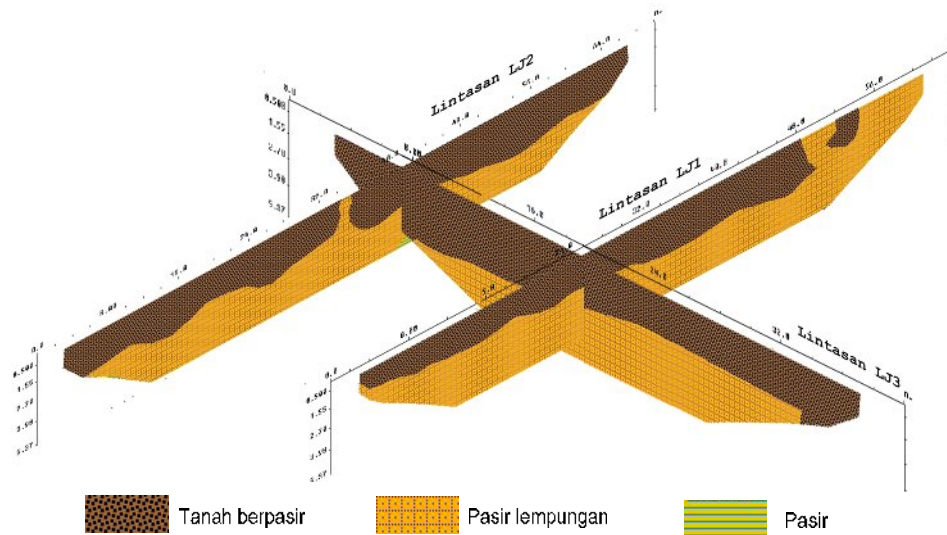
Lintasan LJ3 membentang relatif dari dari selatan ke utara membentuk sudut 20° terhadap arah utara. Lintasan ini melintang hampir tegak lurus terhadap lintasan LJ1 dan lintasan LJ2, dengan panjang lintasan 40 meter. Di sepanjang lintasan LJ3 terdapat 16 pohon jati. Pengukuran resistivitas pada lintasan LJ3 menghasilkan 60 data. Hasil citra resistivitas menggunakan perangkat lunak RES2DINV 3.57.37 pada lintasan LJ1 diperlihatkan pada Gambar 9. Kedalaman hasil pencitraan resistivitas pada lintasan LJ3 berkisar 0,5 – 5,37 meter, sedangkan nilai resistivitasnya

berkisar 37,9 – 110 Ωm dengan RMS error 2,2 %.

Pada lintasan LJ3, nilai resistivitas 37,3 – 79,3 Ωm diperkirakan sebagai pasir lempungan, sedangkan nilai resistivitas 79,4 – 131,1 Ωm diinterpretasi sebagai tanah berpasir. Kedua lapisan batuan ini diperkirakan mengandung air resapan. Data hasil interpretasi diolah dengan perangkat lunak Arc-View GIS 3.3 sehingga dihasilkan citra hidrogeologi 2D lapisan batuan bawah permukaan pada lintasan LJ2 seperti diperlihatkan pada Gambar 10. Sebagaimana lintasan LJ1 dan LJ2, pengolahan data pada lintasan LJ3 juga mempertimbangkan informasi kondisi geologi di kawasan penelitian [10].



Gambar 10. Citra hidrogeologi 2D lapisan batuan bawah permukaan lintasan LJ3.



Gambar 11. Korelasi citra hidrogeologi 2D lapisan batuan bawah permukaan antara lintasan LJ1, LJ2, dan LJ3.

Hasil pencitraan resistivitas bawah permukaan menunjukkan nilai resistivitas daerah penelitian berkisar 15,7 – 193,0 Ωm . Semakin ke bawah, nilai resistivitas batuan cenderung semakin kecil. Hal ini diperkirakan terkait kandungan air yang semakin banyak. Pada lintasan LJ1 dan LJ3 diperoleh struktur batuan yang sama yaitu tanah berpasir dan pasir lempungan. Sedangkan pada lintasan LJ2 terdapat tambahan lapisan pasir, yang diduga terletak di bagian paling bawah. Lahan jati di belakang gedung MIPA UNSOED mempunyai topografi yang relatif datar, dengan ketinggian 110 meter *dpl*. Berdasarkan literatur, tanaman jati dapat tumbuh baik jika ditanam pada lahan dengan jenis *alluvium*, lempung berpasir dan mengandung kapur. Namun di daerah penelitian hanya ditemui lapisan tanah berpasir, pasir lempungan, dan pasir. Dengan demikian, jenis tanah di daerah penelitian kurang optimal untuk pertumbuhan tanaman jati [11]. Korelasi citra hidrogeologi antara lintasan LJ1,

LJ2 dan LJ3 ditunjukkan pada **Gambar 11**.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil yang telah diperoleh dari survei resistivitas 2D untuk pencitraan kondisi hidrogeologi bawah permukaan lahan tanaman jati di belakang gedung MIPA UNSOED dapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Lapisan batuan bawah permukaan di daerah penelitian diinterpretasi terdiri atas tanah berpasir dengan resistivitas 79,4 – 193,0 Ωm , pasir lempungan dengan resistivitas 18,9 – 83,4 Ωm dan pasir dengan resistivitas 15,7 – 31,8 Ωm . Kecenderungan nilai resistivitas semakin ke bawah semakin kecil, yang diperkirakan terkait dengan kandungan air yang semakin banyak.
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis batuan atau tanah yang ditemukan di kawasan lahan tanaman jati di belakang gedung MIPA UNSOED berupa tanah

berpasir, pasir lempungan, dan pasir yang kurang cocok atau optimal untuk pertumbuhan tanaman jati.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada pihak-pihak yang menunjang kelancaran jalannya penelitian ini, baik dari segi pendanaan, peralatan, pemikiran, dan tenaga, terutama kepada Ketua Jurusan MIPA Fakultas Sains dan Teknik UNSOED, Ketua Laboratorium Fisika Komputasi UNSOED, dan mahasiswa Program Studi Fisika yang telah berpartisipasi pada saat akuisisi data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Priyantari dan Wahyono, 2005, Penentuan Bidang Gelincir Tanah Longsor Berdasar Sifat Kelistrikan Bumi, *Jurnal Ilmu Dasar*, Vol.6 No.2, 2005:137 – 141.
- [2]. Suroso, T., T. Yulianto, dan G. Yulianto, 2006, Penggambaran *Pseudosection* Bawah Permukaan Suatu Proses Evapotranspirasi Tanaman Jagung Menggunakan Program Res2Dinv, *Berkala Fisika*, Vol.9, No.3, Juli 2006, hal 119-129.
- [3]. Lugiandari, E., 2008, Analisa Karakteristik Kelistrikan Tanah Pertanian dengan Metode Geolistrik Resistivitas, *Skripsi*, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Jember (UNEJ), Jember.
- [4]. William J. Johnson, 2003, Applications Of The Electrical Resistivity Method For Detection Of Underground Mine Workings, *Geophysical Technologies for Detecting Underground Coal Mine Voids*, Lexington, KY, July 28-30.

- [5]. Supangat, A.B., dan Paimin, 2010, Peran Hutan Tanaman Jati sebagai Pengatur Tata Air: Studi Kasus di SubDAS Kawasan Hutan Jati di KPH Cepu, *Makalah*, Balai Litbang Teknologi Pengelolaan DAS Indonesia Bagian Barat (BP2TPDAS-IBB), Kartasura.
- [6]. Sule, R., Syamsuddin, F., Sitorus, D.A., Sarsito, and I.A., Sadisun, 2007, The Utilization of Resistivity and GPS Methods in Landslide Monitoring: Case Study at Panawangan Area – Ciamis, Indonesia, *Proceedings Joint Convention Bali 2007*.
- [7]. Telford, W.M., Gedaart, L.P., Sheriff, R.E., 1990, *Applied Geophysics*, Cambridge, New York.
- [8]. Azhar dan Handayani, G., 2004, Penerapan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger untuk Penentuan Tahanan Jenis Batubara, *Jurnal Natur Indonesia* 6(2): 122 – 126(2004).
- [9]. Reynolds, J.M., 1997, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Willey and Sons, New York.
- [10]. Djuri, M, *Samodra*, H., Amin, T.C., dan Gafoer, S., 1996, *Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [11]. Tini, N. dan K. Amri. 2002. *Mengebunkan Jati Unggul: Pilihan Investasi Produktif*. Jakarta: Agromedia Pustaka.