

# ***Imaging Lahan Gambut Menggunakan Electrical Resistivity Imaging: Estimasi Cadangan Karbon Gambut pada Agroekosistem Kelapa Sawit***

**Okto Ivansyah, Jaini Fakhruddin, & Muhammad Ali**

*Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Pontianak*

*Jalan Ahmad Yani Pontianak, Indonesia 78124*

*Email: oktoivansyah@yahoo.com*

**Abstrak:** Luas lahan gambut di Indonesia sekitar 14,9 juta hektar dan potensi gambut Kalimantan Barat sebesar 1,6 Juta Hektar. Keberadaan gambut pada suatu bentang lahan menjadi penting peranannya pada konservasi karbon (C), mengingat sebagian besar hutan rawa gambut telah kehilangan vegetasi dan terdegradasi. Oleh karena itu lahan gambut merupakan cadangan karbon yang masih tersisa pada suatu bentang lahan. Estimasi cadangan karbon di Indonesia mencapai 37 Giga ton, dengan cadangan karbon terbesar berada di Sumatera dan Kalimantan yakni masing masing 22,3 dan 11,3 Giga ton (Gt). Penggunaan metode geofisika *Electrical Resistivity Imaging* (ERI) dengan pengamatan langsung menggunakan sampel inti dan analisis C untuk memperkirakan ketebalan gambut dan cadangan C dalam sistem lahan gambut tropis di Kalimantan Barat. Peranan gambut menjadi sangat penting dan bernilai dalam hal cadangan karbon karena berdampak terhadap hilangnya vegetasi akibat penggundulan dan kebakaran hutan. Penelitian ini dilaksanakan pada lahan gambut pada agrosistem kelapa sawit di Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Tujuan penelitian ini untuk meningkatkan estimasi cadangan karbon gambut pada lahan gambut yang telah digunakan untuk agroekosistem kelapa sawit. Hasil penelitian menunjukkan besar cadangan karbon sebesar 11.209,762 ton.

**Kata Kunci:** *Electrical Resistivity Imaging, Lahan Gambut, Cadangan Karbon*

Luas lahan gambut di Indonesia sekitar 14,9 juta hektar dan potensi gambut Kalimantan Barat sebesar 1,6 Juta Hektar. Keberadaan gambut pada suatu bentang lahan menjadi penting peranannya pada konservasi karbon (C), mengingat sebagian besar hutan rawa gambut telah kehilangan vegetasi dan terdegradasi. Oleh karena itu lahan gambut merupakan cadangan karbon yang masih tersisa pada suatu bentang lahan. Estimasi cadangan karbon di Indonesia mencapai 37 Giga ton, dengan cadangan karbon terbesar berada di Sumatera dan Kalimantan yakni masing masing 22,3 dan 11,3 Giga ton (Gt) (Wahyunto, dkk., 2005).

Cadangan karbon gambut mampu mencapai tiga kali jumlah karbon di *pool* vegetasi dan dua kali jumlah karbon di atmosfer. Hasil penelitian Page, dkk. (2010) menunjukkan bahwa cadangan karbon pada

gambut mencapai 8 hingga 20 kali karbon pada vegetasi hutan. Kemampuan bentang lahan dalam membentuk tanah gambut merupakan suatu keuntungan bagi lingkungan lahan, antara lain sebagai cadangan karbon pada *pool* tanah dan sekaligus konservasi karbon.

Metode geofisika dekat permukaan, khususnya *Electrical Resistivity Imaging* (ERI) telah digunakan untuk menyelidiki beberapa aspek stratigrafi lahan gambut dan hidrogeologi (Meyer, 1989; Slater dan Reeve, 2002; Comas dkk., 2011); Namun, belum ada penelitian yang berfokus pada karakterisasi ketebalan gambut menggunakan ERI pada lahan gambut yang telah digunakan untuk agroekosistem kelapa sawit.

Penelitian ini menggunakan metode ERI untuk mendapatkan profil lapisan gambut di Kalimantan Barat yang telah digunakan untuk

agroekosistem kelapa sawit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji potensi ERI dengan memperkirakan ketebalan gambut secara non-invasif dan spasial, kemudian untuk mengevaluasi apakah informasi *imaging* ERI pada komposisi gambut dapat diambil dari metode ini. Penelitian ini dilakukan dengan aplikasi metode geofisika untuk menyelidiki sistem gambut tropis, dan untuk menyoroti potensi ERI dalam meningkatkan akurasi estimasi cadangan gambut C relatif terhadap estimasi yang berasal dari metode *coring* konvensional sehingga dapat memajukan pengetahuan dan memberikan informasi dalam keputusan pengelolaan lahan gambut di Indonesia dan meningkatkan penilaian atas subsidi gambut.

## METODE

Lokasi penelitian berada di lahan perkebunan percontohan Politeknik Negeri Pontianak, Desa Mega Timur Kabupaten Kubu Raya, dan juga di Laboratorium Budidaya Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Pontianak. Lahan penelitian yang akan digunakan adalah lahan milik Politeknik Negeri Pontianak.



**Gambar 1. Lokasi pengambilan data (diambil dari Google Earth, 02 Januari 2018)**

**Pengambilan Data ERI.** Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan dengan metode geolistrik resistivitas. Menggunakan 24 elektroda (elektroda arus dan elektroda tegangan) yang akan dipindahkan dengan jarak yang tetap. Titik pengamatan terletak di tengah atau di antara elektroda tegangan. Elektroda arus akan mengalirkan arus searah yang akan diinjeksikan pada tanah sehingga akan didapatkan beda potensial yang terjadi. Nilai yang didapatkan berupa nilai arus dan tegangan yang kemudian akan dihitung nilai konduktivitasnya.

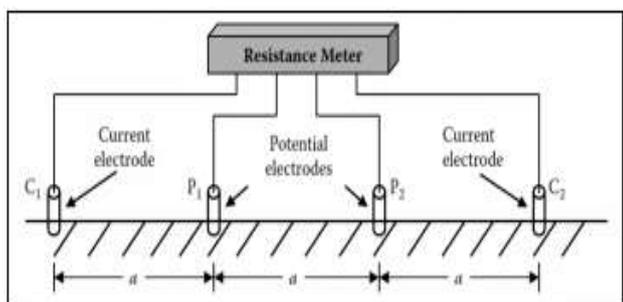
Menghitung konduktivitas tanah dapat dilakukan dengan metode tahanan jenis (resistivitas). Kebalikan dari konduktivitas yang merupakan daya hantar listrik suatu material maka resistivitas merupakan daya hambat suatu material. Menggunakan prinsip hukum Ohm perhitungan resistivitas sebagai berikut (Allred, B.J., dkk, 2008).

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana: V = Tegangan; I = Arus; R = Hambatan.

Metode resistivitas dilakukan dengan menggunakan empat elektroda. Dua elektroda yang digunakan sebagai media untuk menginjeksikan arus listrik searah ke dalam bumi dan dua elektroda lainnya merupakan elektroda potensial yang akan mengukur beda potensial yang terjadi. Metode resistivitas memiliki beberapa konfigurasi salah satunya adalah konfigurasi wenner. Dalam konfigurasi wenner, elektrode arus dan elektrode potensial mempunyai jarak yang sama yaitu  $C1P1 = P1P2 = P2C2 = a$ . Jadi jarak antar elektrode arus adalah tiga kali jarak antar elektrode potensial. Perlu diingat bahwa keempat elektrode dengan titik *datum* harus membentuk satu garis (gambar 2).

Pada resistivitas *mapping*, jarak spasi elektrode tidak berubah-ubah untuk setiap titik *datum* yang diamati (besarnya *a* tetap), sedang pada resistivitas *sounding*, jarak spasi elektrode diperbesar secara bertahap, mulai dari harga *a* kecil sampai harga *a* besar, untuk satu titik *sounding*. Batas pembesaran spasi elektrode ini tergantung pada kemampuan alat yang dipakai. Makin sensitif dan makin besar arus yang dihasilkan alat maka makin leluasa dalam memperbesar jarak spasi elektrode tersebut, sehingga makin dalam lapisan yang terdeteksi atau teramati.



**Gambar 2. Konfigurasi wenner, elektroda C1 dan C2 merupakan elektroda arus, elektroda P1 dan P2 merupakan elektroda potensial dan a merupakan jarak antar elektroda (Allred, B.J., dkk, 2008)**

Konfigurasi wenner memiliki faktor geometri yang dapat dilihat dari persamaan berikut:

$$K = \frac{1}{C_1P_1} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} + \frac{1}{C_2P_2} \dots\dots\dots(2)$$

$$K = \frac{2\pi}{\left\{\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} - \frac{1}{2a} + \frac{1}{a}\right\}} = 2\pi a \dots\dots\dots(3)$$

$$K = 2\pi a \dots\dots\dots(4)$$

Sehingga nilai tahanan jenis untuk konfigurasi Wenner adalah:

$$\rho = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(5)$$

$$\rho = 2\pi a R \dots\dots\dots(6)$$

Setelah mengetahui nilai tahanan jenisnya maka dapat diketahui nilai dari EC

(konduktivitas jenis) yaitu (Allred, B.J., dkk., 2008):

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{2\pi a R} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:  $\rho$  = tahanan jenis ( $\Omega$  m);  $\sigma$  = konduktivitas ( $S m^{-1}$ ).

**Pengambilan Sampel Tanah.** Sampel tanah yang diambil akan digunakan untuk mengetahui bobot isi BD (*bulk density*) dan C – organic. Sampel tanah yang diambil sesuai dengan jumlah titik pengamatan dari penelitian yaitu terdiri dari lintasan dimana setiap lintasan memiliki 6 titik pengamatan sehingga akan berjumlah 24 sampel. Titik kedalaman dari pengambilan sampel tanah juga disesuaikan dengan kedalaman saat proses pengukuran yaitu pada ketebalan gambut. Sampel tanah akan diambil menggunakan bor tanah sehingga dapat menyesuaikan dengan kedalaman yang diinginkan. Selanjutnya sampel tanah akan langsung dibawa ke Laboratorium Budidaya Tanaman Perkebunan untuk dilakukan proses pengujian.

**Pengolahan Data Resistivitas dan Pemetaan.** Data yang didapatkan terdiri dari nilai tegangan dan arus. Kemudian dicari nilai resistivitas jenisnya dengan menggunakan persamaan (5), selanjutnya nilai resistivitas jenis dari lahan pertanian tempat penelitian akan dicari nilai konduktivitas jenis. Proses mendapatkan nilai konduktivitas jenis dapat dilihat pada persamaan (5)-(7) Nilai konduktivitas yang didapatkan akan diolah dengan *software* untuk mendapatkan kontur sebaran nilai resistivitas semunya. Selain nilai resistivitas semu juga akan dibuat pemetaannya. Setelah mendapatkan nilai dari hasil uji laboratorium selanjutnya data yang telah didapatkan akan diolah dengan menggunakan *software* sehingga akan didapatkan peta *Imaging* estimasi cadangan karbon gambut di lahan yang telah digunakan untuk agroekosistem kelapa sawit.

**Perhitungan Cadangan Karbon.**

Perhitungan pendugaan cadangan karbon diawali dengan penetapan bobot isi (BD) yang dilakukan dengan metode gravimetri, dilakukan pembakaran pada sampel tanah gambut menggunakan oven (Mimmert) dengan suhu 105°C ± 24 jam hingga konstan. Setelah diperoleh sampel hasil pembakaran maka perhitungan bobot isi (BD) dapat dilakukan dengan mengetahui berat tanah kering oven (BKTO) dan volume sampel (Modifikasi dari Murdiyono, dkk, 2004 dalam Nuriman, 2009). Persamaan yang digunakan untuk menghitung bobot isi (BD) adalah persamaan (8)

$$BD = \frac{BTKO}{V} \dots\dots\dots (8)$$

dengan: BTKO = Berat Tanah Kering Oven; V = Volume.

Sampel tanah gambut yang telah dimasukkan di oven dengan suhu 105°C ± 24 jam hingga konstan kemudian dimasukkan ke dalam muffle dengan suhu 400°C selama 16 jam. Bobot tanah yang hilang setelah dimasukkan ke dalam muffle adalah bahan organik tanah. Untuk memperoleh kadar bahan organik dapat dihitung menggunakan persamaan (Rakhma, 2002).

$$Kadar\ Bahan\ Organik = \frac{B105 - B400}{B105} \dots\dots\dots (9)$$

dengan: B105 = Bobot tanah setelah dimasukkan dalam oven 105°C – berat cawan; B400 = Bobot tanah setelah dimasukkan dalam muffle – berat cawan.

Kemudian dilakukan proses perhitungan kadar C-Organik, proses dimulai dengan pengabuan sampel tanah gambut sebanyak 100 gram di oven hingga beratnya konstan pada suhu 105°C dan dilanjutkan pembakaran pada sampel tanah gambut yang sudah kering di dalam tanur dengan suhu 500°C. Selanjutnya abu ditimbang hingga dapat diketahui kadar C-Organik dari sampel tanah

gambut tersebut. Hasil kadar C-Organik tersebut dapat dihitung dengan persamaan (10).

$$C = Bahan\ Organik\ Tanah \times 1,724 \dots (10)$$

**Pendugaan Cadangan Karbon dalam Tanah Gambut.** Pendugaan cadangan karbon pada tanah gambut yang telah direklamasi menggunakan persamaan (11)

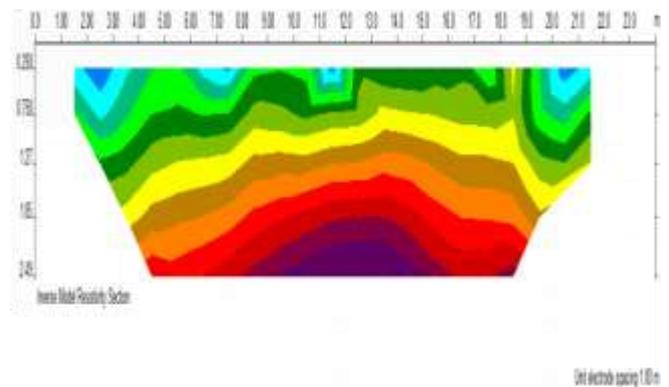
$$CK = B \times V \times C \dots\dots\dots(11)$$

dengan: CK = Cadangan Karbon; B = Bobot isi tanah gambut (BD); V = Volume gambut (m<sup>3</sup>); C = Kadar C – organic.

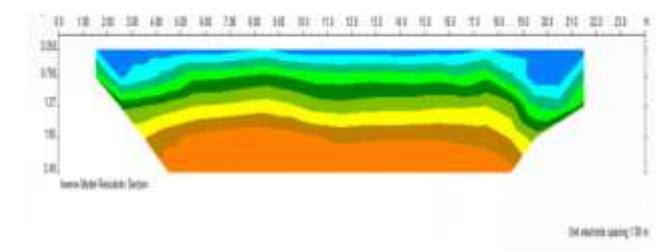
Langkah perhitungan cadangan karbon (C) di bawah permukaan lahan gambut adalah pengukuran luas lahan, pengukuran ketebalan gambut, penentuan tingkat kematangan gambut, bobot isi gambut dan C – organic (Murdiyarto, dkk., 2004).

**HASIL**

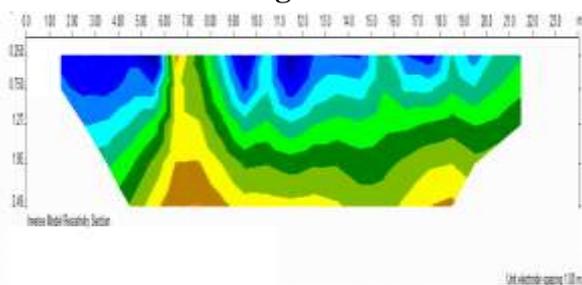
**Data ERI.**



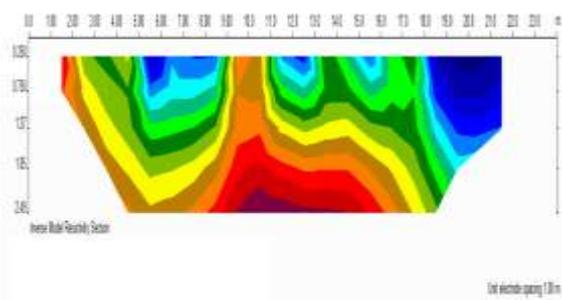
**Gambar 3. Penampang melintang 2D resistivitas tanah gambut Lintasan 1**



**Gambar 4. Penampang melintang 2D resistivitas tanah gambut Lintasan 2**



**Gambar 5. Penampang melintang 2D resistivitas tanah gambut Lintasan 3**



**Gambar 6. Penampang melintang 2D resistivitas tanah gambut Lintasan 4**

Hasil pengukuran *Electrical Resistivity Imaging* (ERI) ditunjukkan oleh gambar 3, gambar 4, gambar 5 dan gambar 6. Data ERI ini menunjukkan nilai sebaran resistivitas pada lahan gambut agroekosistem kelapa sawit di daerah penelitian. Tiap – tiap data ERI mempunyai panjang lintasan sebesar 24 meter dengan spasi antar elektroda sebesar 1 meter dengan kedalaman 2,5 meter untuk semua lintasan data ERI.

Hasil pengukuran ERI pada lintasan 1 menunjukkan lapisan tanah yang lateral, dengan sedikit lahan gambut pada daerah permukaan daerah agroekosistem kelapa sawit (gambar 3). Semakin kedalam, lapisan tanah lateral semakin menunjukkan kondisi lahan yang semakin homogeny. Pada lintasan 2 dari pengukuran ERI (gambar 4), menunjukkan *image* pelapisan tanah lateral yang berlapis. Lapisan lahan gambut di daerah agroekosistem

kelapa sawit dapat dilihat pada permukaan tanah yang tipis, dari ketebalan 25 cm hingga ketebalan 70 cm. Sebaran lapisan gambut yang tipis ini terus diikuti dengan lapisan tanah lainnya dibawah lapisan gambut secara lateral dan menerus. Lintasan 3 dari pengukuran ERI (gambar 5), menunjukkan *image* sebaran lahan gambut yang lebih tebal dibandingkan dengan hasil kedua lintasan sebelumnya. Pada hasil dari lintasan 3 ini, ketebalan gambut dapat dilihat mulai dari 0,75 meter hingga 1,5 meter.

Namun pada daerah – daerah tertentu, ketebalan gambut ini terpotong. Tapi secara keseluruhan pada lintasan 3 hasil pengukuran ERI menunjukkan pola pelapisan lateral yang sama dengan lintasan 1 dan lintasan 2. Tetapi hasil lintasan 3 memiliki lapisan lahan gambut yang lebih tebal dibandingkan dengan dua data sebelumnya. Lintasan 4 merupakan lintasan yang terakhir untuk data ERI (gambar 6), hasil dari pengukuran ini menunjukkan *image* yang relative sama dengan lintasan ke 3. Ketebalan gambut dengan kedalaman mencapai 1,85 meter, dengan pelapisan secara lateral yang terpotong oleh lapisan lainnya. Namun secara keseluruhan dari daerah pengukuran menunjukkan pelapisan lateral, dengan ketebalan lahan gambut mulai dari 0,7 meter hingga kedalaman 1,85 meter.

**Sampel Tanah.** Pada lahan gambut juga dilakukan pengambilan sampel tanah untuk melihat kondisinya. Hasil pengukuran sampel lahan gambut dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Tabel 1 menunjukkan kadar C-organik yang terkandung dalam sampel tanah gambut. Secara umum tingkat kematangan lahan gambut dapat dibagi menjadi 3 jenis, Hemik, Fibrik, dan Saprik. Pada daerah penelitian memiliki tingkat kematangan tanah gambut dengan jenis Hemik. Pada lahan organik gambut perkebunan sawit dengan tingkat kematangan Hemik, memiliki bahan organik

99% dengan kandungan karbon C sebesar 75,42%.

**Tabel 1. Kadar C-organik tanah gambut**

Lahan Organik Gambut	Jenis	Bahan organik (%)	C- (%)
Perkebunan Sawit	Hemik	99	57,42
	Fabrik	99,5	57,71
	Saprik	98,5	57,13

Pada Tabel 2 cadangan karbon pada lahan perkebunan sawit menunjukkan BD sebesar 0,16 (g/cm<sup>3</sup>). Gambut hemik yang terdapat di daerah penelitian memiliki volume sebesar 1.220,15 m<sup>3</sup> dengan luas area kurang lebih 12 Hektar. Lahan gambut pada daerah agroekosistem kelapa sawit di daerah penelitian memiliki cadangan karbon sebesar 11.209,762 ton.

**Tabel 2. Cadangan Karbon Pada Lahan Perkebunan Sawit**

Jenis Gambut	BD (g/cm <sup>3</sup> )	Volum e (m <sup>3</sup> )	C – organic (%)	Cadangan Karbon (ton)
Hemik	0,16	1.220,15	57,42	11.209,762

## PEMBAHASAN

Data pengukuran ERI menunjukkan dengan jelas ketebalan, posisi, dan model pelapisan lahan gambut pada daerah agroekosistem kelapa sawit. Keseluruhan hasil penampang lintasan ERI menunjukkan pola pelapisan yang lateral. Keseluruhan lahan gambut di daerah agroekosistem kelapa sawit memiliki lapisan yang cukup tipis, dapat dilihat dengan jelas pada gambar 3 dan gambar 4 pada penampang melintang 2D resistivitas lintasan 1 dan lintasan 2. Lapisan gambut yang tipis ini diperkirakan karena pengaruh dari daerah agroekosistem yang telah lama ditanami tanaman kelapa sawit. Hal ini dapat dilihat pada

hasil pengukuran lintasan 3 dan lintasan 4, dimana terdapat beberapa daerah lapisan tanah gambut yang terpotong hingga ke permukaan tanah. Kemenerusan lapisan gambut yang terpotong ini diduga oleh terindikasinya oleh tanaman dan akar tanaman kelapa sawit di daerah permukaan.

Penentuan tingkat kematangan lahan gambut ditentukan secara visual di lapangan. Pada lahan gambut daerah penelitian memiliki tingkat kematangan hemik dengan parameter terukur yang dapat dilihat pada table 1 dan table 2. Gambut hemik memiliki bahan organik 99 % dengan kandungan karbon C sebesar 75,42 %. Pada hasil sampel pengukuran lahan gambut diperoleh BD gambut sebesar 0,16 (g/cm<sup>3</sup>).

Gambut hemik yang terdapat di daerah penelitian memiliki volume sebesar 1.220,15 m<sup>3</sup> dengan luas area kurang lebih 12 Hektar. Lahan gambut pada daerah agroekosistem kelapa sawit di daerah penelitian memiliki cadangan karbon sebesar 11.209,762 ton. Cadangan karbon adalah kandungan karbon tersimpan baik itu pada permukaan tanah sebagai biomasa tanaman, sisa tanaman yang sudah mati (nekromasa), maupun dalam tanah sebagai bahan organik tanah. Perubahan wujud karbon ini kemudian menjadi dasar untuk menghitung emisi, dimana sebagian besar unsur karbon (C) yang terurai ke udara biasanya terikat dengan O<sub>2</sub> (oksigen) dan menjadi CO<sub>2</sub> (karbon dioksida). Itulah sebabnya ketika satu hektar hutan menghilang (pohon-pohonnya mati), maka biomasa pohon-pohon tersebut cepat atau lambat akan terurai dan unsur karbonnya terikat ke udara menjadi emisi. Dan ketika satu lahan kosong ditanami tumbuhan, maka akan terjadi proses pengikatan unsur C dari udara kembali menjadi biomasa tanaman secara bertahap ketika tanaman tersebut tumbuh besar (sekuestrasi). Ukuran volume tanaman penyusun lahan tersebut kemudian

menjadi ukuran jumlah karbon yang tersimpan sebagai biomasa (cadangan karbon). Sehingga efek rumah kaca karena pengaruh unsur CO<sub>2</sub> dapat dikurangi, karena kandungan CO<sub>2</sub> di udara otomatis menjadi berkurang. Namun sebaliknya, efek rumah kaca akan bertambah jika tanaman-tanaman tersebut mati.

## SIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini adalah metoda ERI dapat diaplikasikan pada lahan gambut yang telah digunakan untuk agroekosistem kelapa sawit, variasi nilai resistivitas listrik ERI pada lahan gambut yang telah digunakan untuk agroekosistem kelapa sawit mulai dari 0,0322685 ( $\Omega$ m) – 28625 ( $\Omega$ m). Pengukuran dilakukan pada 4 lintasan geolistrik, dengan nilai  $a = 1$  m, estimasi ketebalan lahan gambut yang telah digunakan untuk agroekosistem kelapa sawit menggunakan metode ERI mulai dari 0,15 m hingga 1,85 m, dan estimasi cadangan karbon gambut pada agroekosistem kelapa sawit berkisar 11.209,762 ton pada daerah penelitian.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar – besarnya penulis ucapkan kepada Politeknik Negeri Pontianak yang telah membiayai penelitian ini melalui DIPA PNPB 2018. Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan dan Jurusan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Pontianak yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Allred, Barry J., Daniels, Jeffrey J., Ehsani, M. Reza. 2008. Handbook of Agricultural

Geophysics. CRC Press. London, New York

Comas, X., Slater, L., and Reeve, A. S, 2011, Pool patterning in a north- ern peatland: Geophysical evidence for the role of postglacial landforms, *J. Hydrol.*, 399, 173–184.

Hardjowigeno, S. 1986. Sumber Daya Fisik Wilayah dan Tata Guna Lahan: Hisotol. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Meyer, J. H, 1989, Investigation of Holocene organic sediments: a geophysical approach, *Int. Peat J.*, 3, 45–57.

Page, S., R. Wust, & C. Banks. 2010. Past and present carbon accumulation and loss in southeast Asian peatlands. In: *Scientific Highlights: Peatlands Pages News*. Vol 18, No 1.

Slater, L. and Reeve, A, 2002, Understanding peatland hydrology and stratigraphy using integrated electrical geophysics, *Geophysics*, 67, 365–378.

Wahyunto, S. Ritung, Suparto, & H. Subagjo. 2005. Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan. *Watlands International*. Bogor.