

# **JTEP**

## **JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN**

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 7, No. 2, Agustus 2019



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

## Penanggungjawab:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB  
Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

## Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)  
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)  
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)  
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)  
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)  
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)  
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)  
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)  
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)  
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)  
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)  
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)  
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)  
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)  
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)  
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)  
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)  
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)  
Nanik Purwanti (Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc Food Research Center Irelandia)  
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)  
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)  
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)  
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)  
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)  
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)  
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)  
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)  
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

---

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)  
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)  
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)  
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)  
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)  
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)  
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)  
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, IPB University)  
Agus Ghautsun Niam (Scopus ID: 57205687481, IPB University)  
Administrasi : Diana Nursolehat (IPB University)

**Penerbit:** Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@ipb.ac.id](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://web.ipb.ac.id/~jtep) atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 7 No. 2 Agustus 2019. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof. Dr. Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Bayu Dwi Apri Nugroho, PhD (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Ir. Darma, M.Si, Ph.D (Fakultas Pertanian, Universitas Papua), Ir. Siti Mariana Widayanti, M.Si (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian), Prof.Dr.Ir. Tineke Mandang, (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastira, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lenny Saulia, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Chusnul Arif, S.TP, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor)

---



*Technical Paper*

**Pendugaan Emisi CO<sub>2</sub> dari Lahan Gambut dengan Menggunakan Model Artificial Neural Network (ANN)**

*Prediction of Peatland's CO<sub>2</sub> Emissions Using Artificial Neural Network (ANN) Model*

Anna Farida, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, FATETA, Institut Pertanian Bogor, Indonesia.  
Email: annafarida.fadsy@gmail.com

Satyanto Krido Saptomo (Penulis Korespondensi), Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, FATETA, Institut Pertanian Bogor, Indonesia. Email: ddody@yahoo.com

Yudi Chadirin, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, FATETA, Institut Pertanian Bogor, Indonesia  
Email: gooday926@yahoo.com

Budi Indra Setiawan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, FATETA, Institut Pertanian Bogor, Indonesia. Email: budindra@apps.ipb.ac.id

Kazutoshi Osawa, Faculty of Agriculture, Utsunomiya University, Japan.  
Email: osawa@cc.utsunomiya-u.ac.jp

**Abstract**

*Peatlands are the most efficient carbon sinks in large volumes. Peatland clearance makes CO<sub>2</sub> emissions released into the air. This study aims to conduct a continuous estimation of CO<sub>2</sub> emissions from peatlands, analyze the influence of the biophysical environment on CO<sub>2</sub> emissions and obtain CO<sub>2</sub> emissions based on measurements of biophysical environmental parameters using ANN model. The CO<sub>2</sub> emissions measurements were performed by closed chamber method using Licor LI-8100 for 60 days. Biophysical environmental parameter measurements were also installed simultaneously. Biophysical environmental parameters measured include soil temperature, soil moisture, and water table depth. The results showed that CO<sub>2</sub> emissions reached 59.82 tonCO<sub>2</sub>/ha/year with carbon emissions of 16.314 tonC/ha/year. Peatland CO<sub>2</sub> emissions are influenced by environmental parameters of peat biophysics. Calculations using the ANN model obtained the highest correlation of R<sup>2</sup> = 0.56 and can be used as a reference to estimate CO<sub>2</sub> emission from peatland in Padang Island.*

**Keywords:** *CO<sub>2</sub> emissions, biophysical environmental parameters, ANN model, soil temperature and moisture, water table*

**Abstrak**

Lahan gambut merupakan penyimpan karbon yang paling efisien dalam jumlah besar. Pembukaan lahan gambut mengakibatkan emisi CO<sub>2</sub> terlepas ke udara. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan estimasi emisi CO<sub>2</sub> dari lahan gambut secara kontinyu, menganalisis pengaruh lingkungan biofisik terhadap emisi CO<sub>2</sub> dari lahan gambut dan mendapatkan dugaan emisi CO<sub>2</sub> dari lahan gambut berdasarkan hasil pengukuran parameter lingkungan biofisik dengan menggunakan model ANN. Pengukuran emisi karbon dilakukan dengan metode *closed chamber* menggunakan *Licor LI-8100* selama 60 hari. Pengukuran parameter lingkungan biofisik juga dilakukan secara bersamaan dengan pengukuran emisi CO<sub>2</sub>. Parameter lingkungan biofisik yang diukur meliputi temperatur tanah, kelembaban tanah, kedalaman muka air tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> lahan gambut mencapai 59.82 tonCO<sub>2</sub>/ha/tahun dengan emisi karbon adalah 16.314 tonC/ha/tahun. Emisi CO<sub>2</sub> dipengaruhi oleh parameter lingkungan biofisik gambut yaitu suhu tanah, kelembaban tanah dan kedalaman muka air tanah. Perhitungan menggunakan model ANN diperoleh korelasi tertinggi sebesar R<sup>2</sup> = 0.56 yang menunjukkan bahwa model ANN bisa dijadikan sebagai acuan dalam mengestimasi CO<sub>2</sub> lahan gambut Pulau Padang.

**Kata kunci:** emisi CO<sub>2</sub>, parameter lingkungan biofisik, model ANN, suhu dan kelembaban tanah, muka air tanah

*Diterima: 20 Desember 2018; Disetujui: 12 Maret 2019*

## Pendahuluan

Lahan gambut adalah ekosistem lahan basah yang ditandai dengan akumulasi bahan organik sepanjang periode waktu. Lahan gambut merupakan penyimpan karbon yang paling efisien dalam jumlah yang sangat besar (Waldes dan Page 2008; Jauhiainen *et al.* 2008). Besarnya Biomassa berkontribusi terhadap penyerapan dan penyimpanan karbon. Bahan tanaman organik tidak terurai di tanah gambut karena kondisi air dan rawa gambut mampu bertindak sebagai penyerap karbon daripada sebagai sumber karbon melalui proses alami (Tawan dan Sulaiman 2008). Dalam keadaan hutan alam karbon tersebut bertahan dalam bentuk bahan organik, namun apabila hutan gambut dibuka dan didrainase maka karbon yang disimpannya akan mudah terdekomposisi dan mengemisikan CO<sub>2</sub>.

Sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dan permintaan terhadap produk pertanian maka kebutuhan akan perluasan lahan pertanian juga meningkat. Hal ini menyebabkan terjadinya pelepasan karbon ke atmosfer yang sebelumnya tersimpan secara stabil dalam jangka waktu yang panjang didalam tanah (Jaenicke dan Siegert 2008; Hooijer *et al.* 2012; Subowo 2010). Salah satu faktor abiotik terpenting yang mempengaruhi keseimbangan Gambut adalah hidrologi. Curah hujan yang melebihi penguapan adalah parameter pengatur hidrologi utama yang dominan karena evaporasi dan aliran air tanah cukup konstan di lahan gambut tropis yang masih asli. Pengerangan lahan gambut mengurangi kapasitas menahan air, sehingga mempercepat pembentukan kondisi oksik dan kehilangan karbon dari gambut. Emisi CO<sub>2</sub> optimum tersebar di wilayah yang terkena dampak drainase dibandingkan dengan hutan yang tidak dikeringkan. Fluks CO<sub>2</sub> maksimum lebih kecil jika tidak ada masukan bahan organik segar ke dalam gambut (Jauhiainen *et al.* 2008). Emisi karbon dari lahan gambut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu iklim, tanah dan hidrologis. Faktor lingkungan yang mempengaruhi besarnya emisi karbon dari lahan gambut adalah suhu, kelembaban, dan muka air tanah. Faktor lingkungan ini bersifat fluktuatif bergantung pada faktor iklim dan hidrologis sehingga menghasilkan emisi karbon dengan fluktuasi yang tinggi. Untuk itu, diperlukan pengukuran emisi karbon secara kontinyu dalam jangka waktu yang panjang sehingga dapat mewakili segala kondisi iklim (musim kemarau dan hujan).

Hasil pengukuran yang kontinyu dalam jangka waktu yang panjang diharapkan mampu menghasilkan nilai akumulasi emisi karbon dalam setahun sehingga dapat dijadikan nilai rujukan emisi yang lebih akurat di lahan gambut. Namun, pengukuran dengan metode ini menggunakan alat cukup mahal sehingga diharapkan model yang dibangun berdasarkan data pengukuran parameter lingkungan biofisik dengan bantuan model seperti *Artificial Neural Network* (ANN) dapat digunakan untuk menduga emisi karbon secara akurat dengan biaya yang murah. Model ANN atau yang

dikenal sebagai Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dalam Bahasa Indonesia ini juga telah digunakan dalam menduga emisi karbon dan gas rumah kaca seperti disajikan oleh (Arif *et al.* 2015). Tujuan penelitian ini adalah: (1) Melakukan estimasi emisi CO<sub>2</sub> dari lahan gambut secara kontinyu dalam periode waktu panjang; (2) Menganalisis pengaruh lingkungan biofisik terhadap emisi CO<sub>2</sub> dari lahan gambut; (3) Mendapatkan dugaan emisi CO<sub>2</sub> dari lahan gambut berdasarkan hasil pengukuran parameter lingkungan biofisik dengan menggunakan model ANN.

## Bahan dan Metode

### Alat dan Bahan

Penelitian ini dilaksanakan di lahan gambut terbuka yang terletak di Pulau Padang, yang secara administratif berada di wilayah Kabupaten Kepulauan Meranti, Provinsi Kepulauan Riau. Pengambilan data dalam penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai September tahun 2014.

Alat dan bahan yang digunakan adalah (1) *Automatic Water Level Recorder (AWLR)* dari *Global Water tipe WL16*, digunakan untuk mengukur tinggi muka air tanah/gambut secara realtimes dengan waktu pengamatan yang diatur mengikuti pengukuran emisi karbon. Durasi pengukuran data diatur dengan interval satu jam, (2) *Automatic Rain Gauge (ARG)*, digunakan untuk mengukur intensitas curah hujan otomatis ini dapat diatur dengan interval pengukuran satu jam, (3) Sensor 5-TE, digunakan untuk mengukur temperatur, kelembaban tanah (*volumetric water content*), (4) *Data logger EM 50*, digunakan untuk merekam data hasil pengukuran sensor 5-TE, ARG, AWLR, (5) Licor LI-8100, digunakan untuk mengukur fluks CO<sub>2</sub> dari permukaan tanah secara otomatis dan kontinyu. Alat ini terdiri dari *gas analyzer* dan *chamber*. Emisi karbon yang masuk ke dalam *chamber* akan dialirkan ke bagian *gas analyzer* untuk dianalisa kandungan CO<sub>2</sub>. Durasi dan interval pengukuran dapat diatur dengan program komputer, dalam penelitian ini diatur LI-8100 akan mengukur setiap jam dengan ulangan 3 kali, (6) *Genset*, digunakan untuk sumber energi *recharge* baterai yang digunakan sebagai energi untuk LI-8100, (7) *Ring sampel*, digunakan untuk mengambil contoh tanah di lokasi pengukuran emisi karbon, (8) Baterai kering 9 volt, digunakan sebagai catu daya untuk EM50, AWLR dan ARG.

### Metode Pengukuran dan Pengolahan Data

Pengukuran emisi karbon dilakukan dengan metode *closed chamber* menggunakan Licor LI-8100 untuk mengukur emisi karbon secara otomatis untuk periode yang panjang. Licor LI-8100 diinstal di lokasi pengukuran yang merupakan lahan gambut terbuka yang sekaligus berfungsi sebagai lokasi stasiun pemantau cuaca dilahan konsensi hutan tanaman industri di Pulau Padang. Pada prinsipnya Licor LI-8100 terdiri dari dua bagian yaitu *chamber* dan *analyzer*

*control unit*. Lokasi pengukuran yang dipilih adalah lokasi yang datar dan telah dibersihkan permukaan lahannya. Seluruh peralatan dipasang secara bersamaan pada suatu tempat yang relatif aman dari gangguan dan Licor LI-8100 ini dihubungkan dengan komputer menggunakan *software* LI-800 *Automatic soil CO<sub>2</sub> flux system* untuk pengaturan kondisi pengukuran yaitu durasi pengukuran, interval pengukuran, dan cara menyimpan data hasil pengukuran. Interval pengukuran akan diatur sehingga Licor LI-8100 akan melakukan pengukuran sebanyak 3 kali setiap jam selama 24 jam dalam periode pengukuran. Data hasil pengukuran akan dipindahkan ke komputer untuk dilakukan analisis dan pengolahan data.

Perubahan konsentrasi Gas CO<sub>2</sub> di dalam *chamber* selanjutnya dapat dikonversi menjadi fluks gas CO<sub>2</sub> (gCO<sub>2</sub>m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) dengan rumus berikut :

$$Fluks\ CO_2 = gCO_2m^{-2}s^{-1} = \frac{44 \times 273.15 \times \frac{\Delta c}{\Delta t} \times 10^{-6} \times V}{0.0224 \times (273.15 + T) \times A}$$

Keterangan:

- V = Volume udara dalam collar (m<sup>3</sup>)
- $\frac{\Delta c}{\Delta t}$  = perubahan konsentrasi gas (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> h<sup>-1</sup>)
- A = Luas area collar (m<sup>2</sup>)
- 1 ppmV (CO<sub>2</sub>) = 10<sup>-6</sup> (m<sup>3</sup>CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>Air)
- 1 mol (CO<sub>2</sub>) = 0.0224 (m<sup>3</sup>CO<sub>2</sub>) pada kondisi standar (0°C dan 1 atm)
- 1 mol (CO<sub>2</sub>) =  $\frac{44 \times 273.15}{0.0224 \times (273.15 + T)}$  (m<sup>3</sup>CO<sub>2</sub>) pada kondisi T(°C)
- 1 mol (CO<sub>2</sub>) = 44 (gCO<sub>2</sub>)
- 1 (m<sup>3</sup>CO<sub>2</sub>) =  $\frac{0.0224 \times (273.15 + T)}{273.15}$  (gCO<sub>2</sub>)

Akumulasi emisi CO<sub>2</sub> tersebut kemudian dapat dihitung dengan menghitung luas di bawah kurva fluktuasi emisi dalam satu hari, misalnya dengan pendekatan luas trapesium. Total akumulasi emisi

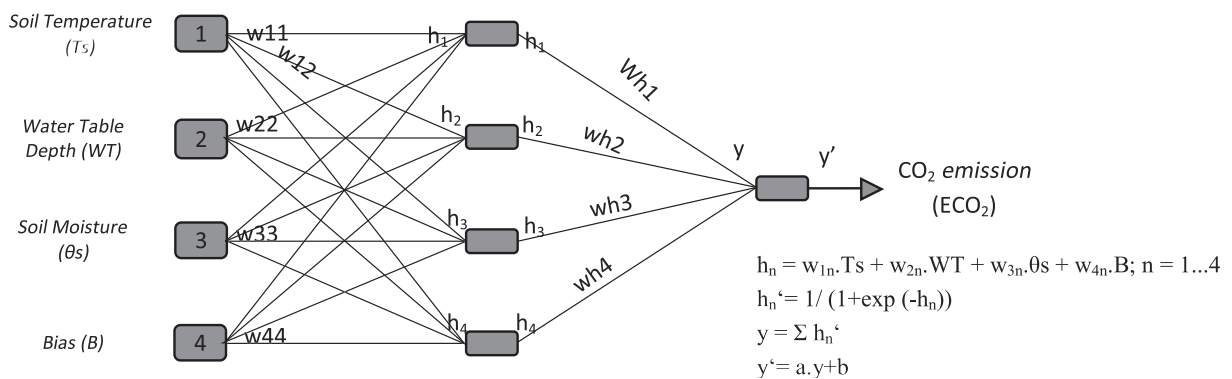
pada waktu pengukuran dapat diperoleh dengan menjumlahkan emisi harian yang diperoleh.

Pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran parameter lingkungan biofisik yang diinstal secara bersamaan dengan pengukuran emisi CO<sub>2</sub>. Parameter lingkungan biofisik yang diukur meliputi temperatur tanah, kelembaban tanah, kedalaman muka air tanah (muka air tanah) dan intensitas curah hujan dengan menggunakan sensor 5-TE, mps, AWLR, dan ARG. Sensor 5-TE diletakkan pada kedalaman 10 cm dibawah permukaan tanah. Sensor tersebut akan dihubungkan dengan *data logger* EM50 untuk merekam data hasil pengukuran. Pengaturan kondisi lingkungan dilakukan dengan menghubungkan *data logger* EM50 dengan komputer menggunakan *software* ECH20 *utility*. Interval pencatatan data dilakukan setiap jam. Data hasil pengukuran lingkungan biofisik akan digunakan untuk menganalisa pengembangan sistem model matematika untuk menduga besarnya emisi karbon. Hubungan setiap parameter fisika gambut terhadap emisi karbon dapat dianalisis dengan mengembangkan model ANN (Gambar 1).

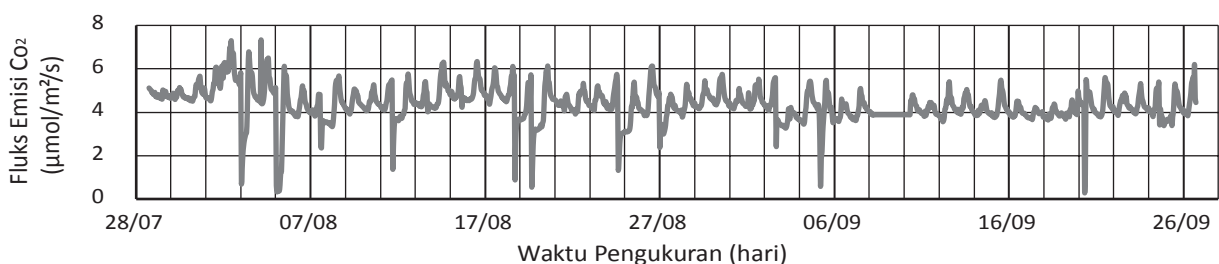
### Hasil dan Pembahasan

#### Emisi Karbon Lahan Gambut

Pengukuran emisi karbon lahan gambut dilakukan di Pulau Padang yang merupakan stasiun *monitoring, reporting* dan *verification* (stasiun MRV). Pengukuran ini dilakukan pada satu titik pengukuran di lahan terbuka tanpa tutupan vegetasi dengan permukaan yang relatif datar. Pengukuran dilakukan selama 2 bulan secara kontinyu dari tanggal 28 Juli 2014 sampai 26 September 2014. Hasil pengukuran emisi karbon disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 2.



Gambar 1. Model Artificial Neural Network CO<sub>2</sub> flux.



Gambar 2. Fluks emisi CO<sub>2</sub> lahan gambut Pulau Padang.



Hasil pengukuran emisi karbon menunjukkan fluks emisi yang fluktuatif terhadap waktu tertentu pada saat pengukuran dilakukan dengan rata-rata CO<sub>2</sub> yang diemisikan sebesar 4.37 μmol/m<sup>2</sup>/s. Selama pengukuran, fluks CO<sub>2</sub> tertinggi terjadi pada tanggal 2 agustus jam 11.00 WIB dengan fluks sebesar 7.303 μmol/m<sup>2</sup>/s. Kondisi fluks maksimum terjadi pada suhu 32.78°C dengan kelembaban sebesar 0.226 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Sedangkan untuk fluks CO<sub>2</sub> terendah terjadi pada tanggal 5 agustus jam 02.00 WIB dengan fluks sebesar 0.34 μmol/m<sup>2</sup>/s. Kondisi fluks minimum terjadi pada suhu 23.7°C dengan kelembaban 0.289 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Jumlah karbon yang diemisikan selama pengukuran adalah 996.958 gCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/2 bulan atau jika dikonversi selama setahun menjadi 59.82 tonCO<sub>2</sub>/ha/tahun sehingga emisi karbon yang diemisikan ke atmosfer dari lahan gambut adalah 16.314 tonC/ha/tahun .

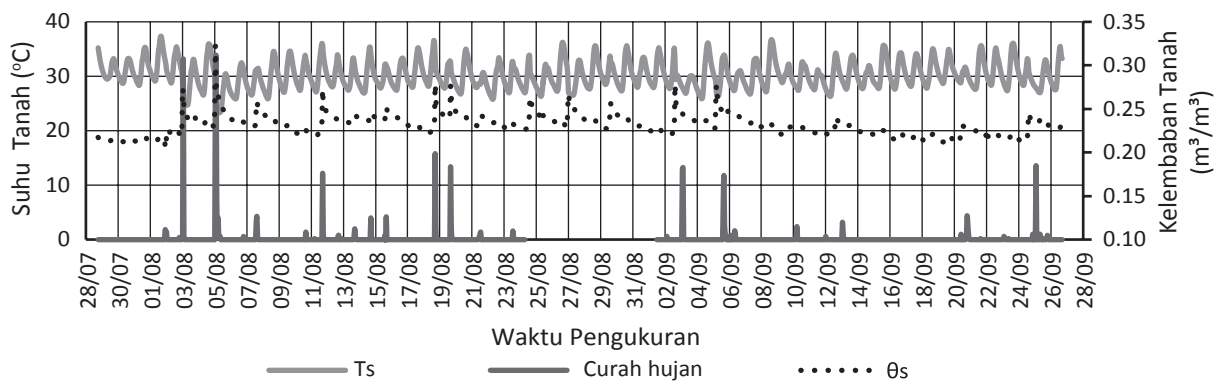
Emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan menunjukkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan beberapa penelitian emisi di lahan gambut yang menyebutkan bahwa besaran emisi yang dikeluarkan per tahun mencapai 178 tonCO<sub>2</sub>/ha/tahun (Adeolu et al. 2015), 171 – 252 tonCO<sub>2</sub>/ha/tahun (Setiawan 2014) dan Chadirin (2016) menyebutkan bahwa emisi lahan gambut sebesar 62.25 tonCO<sub>2</sub>/ha/tahun. Berdasarkan nilai maksimum dan minimum fluks CO<sub>2</sub> yang dihasilkan selama pengukuran dilakukan maka dapat diprediksi emisi CO<sub>2</sub> maksimum dan minimum yang diemisikan lahan gambut ke atmosfer. Emisi CO<sub>2</sub> maksimum dapat mencapai 101,340 tonCO<sub>2</sub>/ha/tahun dengan emisi karbon sebesar 27.638 tonC/ha/tahun. Emisi CO<sub>2</sub> minimum dapat mencapai 4.718 tonCO<sub>2</sub>/

ha/tahun dengan emisi karbon sebesar 1.287 tonC/ha/tahun.

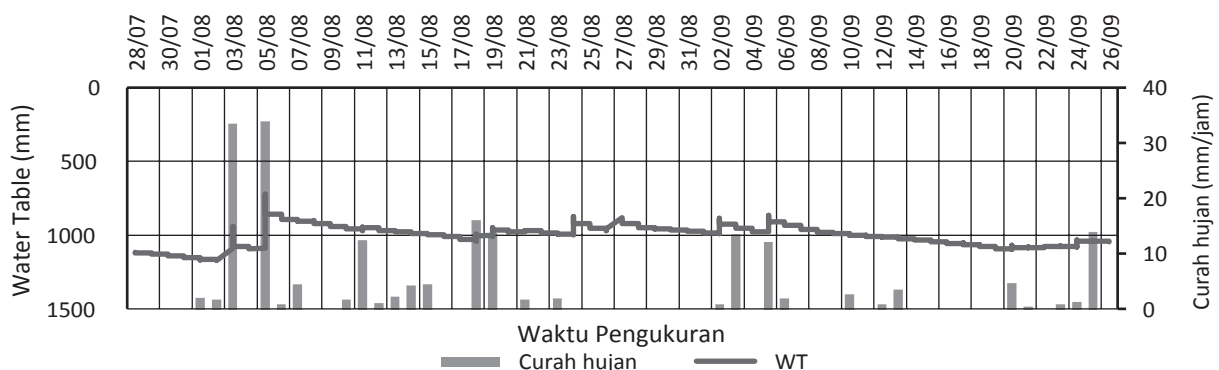
**Hubungan Parameter Lingkungan Biofisik dengan Emisi Karbon**

Parameter lingkungan biofisik yang diukur pada penelitian ini meliputi suhu tanah, kelembaban tanah dan tinggi muka air tanah. Pengukuran dilakukan pada kedalaman 10 cm. Faktor lingkungan biofisik tanah sangat dipengaruhi oleh iklim mikro yang terjadi di lokasi pengukuran seperti curah hujan yang akan mempengaruhi secara langsung dan signifikan keadaan suhu tanah, kelembaban tanah dan tinggi muka air tanah. Hubungan curah hujan terhadap suhu tanah (Ts), kelembaban tanah (θs) dan muka air tanah (water table atau WT) disajikan dalam grafik pada Gambar 3 dan Gambar 4.

Hasil pengukuran menunjukkan fluktuasi yang terjadi pada suhu dan kelembaban tanah akibat terjadinya hujan. Curah hujan memiliki korelasi positif terhadap kelembaban tanah dan berkorelasi negatif terhadap suhu tanah. Pada saat hujan terjadi, kelembaban akan naik dan suhu akan menurun. Suhu tanah berkisar antara 23.32°C – 37.37°C dengan kelembaban tanah berada di kisaran 0.323 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> - 0.205 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Suhu tanah terendah terukur pada saat hujan sudah berhenti, hal ini disebabkan oleh penurunan suhu akan terjadi seiring dengan terjadinya hujan dan memerlukan waktu untuk mencapai titik terendahnya. Sedangkan suhu tertinggi terjadi pada saat sore hari dengan kondisi tidak terjadinya hujan baik sebelum atau sesudahnya. Pencahayaan



Gambar 3. Pengaruh Curah hujan terhadap Suhu dan kelembaban Tanah.



Gambar 4. Pengaruh Curah hujan terhadap muka air tanah.

dari matahari dapat meningkatkan suhu tanah dan menurunkan kelembaban tanah akibat penguapan sehingga tanah menjadi lebih kering (Hanafiah 2005). Curah hujan tertinggi terjadi pada jam 2 siang tanggal 5 agustus dengan curah hujan yang terukur sebesar 33.6 mm/jam. Namun kelembaban tertinggi (0.323 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>) justru terjadi pada jam satu siang dengan curah hujan 30.4 mm/jam. Hal ini dapat terjadi karena hujan yang turun pada jam 1 siang langsung membasahi tanah dengan kuantitas yang besar sehingga tanah dengan mudah menyerap air dan membuat kelembaban yang terukur di kedalaman 10 cm menjadi sangat besar. Air akan terinfiltrasi kelapisan tanah yang semakin dalam dengan kurun waktu tertentu, sehingga pada jam selanjutnya kelembaban tanah akan menurun dan merata di sepanjang area pengukuran.

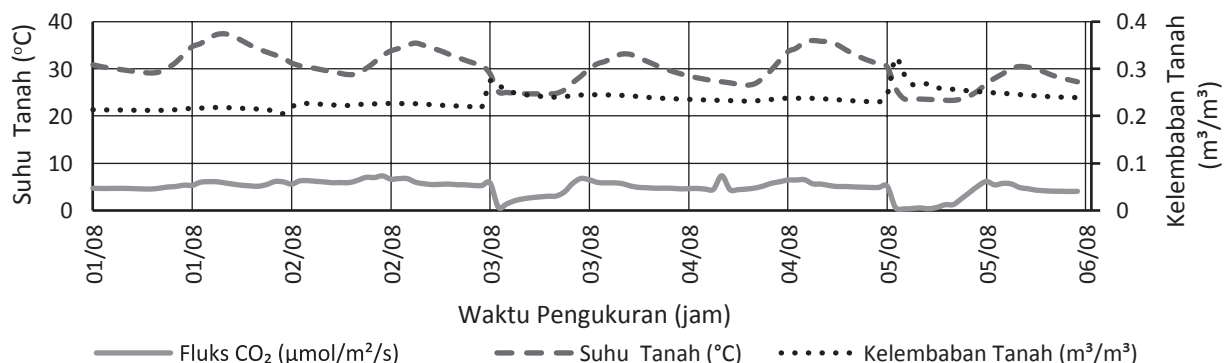
Gambar 4 menunjukkan bahwa curah hujan meningkatkan tinggi muka air tanah, yang berarti bahwa tanah yang jenuh semakin tinggi dan mendekati permukaan tanah paling atas. Pada saat sebelum terjadi hujan, tinggi muka air tanah berada di kedalaman 1.174 m dari permukaan tanah dan mengalami kenaikan air tanah menjadi 0.941 m dari permukaan tanah pada saat terjadinya hujan. Hubungan antara Emisi CO<sub>2</sub> dengan suhu dan kelembaban tanah disajikan pada Gambar 4. Sedangkan hubungan antara Emisi CO<sub>2</sub> dan muka air tanah disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa emisi memiliki reaksi yang sangat fluktuatif terhadap perubahan suhu tanah dan kelembaban tanah. Umumnya, emisi akan naik pada siang hari dan turun pada malam hari atau saat terjadinya hujan. Hal ini membuktikan bahwa intensitas cahaya matahari dan curah hujan sangat berpengaruh terhadap respirasi tanah yang mengemisikan CO<sub>2</sub>. Intensitas matahari dan curah hujan secara langsung mempengaruhi suhu dan kelembaban tanah. Suhu dan kelembaban mempengaruhi secara langsung emisi CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan lahan gambut. Pada tanggal 3 jam 00.00 WIB dan tanggal 5 jam 00.00-02.00 WIB. Ketika Suhu turun dan kelembaban naik akibat terjadinya hujan, maka emisi menurun. Begitu juga sebaliknya yang terjadi pada tanggal 3 jam 02.00-12.00 ketika hujan berhenti dan lokasi pengukuran mendapatkan radiasi matahari yang menyebabkan suhu naik maka emisi CO<sub>2</sub> juga naik. Emisi tertinggi terjadi pada suhu

32.7°C dan kelembaban tanah 0.226 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Dari Hasil pengolahan data ditemukan bahwa pada kondisi normal tanpa adanya hujan, emisi CO<sub>2</sub> akan mulai mengalami kenaikan dari suhu 29°C sampai puncaknya di suhu 32.7°C kemudian emisi CO<sub>2</sub> akan turun kembali sampai suhu maksimum yang terukur 37°C. Suhu tanah akan mempengaruhi kelembaban tanah karena terjadinya evaporasi, aerasi, aktivitas mikroorganisme tanah dalam proses enzimatik dan dekomposisi serasah atau sisa tanaman serta ketersediaan hara-hara tanaman. Aktivitas ini sangat terbatas pada suhu dibawah 10°C, laju optimum aktivitas biota tanah terjadi pada suhu 18-30°C. Pada proses kehidupan mikroorganisme tanah secara langsung juga dipengaruhi oleh suhu tanah (Hanafiah 2005).

Fenomena ini menegaskan bahwa emisi CO<sub>2</sub> memiliki hubungan yang berbanding lurus dengan suhu namun berbanding terbalik dengan kelembaban. Emisi CO<sub>2</sub> akan meningkat pada kondisi suhu yang tinggi dan kelembaban tanah yang cukup untuk terjadinya respirasi tanah dan aktivitas mikroorganisme. Hasil ini sejalan dengan beberapa penelitian yang pernah dilakukan oleh para peneliti yang menyimpulkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> sangat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban tanah (Chadirin *et al.* 2016; Martins *et al.* 2016; Fenn *et al.* 2010; Astiani *et al.* 2016). Selain suhu dan kelembaban tanah, beberapa penelitian juga menyatakan bahwa adanya pengaruh antara muka air tanah dengan emisi CO<sub>2</sub> (Limin *et al.* 2008; Astiani *et al.* 2016; Hooijer *et al.* 2010; Page 2008; Sabiham 2010).

Hasil pengukuran (Gambar 6) menunjukkan emisi CO<sub>2</sub> yang terjadi sangat fluktuatif pada keadaan muka air tanah yang cenderung stabil. Namun ketika terjadi penurunan kedalaman muka air tanah secara signifikan dari 1089.5 mm ke 941.25 mm hingga mendekati permukaan tanah pada tanggal 3 Agustus jam 01.00 WIB karena adanya hujan sebesar 33.2 mm/jam mengakibatkan emisi CO<sub>2</sub> menurun secara signifikan dari 5.827 μmol/m<sup>2</sup>/s menjadi 0.69 μmol/m<sup>2</sup>/s. Keadaan yang sama juga terjadi pada tanggal 5 Agustus jam 20.00 WIB. Hal ini terjadi karena penurunan kedalaman muka air tanah mendekati permukaan tanah yang ditandai dengan kecilnya kedalaman tanah yang tak jenuh membuat ruang gerak respirasi tanah dan mikroorganisme tanah menjadi semakin sedikit. Penurunan kedalaman muka air tanah juga



Gambar 5. Hubungan Emisi CO<sub>2</sub> dengan suhu dan kelembaban tanah.

memperdalam zona permukaan oksida gambut, sehingga meningkatkan ketersediaan substrat CO<sub>2</sub> dan melepaskan proses dekomposisi. Lapisan gambut bagian atas yang tidak jenuh dengan air dan bersifat oksik dapat mendukung aktivitas biologis, sedangkan lapisan di bawahnya tergenang air dan anoksik. Batas oksik-anoksik bergeser akibat fluktuasi tabel air, saat tabel air diturunkan, lapisan oksida menjadi semakin dalam dari permukaan tanah dan proses dekomposisi akan meningkat (Astiani et al. 2016).

Pada lahan gambut terbuka, emisi CO<sub>2</sub> meningkat secara berurutan 20%, 56%, 100% dan 162% Pada kedalaman muka air tanah yang meningkat dari 10, 20, 30 dan 40 cm. (Astiani et al. 2016). Proses pengeringan dan pembasahan lahan gambut mempengaruhi stabilitas asam organik, yang ditunjukkan oleh hilangnya C melalui pelepasan CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Perubahan status hidrologi di lahan gambut mendorong dekomposisi aerobik yang menyebabkan peningkatan emisi CO<sub>2</sub> sementara, pada saat bersamaan, keasaman dan nutrisi dilepaskan. (Limin et al. 2008).

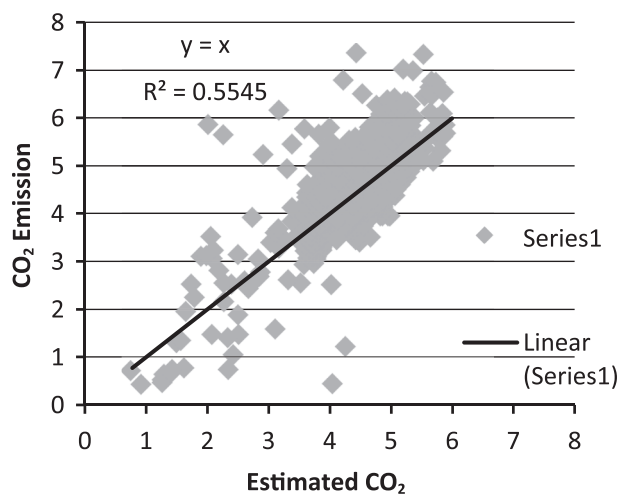
Muka air tanah merupakan batas antara permukaan jenuh dan tak jenuh di dalam tanah. pada kondisi alami, muka air tanah menutup permukaan tanah sehingga gambut terakumulasi dari tanaman selama lebih dari 100 tahun. namun ketika lahan gambut di drainase untuk keperluan pertanian menyebabkan terjadinya penurunan muka air tanah dan subsidensi lahan pada permukaan gambut sehingga menyebabkan emisi CO<sub>2</sub> keluar ke atmosfer, apabila drainase dilanjutkan maka akan terjadi dekomposisi gambut kering dan beresiko terjadinya kebakaran dan emisi CO<sub>2</sub> diproduksi lebih banyak. Pada akhirnya, sebagian besar karbon yang tersimpan dilahan gambut akan berubah menjadi emisi karbon yang dikeluarkan ke atmosfer (Hooijer et al. 2010).

**Dugaan emisi karbon dengan menggunakan ANN**

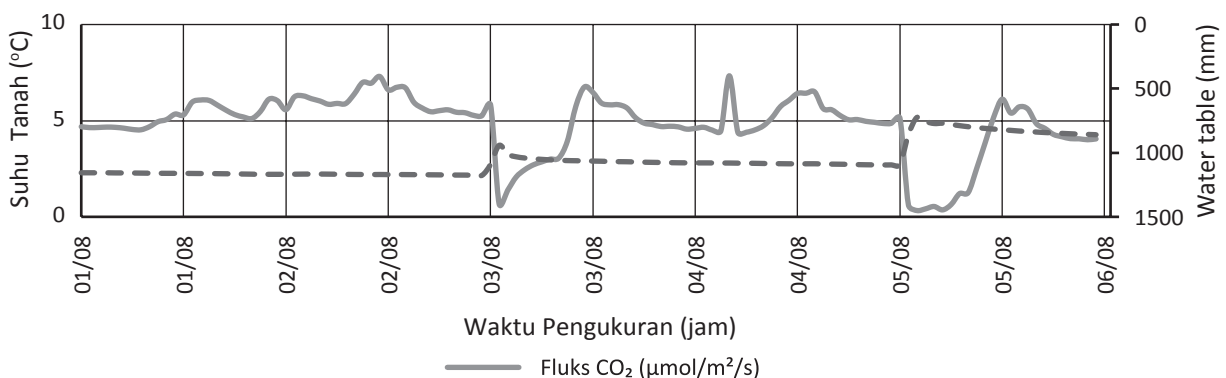
Hubungan setiap parameter fisika gambut terhadap emisi CO<sub>2</sub> dapat dianalisis dengan mengembangkan Model *Artificial Neural Network* (ANN) atau Jaringan Saraf Tiruan. ANN merupakan kumpulan elemen pemrosesan, unit atau node sederhana yang saling berhubungan dan fungsinya didasarkan pada sistem saraf manusia. Model ANN untuk memprediksi emisi

CO<sub>2</sub> yang terjadi di lahan gambut telah dikembangkan oleh beberapa peneliti Setiawan (2014), Chadirin et al. (2016). Setiawan (2014) menggunakan parameter fisika gambut yaitu suhu tanah, kelembaban tanah dan daya hantar listrik tanah sebagai variabel dalam penentuan emisi sedangkan Chadirin (2016) menggunakan parameter suhu tanah, kelembaban tanah dan curah hujan (*rainfall*).

Model ANN pada penelitian ini menggunakan parameter lingkungan biofisik yaitu suhu tanah, kelembaban tanah dan muka air tanah dimasukkan sebagai variabel untuk menentukan emisi CO<sub>2</sub> lahan gambut di pulau padang. Kedalaman muka air tanah merepresentasikan luas ruang yang tersedia di lahan gambut yang diprediksi dapat berpengaruh terhadap besarnya emisi CO<sub>2</sub> lahan gambut. Hasil estimasi emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan parameter lingkungan biofisik kemudian disandingkan dengan hasil pengukuran lapangan (Gambar 8). Hasil perhitungan menggunakan model ANN dioptimasi sampai menunjukkan nilai korelasi yang cukup tinggi dengan emisi pada saat pengukuran. Hasil korelasi tertinggi yang diperoleh sebesar R<sup>2</sup> = 0.5545 yang menunjukkan bahwa hasil perhitungan ANN dengan emisi pengukuran memiliki korelasi yang cukup baik namun kemungkinan masih ada faktor lain yang mempengaruhi dan harus diperhitungkan dalam pendugaan emisi dengan ANN. Model ANN yang telah diperoleh ini kemudian



Gambar 7. Garfik Model ANN terhadap CO<sub>2</sub> fluks lahan gambut.

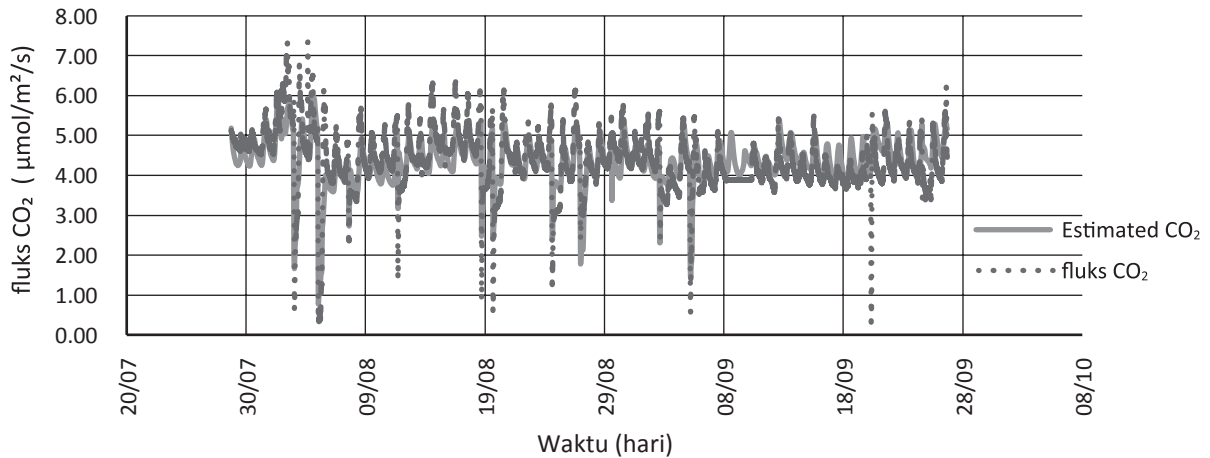


Gambar 6. Hubungan emisi CO<sub>2</sub> dengan muka air tanah.

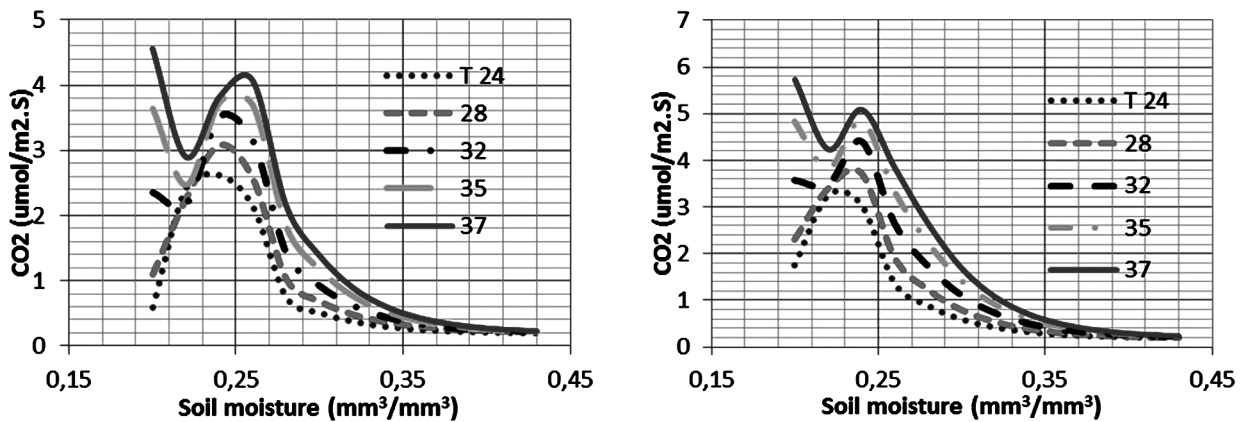
digunakan untuk mengestimasi CO<sub>2</sub> lahan gambut di Pulau Padang dengan lebih cepat.

Pada Gambar 10 terlihat bahwa hasil estimasi dengan perhitungan model ANN tidak berbeda jauh dengan fluks CO<sub>2</sub> yang diukur di lapangan. Model ANN menghasilkan monograf hubungan suhu dan kelembaban tanah terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada kedalaman muka air tanah minimum, medium dan maksimum berdasarkan hasil pengukuran dilapangan yaitu 720 mm, 950 mm dan 1180 mm (Gambar 9 a, b dan c).

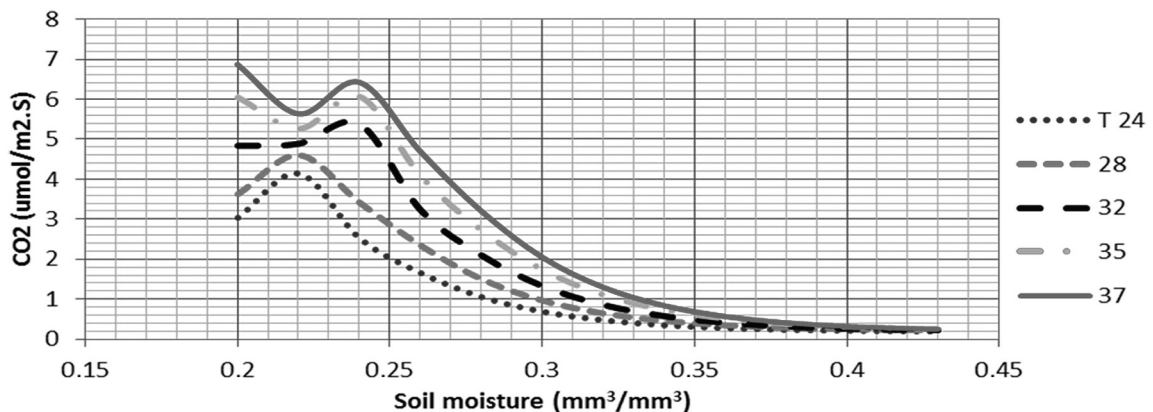
Monogram ini dihasilkan berdasarkan rentang data hasil pengukuran di lapangan. Sehingga apabila tidak ada data yang mendukung maka ANN tidak dapat mengestimasi emisi yang terjadi sehingga perhitungan ANN tidak berlaku. Kondisi ini terjadi pada rentang suhu 32-37°C dengan kelembaban 0.200-0.220 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, prediksi emisi CO<sub>2</sub> perhitungan model ANN ini tidak berlaku karena tidak ada data yang mendukung adanya rentang suhu dengan kelembaban tersebut dilapangan. Kondisi ini juga berlaku untuk setiap rentang muka air tanah. Gambar 9 a, b dan c



Gambar 8. Hasil estimasi Emisi CO<sub>2</sub> dan Fluks CO<sub>2</sub> pengukuran lapangan.



Gambar 9 . Model ANN dengan kedalaman muka air tanah 720 mm (a) dan 950 mm (b).



Gambar 9c. Model ANN dengan kedalaman muka air tanah maksimum (1180 mm)

memperlihatkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> pada kedalaman muka air tanah tertentu berfluktuasi mengikuti keadaan suhu dan kelembaban. Semakin besar kedalaman muka air tanah maka semakin besar pula emisi maksimum yang dihasilkan. Emisi maksimum pada muka air tanah 720 mm, 950 mm dan 1180 mm masing masing mencapai 4.1  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , 5.1  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  dan 6.9  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  pada suhu maksimum. Emisi bergerak naik pada rentang kelembaban 0.220 sampai 0.250 kemudian kembali turun dengan meningkatnya kelembaban. Dari monogram ini dapat disimpulkan bahwa emisi bergerak naik pada kedalaman muka air tanah yang tinggi dengan suhu maksimum dan rentang kelembaban tertentu.

### Simpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> lahan gambut Pulau Padang diperkirakan mencapai 59.82 tonCO<sub>2</sub>/ha/tahun sehingga emisi karbon yang diemisikan lahan gambut adalah 16.314 tonC/ha/tahun. Emisi CO<sub>2</sub> lahan gambut dipengaruhi oleh parameter lingkungan biofisik gambut yaitu suhu tanah, kelembaban tanah dan kedalaman muka air tanah. Emisi CO<sub>2</sub> akan meningkat pada kondisi suhu yang tinggi dan kelembaban tanah yang cukup untuk terjadinya respirasi tanah dan aktivitas mikroorganisme. Muka air tanah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap emisi karbon dari gambut dengan lebih banyak CO<sub>2</sub> yang dilepaskan pada kedalaman muka air tanah yang semakin jauh dari permukaan. Hasil perhitungan menggunakan model ANN diperoleh korelasi tertinggi yang sebesar R<sup>2</sup> = 0.5545 dan model ANN dapat dijadikan sebagai acuan untuk mengestimasi CO<sub>2</sub> lahan gambut di Pulau Padang dengan lebih ekonomis.

### Daftar Pustaka

Arif, Chusnul, B.I. Setiawan, S. Widodo, - Rudiyanto, N.A. Iswati Hasanah, and M. Mizoguchi. 2015. "Pengembangan Model Jaringan Saraf Tiruan untuk Menduga Emisi Gas Rumah Kaca dari Lahan Sawah dengan Berbagai Rejim Air." *Jurnal Irigasi* 10(1):1.

Astiani, D., Burhanuddin, T. Muhammad, dan L.M. Curran. (2016). Effect of Water table Level on Soil CO<sub>2</sub> Respiration in West Kalimantan Forested and Bare Peatland: an Experimental Stage. *Nusantara Bioscience*: 201-206.

Chadirin, Y., S.K. Saptomo, Rudiyanto, dan K. Osawa. (2016). Lingkungan Biofisik dan Emisi Gas CO<sub>2</sub> Lahan Gambut untuk Produksi Biomassa yang Berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*: 146-151.

Fenn, K.M., Y. Malhi and M.D. Morecroft. (2010). Soil CO<sub>2</sub> efflux in a temperate deciduous forest: Environmental drivers. *Elsevier*: 1685-1693.

Hanafiah, K.A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu tanah*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.

Hooijer, A., J. Jauhiainen, W. Lee, X. Lu, A. Idris, and G. Anshari. (2012). Subsidence and Carbon Lost in Drained Tropical Peatlands. *Biogeosciences*: 1053-1071.

Hooijer, A., S. Page, J.G. Canadell, M. Silvius, J. Kwadijk, H. Wosten, and J. Jauhiainen. (2010). Current and future CO<sub>2</sub> Emission From Drained peatlands In Southeast Asia. *Biogeoscience*: 1505-1514.

Jauhiainen, J., H. Silvennoinen, S. Limin, and H. Vasander. (2008). Effect of Hydrological Restoration on Degraded Tropical Peat Carbon Fluxes. *Restoration of Tropical Peatland*: 111-117.

Jaenicke, J., and F. Siegert. (2008). Monitoring Restoration Measures in Tropical Peatlands Using Radar Satellite Imagery: 142-147.

Limin, S.H., E. Yunsiska, K. Kitso, and S. Alim. (2008). Restoration of Hydrological Status as The Key to Rehabilitation of Damaged Peatland in Central Kalimantan: 117-124.

Martins, C., C. Macdonald, I. Anderson, and B. Singh. (2016). Feedback responses of soil greenhouse gas emissions to climate change are modulated by soil characteristics in dryland ecosystems. *Soil Biology & Biochemistry*; 21-32.

Page, S., and J. Rieley. (2008). Overview of the need for restoration and rehabilitation of tropical peatland and review of the contents of this book. Dalam J. R. Henk Wosten, *Restoration of tropical peatlands*. Wageningen: Alterra; 13-18

Sabiham, S. (2010). Properties of Indonesia Peat in Relation to The Chemistry of Carbon Emission. *International Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration in Asian Countries*. Bogor; 205-216

Setiawan, B.I., dan Mustafiril. (2014). *Pendugaan Karbon Di Atas Permukaan Tanah*. Aceh. Universitas Syiah Kuala.

Subowo, G. (2010). Strategi Efisiensi Penggunaan Bahan Organik Untuk Kesuburan. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 4 No. 1;13-25.

Tawan, C.S, I.B. Ipor, and W.H. Wan Sulaiman. (2008). Floral Diversity Of The Peat Swamp Forest Of Sarawak. *Restoration of Tropical Peatlands*; 39-44.

Waldes, N., and S. Page. (2008). Unlocking the natural resourcefunction on tropical peatlands: Understanding the nature and diversity of peat swamp forest vegetation as a foundation for vegetation restoration studies. *environmental journals*; 30-38.