

# Metode Alternatif Memperkirakan Konsentrasi Karbon Organik Terlarut dalam Air Saluran Drainase dan Tanah Gambut

*An Alternative Method for Estimating Dissolved Organic Carbon (DOC) Concentration in Drainage Canal and Peat Pore Water*

Muhammad Nuriman\*<sup>1,2</sup>, Gunawan Djajakirana<sup>3</sup>, Darmawan<sup>3</sup>, Gusti Z. Anshari<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Pascasarjana pada Program Studi Ilmu Tanah, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Darmaga, Bogor

<sup>2</sup> Peneliti pada Pusat Penelitian Keanekaragaman Hayati dan Masyarakat Lahan Basah, Universitas Tanjungpura, Jl. Ahmad Yani, Pontianak

<sup>3</sup> Pengajar pada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Darmaga, Bogor

<sup>4</sup> Guru Besar pada Jurusan Ilmu Tanah dan Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Tanjungpura, Jl. Ahmad Yani, Pontianak

---

## INFORMASI ARTIKEL

### Riwayat artikel:

Diterima: 24 Desember 2014

Direview: 28 Januari 2015

Disetujui: 10 Februari 2015

---

### Kata kunci:

Metode alternatif

Absorban 254 nm

Karbon organik terlarut

Air tanah gambut

### Keywords:

*Alternative method*

*Absorbance 254 nm*

*Dissolved organic carbon*

*Peat water*

**Abstrak.** Memperkirakan konsentrasi karbon organik terlarut (*Dissolved Organic Carbon*, DOC) sering dilakukan dengan metode pembakaran temperatur tinggi pada alat Total Organic Carbon (TOC). Metode ini memerlukan biaya yang besar, serta keterbatasan jumlah alat TOC nampaknya menghambat penelitian DOC di Indonesia. Karena itu data DOC dari badan-badan air di Indonesia sangat jarang. Tujuan penelitian ini untuk mengaplikasikan metode alternatif spektrofotometer pada absorban 254 nm untuk memperkirakan konsentrasi DOC. Sampel diambil dari saluran drainase ( $n = 42$ ), dan air tanah gambut ( $n = 54$ ) di kubah gambut Rasau Jaya, Kalimantan Barat. Nilai DOC diukur dengan alat TOC tipe VCPH Shimadzu, dan kemudian diduga menurut hasil regresi linear antara absorban 254 nm dengan nilai DOC yang diukur tersebut. Hasil regresi linear pada sampel saluran drainase dan air tanah gambut menghasilkan nilai determinasi terkoreksi (adjusted R-square) sebesar 0,97 dan 0,90. Nilai determinasi terkoreksi pada seluruh sampel ( $n = 96$ ) sebesar 0,95. Mengingat penyebaran data Absorban 254 nm dan DOC tidak normal, persamaan regresi polinomial terlihat lebih baik dalam menduga DOC dalam saluran drainase dan air tanah gambut pada kubah gambut Rasau Jaya. Dengan demikian, nilai absorban 254 nm dapat digunakan dengan tingkat kepercayaan yang baik untuk menduga nilai DOC dari air gambut.

**Abstract.** Estimating concentration of dissolved organic carbon (DOC) by high temperature combustion method, using Total Organic Carbon (TOC) analyzer, is common but expensive. The availability of TOC analyzer is also limited. This might explain why research on the DOC is very rarely done in Indonesia. The purpose of this study is to use an alternative method for estimating the concentration of DOC, using spectrophotometer at absorbance 254 nm. Water samples were taken from drainage canals ( $n = 42$ ), and peat pore water ( $n = 54$ ) in Rasau Jaya peat dome, West Kalimantan Province. DOC values were determined by TOC type VCHP Shimadzu. Values of absorbance 254 nm were determined by spectrophotometer. Results of linear regression between the absorbance values and DOC values of samples from drainage canals and peat pore water show highly significant, with 0.97 and 0.90 adjusted R-square, respectively. The adjusted R-square for all samples ( $n = 96$ ) is 0.95. As the data of Absorbance 254 nm and DOC are not normally distributed, the use of polynomial regression seems very appropriate. This study concludes that the use of absorbance 254 nm is very reliable for estimating DOC values in peat water of Rasau Jaya peat dome.

---

## Pendahuluan

Total lahan gambut yang ada di Indonesia seluas 14,9 juta ha yang tersebar di Sumatera seluas 6.436.649 ha, Kalimantan seluas 4.778.004 ha dan Papua seluas

3.690.921 ha (Ritung *et al.* 2011). Tanah gambut berdasarkan Taksonomi Tanah masuk ke ordo Histosols. Histosols adalah tanah yang terbentuk dari bahan organik dengan ketebalan > 40 cm (Soil Survey Staff 2010). Tanah gambut memiliki kandungan karbon organik yang tinggi sekitar 50-60% (Anshari *et al.* 2010), serta merupakan tanah yang sangat porous, dengan porositas rata-rata 90%

---

\* Corresponding author: nuriman.wetlander@gmail.com

sehingga pori-pori tanah gambut yang berada di lapisan muka air tanah terisi penuh oleh air.

Degradasi lahan gambut akibat drainase tidak hanya berdampak pada terjadinya emisi gas karbon, tetapi juga berpotensi lepasnya karbon dalam bentuk karbon organik yang ada di dalam air, yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap siklus karbon (Leenheer and Croue 2003). Karbon organik pada air ada dua jenis yaitu karbon organik terlarut/*dissolved organic carbon* (DOC) dan karbon organik partikulat/*particulate organic carbon* (POC) yang merupakan hasil dari proses dekomposisi bahan organik. IPCC (2014) menyatakan bahwa hasil penjumlahan DOC dan POC adalah total karbon organik/total organic carbon (TOC). DOC merupakan karbon organik yang paling dominan di dalam air yang bersumber dari lahan gambut (IPCC 2014). Hope *et al.* (1994) dalam Moore *et al.* (2011) menyatakan bahwa TOC di kebanyakan lahan gambut hampir 100% adalah DOC. Moore *et al.* (2011) melakukan penelitian di Sungai Sebangau Kalimantan Tengah mendapatkan hasil bahwa TOC pada saat musim kemarau berupa DOC sebesar 82% dan 96% saat musim hujan.

Lahan gambut berdasarkan Konvensi Ramsar merupakan salah satu jenis lahan basah. Pada pedoman IPCC (2014) tentang lahan basah, ada informasi mengenai karbon yang hilang dari tanah organik dalam bentuk ikatan dengan air yaitu sebagian besar berupa DOC. Saat ini ilmu pengetahuan mengenai DOC di lahan gambut tropis Indonesia masih belum berkembang, penelitian-penelitian mengenai DOC banyak dilakukan oleh peneliti luar (Ishikawa *et al.* 2006; Alkhatib *et al.* 2007; Baum *et al.* 2007; Moore *et al.* 2011; Moore *et al.* 2013). Belum berkembangnya ilmu pengetahuan mengenai DOC di lahan gambut Indonesia, mungkin disebabkan oleh terbatasnya ketersediaan alat TOC. Metode analisis DOC yang banyak digunakan saat ini adalah dengan metode pembakaran temperatur tinggi menggunakan alat TOC yang memberikan hasil akurat (Bolan *et al.* 1999) tetapi sangat terbatas di Indonesia dan juga memerlukan biaya yang cukup mahal dalam proses analisisnya, dan metode lainnya untuk menganalisis DOC adalah dengan oksidasi basah  $K_2SO_4$  0,5 M di mana pengukuran konsentrasi DOC menggunakan alat Spektrofotometer, tetapi metode ini kurang akurat (Bolan *et al.* 1999). Agar dapat menyediakan data dasar karbon terestrial yang baik di Indonesia selain dari hutan dan tanah, maka Indonesia sangat memerlukan informasi DOC yang akurat tetapi tanpa menggunakan fasilitas alat TOC yang terbatas di Indonesia.

Metode alternatif yang dapat digunakan adalah dengan persamaan regresi hasil hubungan absorban 254 nm yang menggunakan alat Spektrofotometer terhadap konsentrasi DOC yang diukur dengan metode pembakaran temperatur

tinggi atau menggunakan alat TOC. Metode prakiraan ini telah lama dikembangkan oleh Bartels *et al.* (1990) dalam Brandstetter *et al.* (1996) yang memperoleh koefisien korelasi (R) sebesar 0,99, di mana sampel berasal dari air permukaan yang diambil dari kawasan hutan di Austria. Berdasarkan argumentasi di atas maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengaplikasikan metode alternatif spektrofotometer pada absorban 254 nm untuk memperkirakan konsentrasi DOC.

## Bahan dan Metode

### Metode penelitian

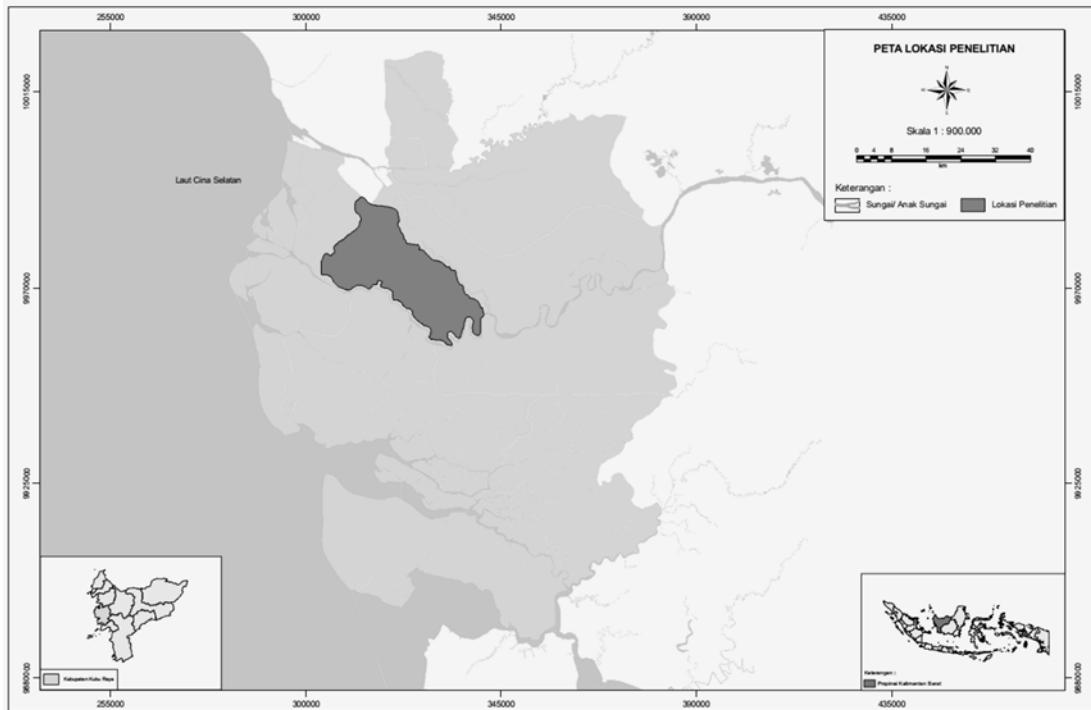
#### Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan pada kawasan kubah gambut Rasau Jaya, Kabupaten Kubu Raya, Provinsi Kalimantan Barat (Gambar 1). Pada lokasi penelitian memiliki gambut seluas 36.802 ha atau 68% dari total luas kawasan (Anshari *et al.* 2013). Ketebalan gambut pada lokasi penelitian berkisar 140-525 cm. Frekuensi pengambilan sampel sebanyak dua kali yaitu saat musim kemarau (curah hujan < 250 mm  $bl^{-1}$ ) pada bulan Agustus-September 2013 dan musim hujan (curah hujan > 250 mm  $bl^{-1}$ ) pada bulan November-Desember 2013 (BMKG Pontianak 2014).

#### Pengambilan sampel

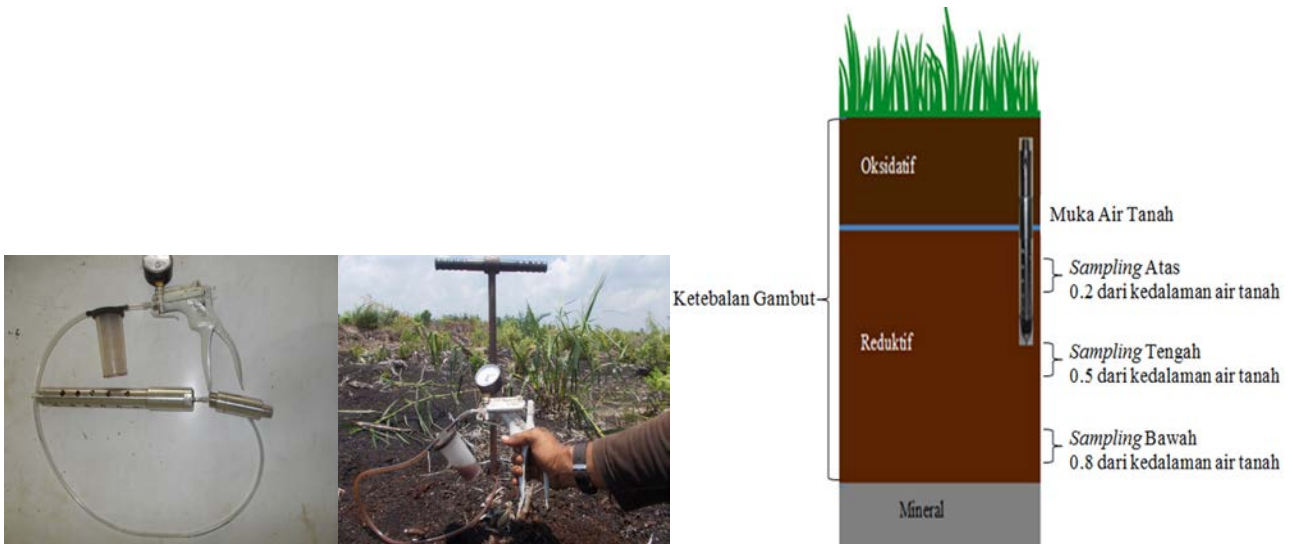
Jumlah seluruh sampel adalah 96 sampel, yang berasal dari saluran drainase berjumlah 42 sampel dan air tanah gambut berjumlah 54 sampel. Pengambilan sampel air di saluran drainase sampai pengemasannya ditentukan berdasarkan pertimbangan berikut:

1. Hindari pengambilan sampel di dekat tikungan, arus menyimpang, arus tenang, tabrakan arus, banyak rumput atau sampah dan pusaran (CEAEQ 2007).
2. Pada saluran dengan debit kurang dari  $5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , sampel air diambil pada satu titik di tengah saluran pada  $0.5 \times$  kedalaman saluran (SNI 6989.57, 2008).
3. Pada saluran dengan debit antara  $5-150 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , sampel air diambil pada dua titik, masing-masing pada jarak  $1/3$  dan  $2/3$  lebar saluran pada  $0,5 \times$  kedalaman saluran, lalu dihomogenkan menjadi satu sampel (SNI 6989.57, 2008).
4. Pengambilan sampel air menggunakan alat water sampling bottle. Pengambilan sampel dengan cara sesaat (*grab sampling*).
5. Sampel dimasukkan ke dalam botol sampel yang bersih dan tidak mengandung karbon terlarut berukuran 500 ml. Botol sampel tersebut diberi label yang berisi kode dan tanggal pengambilan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Figure 1. Research location map



Gambar 2. Pengambilan sampel air tanah gambut menggunakan modifikasi *pore water sampler*

Figure 2. Peat pore water sampling using modified *pore water sampler*

Pengambilan sampel air tanah gambut menggunakan modifikasi alat *pore water sampling* yang ditancapkan ke dalam tanah gambut, pada kedalaman 0,2; 0,5; dan 0,8 m dari ketebalan gambut di bawah muka air tanah (atas, tengah

dan bawah), pada kedalaman tersebut maka air di dalam tanah gambut (air pori-pori) disedot dengan menggunakan pompa tangan manual (*mityvac*) yang sudah terhubung dengan selang pada *pore water sampling* (Gambar 2).

Rumus penentuan kedalaman pengambilan sampel air tanah gambut adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Atas (A)} &= 0,2(\text{PD}-\text{WT})+\text{WT} \\ \text{Tengah (T)} &= 0,5(\text{PD}-\text{WT})+\text{WT} \\ \text{Bawah (B)} &= 0,8(\text{PD}-\text{WT})+\text{WT} \end{aligned}$$

dimana:

$$\begin{aligned} \text{PD} &= \text{Ketebalan gambut (cm)} \\ \text{WT} &= \text{Kedalaman air tanah (cm)} \end{aligned}$$

**Variabel analisis**

Variabel yang dianalisis adalah konsentrasi Karbon Organik Terlarut atau *Dissolved Organic Carbon* (DOC) dan nilai Absorban 254 nm. Teknik analisis DOC dan pengukuran nilai absorban 254 nm dijelaskan berikut ini.

Menganalisis konsentrasi DOC menggunakan metode pembakaran temperatur tinggi dengan alat TOC-VCPH (SHIMADZU) yang dikerjakan di Laboratorium Ekologi LIPI-Cibinong. Sebelum sampel air diukur menggunakan alat TOC-VCPH (SHIMADZU) dilakukan terlebih dahulu tahap persiapan, yaitu menyaring DOM (bahan organik terlarut) dan POM (bahan organik partikulat) dengan menggunakan *Glass Microfiber Filters* Whatman GF/F 47 mm Ø dengan ukuran pori 0,7 µm, *Glass Microfiber Filters* tersebut ditanur terlebih dahulu dengan suhu 550<sup>0</sup>C selama ± 3 jam untuk menghilangkan bahan organik yang ada pada *Glass Microfiber Filters* tersebut. Setelah itu lakukan penyaringan menggunakan alat gelas dan pompa vakum, di mana DOM lolos dari *Glass Microfiber Filters* sedangkan POM tersaring. Tahap pengukuran konsentrasi DOC menggunakan alat TOC-VCPH (SHIMADZU) merupakan proses pembakaran DOM dengan suhu 680 °C untuk diubah menjadi gas CO<sub>2</sub> lalu sensor *nondispersive infrared* (NDIR) akan secara langsung mengkorelasikannya sebagai konsentrasi DOC.

Sebagian dari sampel yang telah disaring tersebut diukur dengan spektrofotometer pada absorban 254 nm, menggunakan Spektrofotometer UV Vis 1800 Rayleigh, yang dikerjakan di Laboratorium Kualitas Tanah dan Air, Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura. Besar kecilnya nilai absorban 254 nm mencerminkan banyaknya bahan organik suatu larutan (Eaton *et al.* 1995).

**Analisis data**

Hubungan antara nilai DOC dengan absorban 254 nm diuji dengan metode regresi linear. Kami menggunakan program terbuka, yaitu *Real Statistics* pada <http://www.real-statistics.com> untuk program Excell. Analisis regresi tersebut dilakukan atas sampel-sampel yang diambil dari saluran drainase (n = 42), air tanah gambut (n = 54), dan seluruh sampel air saluran drainase dan tanah gambut (n = 96). Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik, anova,

dan model persamaan regresi linear sederhana, dan polinomial order 2, yaitu :

$$\begin{aligned} y &= \alpha + \beta x + \varepsilon \text{ (model persamaan regresi linear)} \\ y &= \alpha + \beta_0 x^2 + \beta_1 x + \varepsilon \\ &\text{(model persamaan regresi polinomial order 2)} \end{aligned}$$

dimana:

$$\begin{aligned} y &= \text{Nilai dugaan DOC (mg l}^{-1}\text{)} \\ \alpha &= \text{Intercep} \\ \beta &= \text{Koefisien} \\ x &= \text{Nilai absorban 254 nm (1 cm}^{-1}\text{)} \\ \varepsilon &= \text{Galat} \end{aligned}$$

**Hasil dan Pembahasan**

Konsentrasi DOC pada air saluran drainase berkisar 6,38-72,84 mg l<sup>-1</sup>, dengan nilai rata-rata dan standar deviasi sebesar 43,93 ± 21,37 mg l<sup>-1</sup>, sedangkan pada air tanah gambut berkisar 35,10-86,99 mg l<sup>-1</sup> dengan rata-rata 56,07 ± 12,83 mg l<sup>-1</sup>. Kisaran nilai absorban 254 nm pada saluran drainase yaitu 0,39-3,4 l cm<sup>-1</sup> dengan nilai rata-rata 2,25 ± 0,98 l cm<sup>-1</sup>, dan pada air tanah gambut berkisar 1,85-3,84 l cm<sup>-1</sup> dengan rata-rata 2,70 ± 0,50 l cm<sup>-1</sup>. Nilai rata-rata dan standar deviasi DOC dan absorban 254 nm seluruh sampel air, yaitu gabungan sampel dari saluran drainase dan tanah gambut sebesar 50,76 ± 18,04 mg l<sup>-1</sup>, dan 2,50 ± 0,77 l cm<sup>-1</sup>.

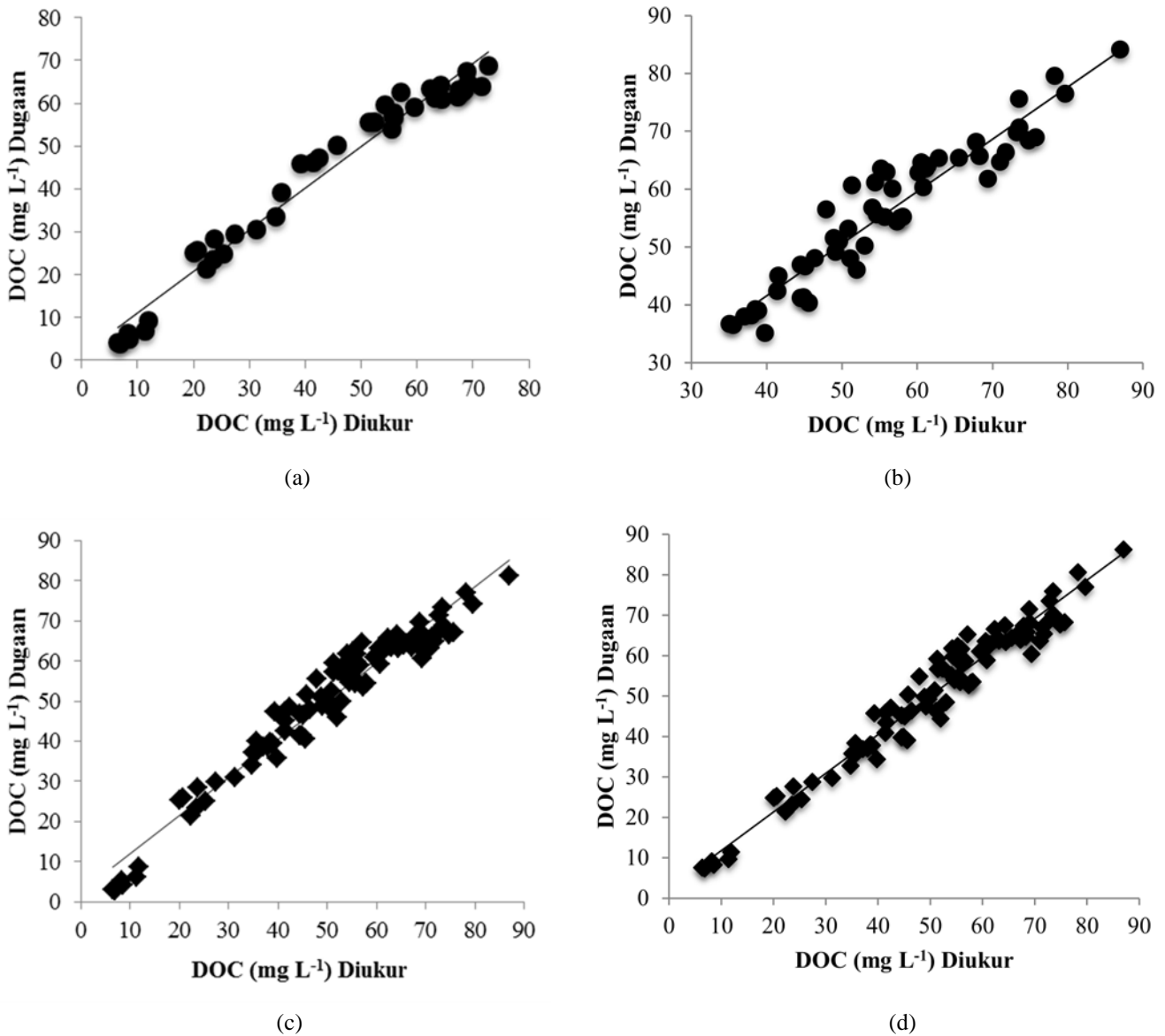
Hasil regresi linear antara nilai DOC dengan absorban 254 nm dari sampel air saluran drainase dan air tanah gambut diringkas pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil regresi antara nilai karbon organik terlarut (DOC) sebagai variabel respon dengan absorban 254 nm sebagai peubah bebas

Table 1. Regression analysis between the dissolve organic carbon (DOC) as the dependent variable and the 254 nm absorbance as the independent variable

Koefisien determinasi	Saluran drainase	Air tanah gambut	Semua sampel (n = 96)	
	(n = 42)	(n = 52)	Linear	Polinomial
R	0,98	0,95	0,97	0,98
R <sup>2</sup>	0,97	0,90	0,95	0,96
R <sup>2</sup> terkoreksi	0,97	0,90	0,95	0,95
α	-4,601	-10,164	-6,078	1,630
β	21,569	24,561	22,723	
β <sub>0</sub>				2,154
β <sub>1</sub>				13,744

Dengan demikian, untuk menduga nilai DOC dalam air saluran drainase pada kubah gambut Rasau Jaya dapat diduga dengan model  $y = 21,569 x - 4,601$  (Persamaan 1).



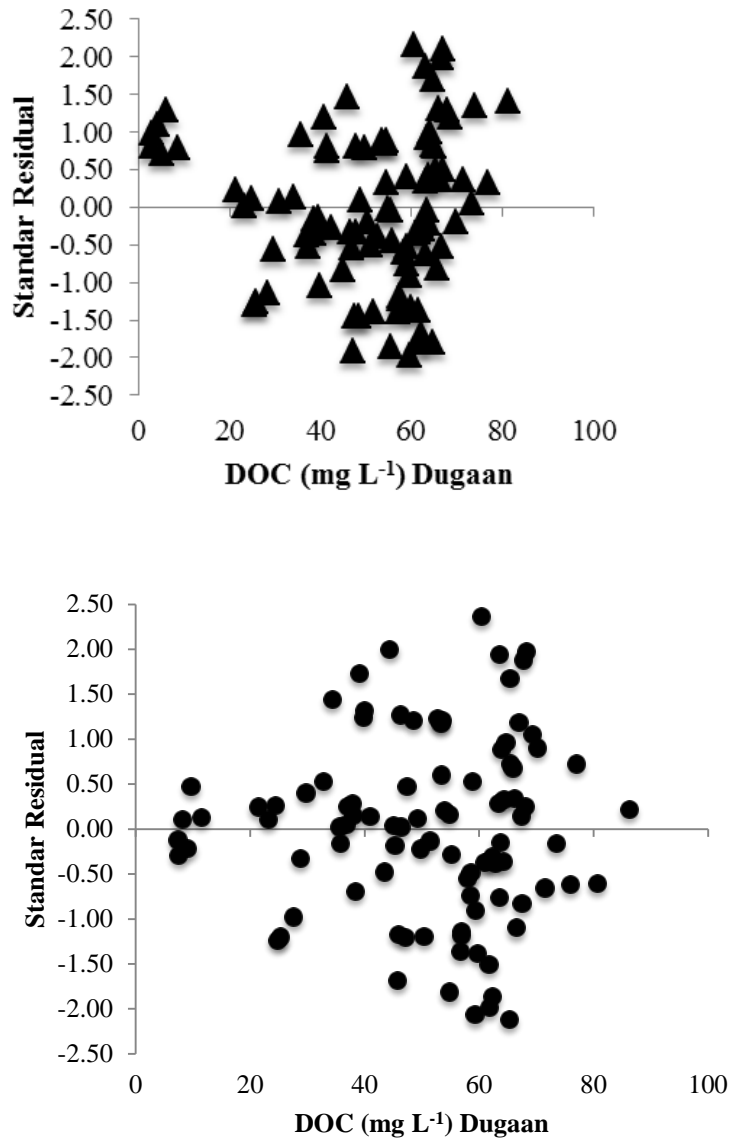
Gambar 3. Diagram sebar antara nilai DOC diukur dengan DOC dugaan dari sampel air saluran drainase (a), air tanah gambut (b), dan seluruh sampel (c) menurut persamaan linear 1, 2, dan 3, serta (d) menurut regresi polinomial persamaan 4

Figure 3. Scatter plot of measured versus projected DOC values of samples from drainage canals (a), peat pore water samples (b), all samples (c) by linear regression equation 1, 2, and 3, and (d) by polynomial regression equation 4

Untuk menduga nilai DOC dalam air tanah pada kubah gambut Rasau Jaya dapat digunakan model  $y = 24,561 x - 10,164$  (Persamaan 2). Dan untuk menduga nilai DOC yang terdapat dalam air saluran drainase dan air tanah gambut pada kubah gambut Rasau Jaya dapat digunakan rumus  $y = 22,723 x - 6,078$  (Persamaan 3). Hasil regresi polinomial dari seluruh sampel adalah:  $y = 2,154 x^2 + 13,744 x + 1,630$  (Persamaan 4). Nilai y merupakan DOC

( $\text{mg l}^{-1}$ ) dugaan, dan x mewakili nilai absorban 254 nm ( $\text{l cm}^{-1}$ ).

Untuk menguji model-model persamaan tersebut, kami membandingkan hasil nilai dugaan DOC dengan nilai DOC yang diukur. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa keempat model memberikan hasil DOC dugaan yang tidak berbeda nyata dengan hasil DOC yang diukur (Gambar 3).



Gambar 4. Penyebaran data DOC dugaan menurut persamaan linear (a) dan menurut persamaan polinomial (b)

Figure 4. Scatter plot of estimated DOC values of all samples by linear regression equation (a) and by polynomial regression equation (b)

Berdasarkan hasil uji Normalitas, sebaran data dari sampel air tanah gambut lebih baik daripada sampel air saluran drainase. Hasil uji Shapiro-Wilk pada sampel air saluran menunjukkan bahwa data absorbansi 254 nm, DOC diukur, dan DOC dugaan menyebar tidak normal, dengan nilai statistik dan nilai p sebesar 0,86 ( $p = 0,000$ ); 0,91 ( $p = 0,000$ ); dan 0,86 ( $p = 0,000$ ), berturut-turut. Sedangkan, uji normalitas Shapiro-Wilk terhadap data absorbansi 254 nm, nilai DOC diukur dan dugaan pada sampel air tanah

gambut menyebar normal, dengan nilai statistik dan nilai p sebesar 0,97 ( $p = 0,21$ ); 0,97 ( $p = 0,21$ ); dan 0,97 ( $p = 0,21$ ), berturut-turut. Namun, penyebaran data absorbansi 254 nm, DOC diukur dan dugaan pada seluruh sampel menyebar tidak normal. Nilai statistik uji Shapiro-Wilk untuk seluruh sampel adalah 0,90 ( $p = 0,000$ ) untuk nilai absorbansi 254 nm, 0,96 ( $p = 0,004$ ) untuk nilai DOC diukur, dan 0,90 ( $p = 0,000$ ) untuk nilai DOC dugaan. Hasil uji normalitas ini mengindikasikan bahwa model regresi

linear yang terbaik untuk menduga nilai DOC dalam air tanah gambut lebih baik dari pada kedua model lainnya. Yang menarik untuk dicatat bahwa hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model polinomial (Lihat Persamaan 4 dan Gambar 3d) merupakan model yang relatif lebih baik dibandingkan dengan model-model lainnya. Hal ini ditunjukkan penyebaran nilai DOC dugaan yang sedikit lebih baik menurut persamaan polinomial dibandingkan dengan persamaan linear (Gambar 4).

## Kesimpulan

Nilai DOC dalam air saluran drainase dan air tanah gambut dapat diduga dari nilai absorban 254 nm yang diukur dengan Spektrofotometer. Secara umum, metode ini cukup baik digunakan sebagai metode alternatif untuk memperkirakan konsentrasi DOC air gambut dari saluran dan tanah gambut di mana saat ini alat untuk mengukur konsentrasi DOC di Indonesia yang berupa alat TOC masih terbatas, namun pada penelitian ini cukup sulit mendapatkan penyebaran data absorban 254 nm dan DOC yang normal, penyebaran data yang normal hanya pada sampel air tanah gambut. Dengan demikian, pendugaan nilai DOC dengan menggunakan nilai absorban 254 nm sebaiknya dilakukan dengan hati-hati, karena hanya berlaku spesifik lokasi, dan terbatas untuk menduga nilai DOC yang kisarannya antara 35 sampai 87 mg l<sup>-1</sup>. Untuk nilai DOC yang lebih kecil dari 35 mg l<sup>-1</sup>, dan lebih besar dari 87 mg l<sup>-1</sup>, dapat diperkirakan dengan persamaan polinomial, seperti persamaan 4.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada *Partnerships for Enhanced Engagement in Research* (PEER) Amerika Serikat, Grant No: NSF 1114161 yang diterima oleh Prof. Dr. Gusti Z. Anshari untuk membantu membiayai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga terhadap Armen, Tita, Paul, Randi, dan Ilham yang telah membantu di lapangan dan laboratorium selama penelitian.

## Daftar Pustaka

- Alkhatib, M., T.C. Jennerjahn, and J. Samiaji. 2007. Biogeochemistry of the Dumai River estuary, Sumatra, Indonesia, a tropical black-water river. *Limnol Oceanogr.* 52(6):2410-2417.
- Anshari, G., M. Afifudin, M. Nuriman, E. Gusmayanti, L. Arianie, R. Susana, R.W. Nusantara, J.S. Rahajoe, and A. Rafiastanto. 2010. Drainage and land use impacts on changes in selected peat properties and peat degradation in West Kalimantan Province, Indonesia. *Biogeosciences.* 7:3403-419.
- Anshari, G., M. Afifudin, and E. Gusmayanti. 2013. Assessing Degradation of Tropical Peat Domes and Dissolved Organic Carbon (DOC) Export from the Belait, Mempawah and Lower Kapuas Kecil Rivers in Borneo. Pontianak (ID): PEER Science Project.
- Baum, A., T. Rixen, and J. Samiaji. 2007. Relevance of peat draining rivers in central Sumatra for the riverine input of dissolved organic carbon into the ocean. *Estuaries, Coast and Shelf Sci.* 73(3):563-570.
- BMKG Pontianak (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Pontianak). 2014. Data Curah Hujan Bulanan Priode Tahun 2002-2013. Pontianak (ID): BMKG.
- Bolan, N.S., S. Baskaran, and S. Thiagarajan. 1999. Methods of measurement of dissolved organic carbon of plant origin in soils, manures, sludges and stream water. In H.F. Linskens and J.F. Jackson (*Eds.*): *Analysis of Plant Waste Materials.* Springer Verlag, Berlin.
- Brandstetter, A., R.S. Sletten, A. Mentler, and W.W. Wenzel. 1996. Estimating dissolved organic carbon in natural waters by UV absorbance (254 nm). *Plant Nutrition and Soil Science.* 159:605-607.
- CEAEQ (Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Quebec). 2007. Sampling Guide for Environmental Analysis: Flow Measurement Methods in Open Channels. Einstein, Bureau (FR): QUEBEC.
- Eaton, A.D., L.S. Clesceri, and A.E. Greenberg. 1995. Standard method 5910B: ultraviolet absorption method. In *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* American Public Health Association. 19<sup>th</sup> ed. Washington DC.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. Hiraishi, T., T. Krug, K. Tanabe, N. Srivastava, J. Baasansuren, M. Fukuda, and T.G. Troxler (*Eds.*). Published: IPCC, Switzerland.
- Ishikawa, T., Trislina, Yurentrie, Ardianor, and S. Gumiri. 2006. Dissolved organic carbon concentration of a natural water body relationship to water color in Central Kalimantan, Indonesia. *Limnology* 7:143-146.
- Leenheer, J.A. and J.P. Croue. 2003. Characterizing dissolved: aquatic organic matter. *Environmental Science & Technology* 1:18-26.
- Moore, S., V. Gauci, C.D. Evans, and S.E. Page. 2011. Fluvial organic carbon losses from a Bornean blackwater river. *Biogeosciences.* 8:901-909.
- Moore, S., C.D. Evans, S.E. Page, M.G. Garnett, T.G. Jones, C. Freeman, A. Hooijer, A. Wiltshire, S. Limin, and V. Gauci. 2013. Deep instability of deforested tropical peatlands revealed by fluvial organic carbon fluxes. *Nature.* 493:660-664.
- Ritung, S., Wahyunto, K. Nugroho, Sukarman, Hikmatullah, Suparto, dan C. Tafakresnanto. 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1:250.000. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.

SNI (Standar Nasional Indonesia). 2008. Air dan Air Limbah-Bagian 57: Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. Jakarta (ID): SNI 6989.57.

Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. Eleventh Edition. Eleventh Edition. Washington (US): USDA, NRCS.