

HUBUNGAN KARBON ORGANIK TERLARUT DENGAN SIFAT TANAH PADA TOPOSEKUEN DI TAMAN NASIONAL BUKIT DUABELAS

The Relationship of Dissolved Organic Carbon with Soil Properties on Toposequence in the Bukit Duabelas National Park

Syamsul Arifin¹⁾, Arief Hartono^{2)*}, Kukuh Murti Laksono²⁾, Syaiful Anwar²⁾, Sunarti³⁾ dan Yakov Kuzyakov⁴⁾

¹⁾ Program Studi Ilmu Tanah, Sekolah Pascasarjana IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

²⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

³⁾ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

⁴⁾ Department of Soil Science of Temperate Ecosystems, University of Göttingen, 37077 Göttingen, Germany

ABSTRACT

The organic matter in forest ecosystem that contribute to the organic horizon of soil profile decomposes to CO₂. The DOC (dissolved organic carbon) leached to the mineral soil horizons could be decomposed, leached or adsorbed onto mineral surfaces. The effect of soil properties to the DOC dynamic has not been fully understood because of limited data. The objective of this research was to characterize the DOC in Bukit Duabelas National Park and reveal the effect of soil profile position in toposequence and soil properties to the DOC. Six soil profiles were made with different position in toposequence (two soil profiles on each upper, middle, and lower slope). Lysimeters were installed horizontally (in AO, AB and B horizons and in each soil profiles) and connected to a bottle collector that placed on the bottom of soil profile. The soil samples were collected from the each of the soil profiles, at the beginning of the research, while soil solutions were collected periodically. The results showed that independent sample t-test revealed that fluxes of DOC of soil profile on the lower slope were different from that of soil profiles on the upper and middle slopes. The concentration, amount, and fluxes of DOC in soil profile on the lower slope was higher than those of soil profiles on the upper and the middle slopes. Independent sample t-test also revealed that fluxes of DOC of AO horizons were different from those of AB and B horizons. The concentration, amount, and fluxes of DOC of AO horizon was higher than those of AB and B horizons. The result of Pearson correlation showed positive correlations between DOC fluxes with organic-C, total-N, and Cation Exchange Capacity (CEC), but negative correlation with soil bulk density, pH, and Fe dithionite-citrate-bicarbonate (Fe_d) content. The results suggested that soil profile on the lower slopes on toposequence had higher amount of DOC than that on other soil profiles above it. Horizon AO had higher amount of DOC than that of AB and B horizons. The increase of organic-C, total N and CEC increased DOC. On the other hand the increase of soil bulk density, pH and Fe_d decreased DOC.

Keywords: DOC, horizon, soil organic matter, toposequence

ABSTRAK

Bahan organik dalam ekosistem hutan yang berkontribusi pada horizon organik dalam profil tanah terdekomposisi menjadi CO₂. DOC (karbon organik terlarut) yang tercuci melalui horizon tanah mineral dapat didekomposisi, larut sebagai DOC atau diserap ke permukaan mineral. Pengaruh sifat-sifat tanah terhadap dinamika DOC belum sepenuhnya dipahami karena data yang terbatas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh dari toposekuen terhadap sifat tanah dan DOC. Enam profil tanah dibuat dengan perbedaan posisi lereng dalam toposekuan. Lisimeter dipasang horisontal (di horizon AO, AB, dan B di setiap profil tanah) dan dihubungkan dengan botol kolektor yang diletakkan di bawah profil tanah. Sampel tanah dikumpulkan dari setiap profil tanah pada awal penelitian, sedangkan larutan tanah dikumpulkan secara periodik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil uji beda rata-rata fluks DOC pada toposekuen menunjukkan bahwa fluks DOC di profil tanah lereng bawah dengan fluks DOC di profil tanah lereng atas dan tengah berbeda. Konsentrasi, jumlah, dan fluks DOC di profil tanah lereng bawah lebih tinggi dibandingkan di profil tanah lereng atas dan lereng tengah. Hasil uji beda rata-rata fluks DOC antar horizon tanah menunjukkan fluks DOC di horizon AO dengan fluks DOC di horizon AB dan B berbeda. Konsentrasi, jumlah, dan fluks DOC di horizon AO lebih tinggi dibandingkan di horizon AB dan horizon B. Hasil korelasi Pearson menunjukkan bahwa fluks DOC berkorelasi positif dengan C-organik, total-N, dan kapasitas tukar kation (KTK), tetapi berkorelasi negatif dengan bobot isi, pH, dan kandungan Fe dithionite-citrate-bicarbonate (Fe_d). Penelitian menghasilkan bahwa profil tanah pada lereng yang lebih rendah secara toposekuen memiliki jumlah DOC yang lebih tinggi dibandingkan dengan profil tanah di atasnya. Horizon tanah AO memiliki jumlah DOC yang lebih tinggi dibandingkan horizon AB dan B. Peningkatan C-organik, N-total, dan KTK meningkatkan jumlah DOC. Di sisi lain peningkatan bobot isi tanah, pH dan Fe_d menurunkan jumlah DOC.

Kata kunci: DOC, horizon, bahan organik tanah, toposekuen

PENDAHULUAN

Bahan organik merupakan komponen yang penting dalam sistem tanah. Bahan organik berperan penting dalam meningkatkan kondisi fisik, biologi, dan kimia tanah. Pada ekosistem hutan, sebagian besar bahan organik dalam tanah merupakan hasil degradasi dan dekomposisi bahan organik yang berupa seresah, biomassa organisme dan humus yang kemudian menghasilkan CO₂, akan tetapi sebagian bahan organik mengalami pencucian dalam bentuk bahan organik terlarut (*Dissolved Organic Matter*). Karbon organik terlarut sering didefinisikan sebagai kontinum molekul organik yang berbeda ukuran dan struktur yang melewati saringan dengan ukuran pori 0.45 µm. Besarnya DOM dalam tanah dapat ditunjukkan dengan karbon organik terlarut (*Dissolved Organic Carbon*) dalam tanah.

Di hutan boreal dan subtropis, fluks DOC dalam siklus karbon mempunyai peran yang sangat penting. Hal ini dikarenakan degradasi dan dekomposisi seresah berjalan lebih lambat dibandingkan di hutan tropis. Fluks DOC di hutan tropis umumnya lebih besar daripada di hutan subtropis (Bond-Lamberty *et al.*, 2004). Hal ini dikarenakan curah hujan di hutan tropis lebih tinggi dan pergantian suhu yang tidak terlalu ekstrem dibandingkan hutan subtropis. Selain akibat dari pengaruh curah hujan, perbedaan fluks DOC disebabkan karena sifat dari setiap tanah yang beragam. Fluks DOC di tanah bisa bervariasi di daerah tropis, tergantung pada jenis vegetasi dan bahan induk tanah (Fujii *et al.*, 2011). Taman Nasional Bukit Duabelas merupakan hutan dataran rendah yang memiliki topografi bervariasi. Perbedaan topografi mempengaruhi jumlah curah hujan yang dapat diserap atau disimpan oleh profil tanah, maka air biasanya meresap dari lereng atas ke kaki lereng. Di samping itu air tanah biasanya menjadi lebih dangkal di kaki lereng sehingga tanah menjadi lebih basah dibandingkan dengan lereng atas (Hardjowigeno, 1993). Dalam hal ini juga diperkirakan bahwa besarnya fluks DOC pada setiap lereng dan horison tanah juga berbeda akibat perbedaan sifat fisik-kimia tanah.

Peranan fluks DOC di hutan tropis terutama di Sumatera dalam siklus karbon tanah belum sepenuhnya dipahami karena terbatasnya data. Hal ini penting untuk dilakukan penelitian karena untuk mengetahui seberapa besar kontribusi fluks DOC dalam neraca siklus karbon pada sistem lahan hutan yang tergolong alami. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji DOC pada toposekuen dan mengkaji hubungan sifat tanah dengan DOC di Taman Nasional Bukit Duabelas.

BAHAN DAN METODE

Pelaksanaan dan Pengumpulan Data Penelitian

Penelitian dilakukan bulan April 2014-Juni 2015 di Taman Nasional Bukit Duabelas (TNBD), Jambi. Penentuan lokasi penelitian berdasarkan toposekuen dengan membuat profil tanah di lereng atas, lereng tengah, dan lereng bawah. Pada masing-masing lereng dibuat dua profil tanah yang bertujuan sebagai ulangan. Selanjutnya dilakukan pengambilan sampel tanah dan pemasangan lisimeter di horison AO, AB dan B pada setiap profil tanah (Gambar 1). Lisimeter yang terpasang dihubungkan ke botol kolektor dengan menggunakan selang. Setiap botol kolektor diberikan larutan Kuprum diklorida (CuCl₂) (0.05 mg L⁻¹) sebanyak 5 tetes. Kuprum diklorida diberikan dengan tujuan untuk menghentikan aktivitas organisme sehingga larutan tanah tidak rusak.

Analisis Tanah

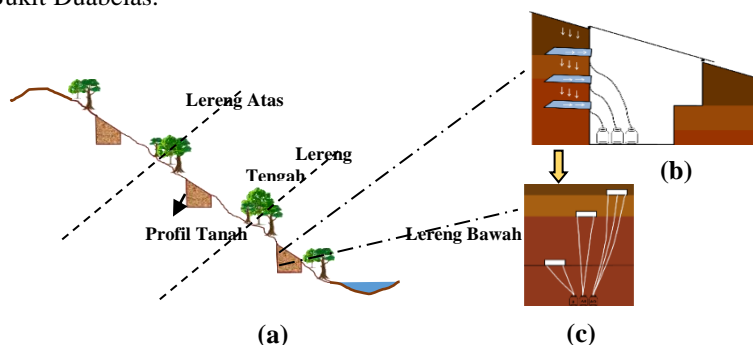
Macam analisis tanah yang dilakukan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Macam analisis tanah

Macam Analisis	Metode	Keterangan
Tekstur	Pipet	
Bobot Isi	Gravimetri	Bobot kering satuan volume
pH	pH elektroda	
C-Organik	Walkley-Black	
N-Total	Kjeldahl	
KTK	Amonium asetat	1 mol L ⁻¹ Amonium asetat pada pH 7.0
Fe _d dan Al _d	dithionite-citrate-bicarbonate	
Fe _o dan Al _o	Oxalate	

Pengambilan, Penyimpanan, dan Analisis Larutan Tanah

Pengambilan sampel larutan tanah dilakukan secara berkala sebanyak delapan kali selama satu tahun dan disesuaikan dengan kondisi hujan yang turun. Setiap sampel larutan tanah yang tertampung dalam botol kolektor dilakukan pengukuran volumenya dan kemudian diambil maksimal sebanyak 500 mL untuk dilakukan analisis konsentrasi DOC.



Gambar 1. (a) Posisi profil tanah, (b) Desain pemasangan lisimeter (tampak samping), (c) Pemasangan lisimeter (tampak depan)

Analisis larutan tanah dilakukan di Laboratorium Ekologi Tumbuhan, Tanah dan Siklus Hara Puslit Biologi-LIPI. Analisis larutan tanah dilakukan dengan metode NPOC (*Non Purgeable Organic Carbon*) untuk mendapatkan konsentrasi DOC. Pada tahap persiapan dilakukan dengan cara memisahkan DOC dan POC (*Particulate Organic Carbon*) menggunakan *microfibre filter Whatman GF/F* dengan ukuran pori 0.45 μm . Sebelum digunakan, *Microfibre filter Whatman GF/F* ditanur terlebih dahulu pada suhu 28.5 °C selama ± 1 jam untuk menghilangkan senyawa organik yang ada pada *microfibre filter Whatman GF/F* tersebut. Proses penyaringan sampel dengan *microfibre filter Whatman GF/F* dilakukan menggunakan siring plastik ukuran 50 mL, DOC akan lolos dari *microfibre filter*, sedangkan POC akan tertahan pada *microfibre filter*. Selanjutnya dilakukan proses pengukuran DOC menggunakan TOC-VCPH SHIMADZU dengan cara pembakaran pada suhu 68.0 °C untuk mengubah karbon organik dalam sampel menjadi gas CO₂ yang selanjutnya dideteksi oleh sensor NDIR (*non-dispersive infrared*) yang langsung terukur sebagai konsentrasi DOC.

Fluks Karbon Organik Terlarut (DOC)

Jumlah DOC menggambarkan banyaknya DOC yang tercuci dalam profil tanah. Perhitungan jumlah DOC sebagai berikut:

$$\Sigma \text{DOC} = V \times C$$

dimana, ΣDOC = Jumlah DOC (mg); V = Volume air perkolasi (L); C adalah DOC konsentrasi DOC (mg L^{-1})

Perhitungan fluks air sebagai berikut:

$$J_w = V / A / \Delta t$$

dimana, J_w = fluks air (cm hari^{-1}); V = volume air perkolasi (L); A = Luas lisimeter (cm^2); t = lama sampling (hari).

Fluks DOC dihitung dengan asumsi besarnya transpor keseluruhan (*bulk transport*) atau konveksi dari bahan kimia terlarut bersama larutan tanah yang mengalir dalam tanah (J_{lc}) (Jury *et al.*, 1991).

$$J_{lc} = J_w \cdot C_1$$

dimana, J_{lc} = Fluks bahan terlarut ($\text{mg cm}^{-2} \text{ hari}^{-1}$); J_w = fluks air (cm hari^{-1}); C_1 = konsentrasi bahan terlarut (mg L^{-1}).

Analisis Data

Uji beda rata-rata (*independent sample t-test*) dilakukan untuk mengetahui perbedaan fluks DOC antar posisi profil tanah (lereng atas, lereng tengah dan lereng bawah) dan antar horison tanah (horison AO, horison AB dan horison B). Untuk mengetahui pengaruh dari sifat tanah terhadap fluks DOC dilakukan uji korelasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Lokasi Penelitian

Kawasan TNBD seluas 60,500 ha ditunjuk dengan Surat Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan Nomor: 258/Kpts-II/2000 tanggal 23 Agustus 2000 melalui perubahan fungsi hutan: sebagian hutan produksi terbatas Serengam Hulu (20,700 ha), sebagian hutan produksi tetap Serengam Hilir (11,400 ha), areal penggunaan lain (1,200 ha) dan kawasan suaka alam dan pelestarian alam (cagar biosfer) Bukit Duabelas (27,200 ha). Semula kawasan ini merupakan kawasan hutan produksi tetap, hutan produksi terbatas dan areal penggunaan lain yang digabung menjadi taman nasional. Hutan alam yang masih ada terletak di bagian Utara Taman Nasional ini, sedangkan yang lainnya merupakan hutan sekunder. Jenis tumbuhan yang ada antara lain bulian (*Eusideroxylon zwageri*), meranti (*Shorea sp.*), menggeris/ kempas (*Koompassia excelsa*), jelutung (*Dyera costulata*), jernang (*Daemonorops draco*), damar (*Agathis sp.*), dan rotan (*Calamus sp.*). TNBD memiliki topografi datar, bergelombang dan berbukitan terletak pada 50-438 m dpl.

Menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson, tipe iklim di TNBD termasuk dalam Tipe A dengan curah hujan terendah tahunan 3,294 mm dan tertinggi 3,669 mm. Suhu terendah 32 °C dan tertinggi 40 °C sedangkan kelembaban udara terendah 80% dan tertinggi 94% (Pusat Informasi Kehutanan Provinsi Jambi, 2015).

Sifat Tanah pada Toposekuen

Hasil deskripsi profil tanah di lapangan dan analisis laboratorium menunjukkan bahwa jenis tanah di lereng atas dan lereng tengah termasuk dalam ordo Ultisol, akan tetapi jenis tanah di lereng bawah termasuk dalam ordo Entisol. Sifat fisik tanah pada setiap profil tanah disajikan dalam Tabel 2 dan sifat kimia tanah pada setiap profil tanah disajikan dalam Tabel 3.

Tekstur tanah di lokasi penelitian sebagian besar merupakan tekstur lempung liat berpasir. Pada profil tanah lereng atas dan lereng tengah terlihat adanya peningkatan fraksi liat pada setiap kedalaman, akan tetapi pada profil tanah lereng bawah tidak menunjukkan adanya peningkatan fraksi liat pada setiap kedalaman. Peningkatan fraksi liat diikuti dengan peningkatan bobot isi tanah sehingga dengan semakin tingginya bobot isi tanah maka menunjukkan tanah semakin padat. Bobot isi dan kepadatan tanah berbanding terbalik dengan porositas total tanah. Semakin rendah bobot isi tanah maka porositas total tanah akan semakin tinggi. Pada semua profil tanah di horison AO memiliki porositas total tanah yang lebih tinggi (rata-rata 55.9%) dibandingkan dengan porositas tanah di horison AB (rata-rata 49.0%) dan horison B (rata-rata 45.8%).

Tabel 2. Hasil analisis sifat fisik tanah di lokasi penelitian

Profil tanah	Kedalaman			Tekstur			Bobot Isi	Porositas total	KA pada pF				Pori drainase			KA tersedia
	cm	Pasir	Debu	Liat	%	g/cm			%	1.0	2.0	2.54	4.2	Cepat	Lambat	
		0-8	8-45	45-84												
P1-1-AO	0-8	24.14	8.29	67.57	1.02	61.64	47.44	37.28	33.04	22.06	10.16	4.24	10.98			
P1-1-AB	8-45	27.92	9.79	62.29	1.28	51.57	47.55	37.59	30.34	21.26	9.96	7.25	9.08			
P1-1-B	45-84	36.69	2.60	60.71	1.32	50.00	43.33	37.35	33.43	24.87	5.98	3.92	8.56			
P1-2-AO	0-9	24.11	6.58	69.31	1.20	54.57	44.82	42.02	31.65	22.05	2.8	10.37	9.60			
P1-2-AB	9-31	29.23	8.36	62.41	1.18	55.39	48.92	43.05	34.21	25.43	5.87	8.84	8.78			
P1-2-B	31-59	34.29	3.96	61.75	1.45	45.46	41.21	35.72	32.91	22.09	5.49	2.81	10.82			
P2-1-AO	0-10	16.85	10.86	72.29	1.37	48.27	36.29	33.15	27.24	18.13	3.14	5.91	9.11			
P2-1-AB	10-41	24.36	11.77	63.87	1.39	40.85	38.41	33.66	26.21	19.47	4.75	7.45	6.74			
P2-1-B	41-74	23.89	13.12	62.99	1.54	41.94	37.15	32.34	24.47	17.14	4.81	7.87	7.33			
P2-2-AO	0-11	20.49	9.94	69.57	1.34	49.25	41.43	37.2	31.50	21.25	4.23	5.70	10.25			
P2-2-AB	11-42	28.05	7.62	64.33	1.53	40.09	37.61	33.16	28.06	21.69	4.45	5.10	6.37			
P3-1-AO	0-17	21.94	14.33	63.73	0.97	63.45	49.74	40.73	38.17	23.64	9.01	2.56	14.53			
P3-1-AB	17-55	13.73	35.54	50.73	1.20	54.88	41.55	37.4	32.44	21.03	4.15	4.96	11.41			
P3-2-AO	0-8	14.85	19.92	65.23	1.10	58.43	48.62	43.67	34.07	20.6	4.95	9.60	13.47			
P3-2-AB	8-52	10.87	21.54	67.59	1.29	51.39	43.17	38.13	35.02	25.96	5.04	3.11	9.06			

P1-1 : profil tanah lereng atas ulangan 1; P1-2 : profil tanah lereng atas ulangan 2; P2-1 : profil tanah lereng tengah ulangan 1; P2-2 : profil tanah lereng tengah ulangan 2; P3-1 = profil tanah lereng bawah ulangan 1; P3-2 : profil tanah lereng bawah ulangan 2; KA : kadar air

Tabel 3. Sifat kimia tanah pada toposekuen

Profil Tanah	Kedalaman cm	pH	C-organik	N total	KTK	Fe _d	Al _d	Fe _o	Al _o
			%		cmol kg ⁻¹	%			
P1-1-AO	0-8	3.8	2.4	0.15	8.68	2.31	2.67	0.57	0.88
P1-1-AB	8-45	4.2	0.8	0.06	5.52	2.43	2.36	0.61	0.69
P1-1-B	45-84	4.5	0.6	0.06	5.92	2.55	4.29	0.69	0.83
P1-2-AO	0-9	3.7	2.6	0.15	7.89	2.08	4.01	0.67	0.67
P1-2-AB	9-31	4.4	1.0	0.07	5.72	2.29	4.15	0.86	0.66
P1-2-B	31-59	4.5	0.6	0.04	4.93	2.46	1.48	1.07	0.64
P2-1-AO	0-10	3.8	1.9	0.14	6.71	1.67	1.48	0.51	0.35
P2-1-AB	10-41	4.1	0.9	0.07	5.13	2.45	3.39	0.68	0.43
P2-1-B	41-74	4.5	0.6	0.04	5.13	2.53	5.17	1.29	0.43
P2-2-AO	0-11	4.2	1.9	0.13	9.87	2.12	3.72	0.72	0.35
P2-2-AB	11-42	4.4	0.6	0.06	4.74	2.35	6.64	1.79	0.79
P3-1-AO	0-17	4.1	1.7	0.11	7.89	1.87	5.61	0.70	0.30
P3-1-AB	17-55	4.6	0.7	0.04	3.95	2.25	4.71	0.80	0.71
P3-2-AO	0-8	4.1	2.4	0.15	9.08	1.90	5.79	0.80	0.27
P3-2-AB	8-52	4.6	0.7	0.04	3.95	1.92	3.93	0.68	0.34

P1-1 : profil tanah lereng atas ulangan 1; P1-2 : profil tanah lereng atas ulangan 2; P2-1 : profil tanah lereng tengah ulangan 1; P2-2 : profil tanah lereng tengah ulangan 2; P3-1 = profil tanah lereng bawah ulangan 1; P3-2 :profil tanah lereng bawah ulangan 2; KTK : kapasitas tukar kation; d : ditionit; o : oksalat

Kadar air pada pF (pF 1.0, pF 2.0, pF 2.54, dan pF 4.2) menggambarkan besarnya pori drainase tanah cepat (selisih antara pF 1.0 dan pF 2.0) dan lambat (selisih antara pF 2.0 dan pF 2.54) dan juga pori air tersedia (selisih antara pF 2.54 dan pF 4.2). Karakteristik sistem pori tanah penting artinya dalam hubungannya dengan penyimpanan dan pergerakan air dan udara di dalam tanah, perakaran tanaman, masalah perambatan dan retensi panas, serta daya tahan panas. Pada semua profil tanah menunjukkan pori drainase cepat di horison AO lebih tinggi dibandingkan pori drainase cepat di horison AB dan horison B. Begitu juga dengan pori drainase lambat pada semua profil tanah di horison AO lebih tinggi dibandingkan pori drainase lambat di horison AB dan horison B. Selain pori drainase, kadar air pada pF juga menggambarkan pori air tersedia. Pada semua profil tanah menunjukkan pori air tersedia di horison AO lebih tinggi dibandingkan pori air tersedia di horison AB dan horison B.

Tabel 3 memperlihatkan adanya perbedaan sifat kimia pada masing-masing profil tanah. Secara umum pada semua profil tanah terlihat horison AO memiliki pH yang lebih rendah (rata-rata 3.95) dibandingkan dengan horison AB (rata-rata 4.38) dan horison B (rata-rata 4.50). Begitu juga dengan kandungan Fe dan Al ditionit (Fe_d dan Al_d), Fe dan Al oksalat (Fe_o dan Al_o) di horison AO lebih rendah dibandingkan di horison AB dan horison B. Akan tetapi di horison AO memiliki kandungan C-organik, N-total, dan kapasitas tukar kation (KTK) lebih tinggi dibandingkan dengan horison AB maupun horison B. Bahan organik (ditunjukkan dengan besarnya C-organik) berperan terhadap sifat kimia antara lain meningkatkan daya jerap dan kapasitas tukar kation, meningkatkan jumlah kation yang dapat dipertukarkan, unsur N, P, dan S diikat dalam bentuk organik, pelarutan sejumlah unsur hara dari mineral oleh asam humat.

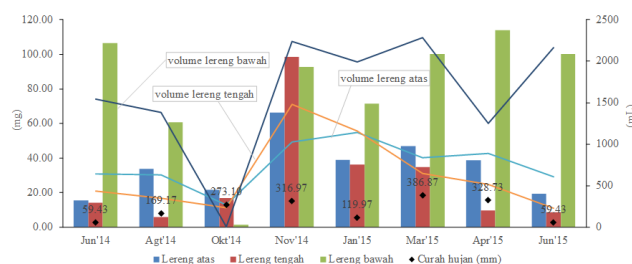
DOC pada Toposekuen

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi DOC di setiap posisi profil tanah pada setiap waktu pengambilan sampel berfluktuasi (Gambar 2). Secara umum konsentrasi DOC di profil tanah lereng bawah lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi DOC di profil tanah lereng atas dan lereng tengah.



Gambar 2. Grafik konsentrasi DOC di profil tanah

Jumlah DOC yang tercuci (mg) dipengaruhi banyaknya air yang tertampung dalam botol kolektor atau air perkolasi (L) dengan konsentrasi DOC (mg L⁻¹). Secara umum jumlah DOC yang tercuci di profil tanah lereng bawah lebih tinggi dibandingkan di profil tanah lereng atas maupun lereng tengah (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik jumlah DOC di profil tanah

Tabel 4. Fluks DOC di profil tanah (Juni 2014 - Juni 2015)

Waktu pengambilan sampel	Profil tanah		
	Lereng atas	Lereng tengah	Lereng bawah
kg ha ⁻¹			
Juni 2014	3.90	3.65	26.6
Agustus 2014	8.41	1.48	15.2
Oktober 2014	5.40	4.24	0.37
November 2014	16.5	24.6	23.2
Januari 2015	9.73	9.14	17.9
Maret 2015	11.8	8.78	25.0
April 2015	9.70	2.51	28.5
Juni 2015	4.82	2.27	25.0
Fluks total (kg ha ⁻¹)	70.3	56.6	162

Fluks DOC secara umum di profil tanah lereng bawah lebih tinggi dibandingkan dengan fluks DOC di profil tanah lereng atas dan lereng tengah (Tabel 4). Kandungan bahan organik dan curah hujan merupakan faktor yang mempengaruhi besarnya air perkolasi yang kemudian menentukan konsentrasi, jumlah, dan fluks DOC yang tercuci. Besarnya konsentrasi DOC di profil tanah lereng bawah karena kandungan bahan organik tanah di profil tanah lereng bawah lebih tinggi dibandingkan di profil tanah lereng atas maupun lereng tengah. Besarnya air perkolasi (volume larutan tanah) tidak diikuti dengan tingginya konsentrasi DOC. Semakin besar volume air perkolasi maka semakin rendah konsentrasi DOC. Hal ini ditunjukkan dengan peningkatan konsentrasi DOC di profil tanah lereng bawah pada bulan Oktober 2014 atau saat air perkolasi tanah kecil akibat dari musim kemarau. Fujii *et al.* (2011) menyatakan bahwa fluks DOC di tanah bisa bervariasi di daerah tropis, tergantung pada jenis vegetasi dan bahan induk tanah. Dari hasil penelitian ini didapatkan dengan bahan induk dan vegetasi yang sama ternyata terdapat perbedaan fluks DOC.

Hasil statistik uji beda rata-rata (*Independent sample t-test*) fluks DOC antar posisi profil tanah pada toposekuen didapatkan tidak adanya perbedaan fluks DOC di lereng atas dengan fluks DOC di lereng tengah, nilai Sig.(2-tailed) sebesar 0.782 > 0.05. Sedangkan terdapat perbedaan fluks DOC di lereng bawah dengan fluks DOC di lereng atas dan fluks DOC di lereng tengah, berturut-turut nilai Sig.(2-tailed) sebesar 0.003 < 0.05 dan 0.007 < 0.05.

DOC di Horison Tanah

Secara umum konsentrasi DOC di horison AO lebih tinggi dibandingkan di horison AB maupun horison B (Gambar 4). Tingginya konsentrasi DOC di horison AO pada bulan Oktober 2014 terjadi pada saat air perkolasi tanah kecil akibat dari musim kemarau.

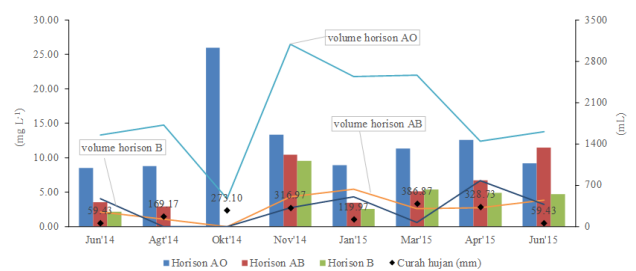
Jumlah DOC di setiap horison tanah terlihat berfluktuasi (Gambar 5). Horison AO selalu menunjukkan jumlah DOC tertinggi (40.0-237 mg) selama kurun waktu setahun dibandingkan dengan jumlah DOC di horison AB (0-23.3 mg) maupun di horison B (0-14.6 mg).

Tingginya konsentrasi dan jumlah DOC di horison AO disebabkan karena horison AO memiliki

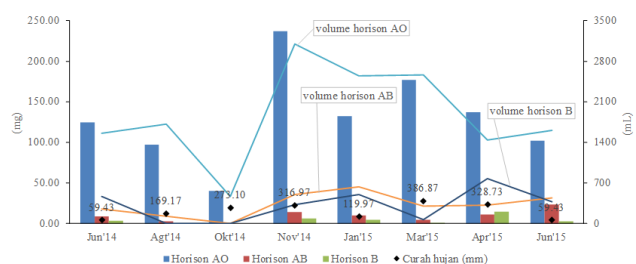
kandungan bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan horison AB maupun horison B. Selain tingginya kandungan bahan organik, faktor curah hujan berperan dalam tercuci DOC. Horison O merupakan sumber utama dari DOC (Michalzik *et al.*, 2001). Fujii *et al.* (2011) menyatakan bahwa konsentrasi DOC pada larutan tanah dipengaruhi oleh kelembaban tanah. Hasil penelitiannya menemukan tingginya konsentrasi DOC di horison O pada saat musim kemarau. Konsentrasi DOC pada musim kemarau tinggi, hal ini karena pada musim kemarau proses degradasi dan dekomposisi bahan organik di dasar hutan tinggi dan tercuci dalam tanah rendah sehingga terjadi akumulasi DOM.

Fluks DOC di setiap horison di semua profil tanah dalam kurun waktu setahun (Juni 2014 - Juni 2015) disajikan pada Tabel 5. Pada setiap pengambilan sampel di semua profil tanah (lereng atas, tengah, dan bawah) menunjukkan fluks DOC di horison AO lebih tinggi dibandingkan dengan fluks DOC di horison AB maupun horison B. Tingginya konsentrasi DOC dan diikuti dengan tingginya fluks air di horison AO menyebabkan fluks DOC di horison AO lebih tinggi. Konsentrasi DOC di horison AO pada bulan Oktober 2014 terlihat paling tinggi selama kurun waktu satu tahun. Masuknya musim hujan bulan November 2014 menyebabkan meningkatnya fluks air sehingga DOC yang terakumulasi di horison AO pada bulan Oktober 2014 mengalami pencucian. Sehingga dengan semakin meningkatnya kedalaman tanah maka fluks DOC akan semakin menurun. Fujii *et al.* (2011) melaporkan fluks DOC di profil tanah meningkat signifikan di horison O dan mengalami penurunan dengan meningkatnya kedalaman tanah pada setiap lokasi penelitian.

Hasil statistik uji beda rata-rata (*Independent sample t-test*) fluks DOC antar horison dalam profil tanah didapatkan adanya perbedaan fluks DOC di horison AO dengan fluks DOC di horison AB dan fluks DOC di horison B, berturut-turut nilai Sig.(2-tailed) sebesar 0.003 < 0.05 dan 0.004 < 0.05. Akan tetapi tidak terdapat perbedaan fluks DOC di horison AB dengan fluks DOC di horison B, nilai Sig.(2-tailed) sebesar 0.782 > 0.05.



Gambar 4. Grafik konsentrasi DOC di setiap horison tanah



Gambar 5. Grafik jumlah DOC di setiap horison tanah

Pengaruh Sifat Tanah terhadap DOC

Lingkungan berperan penting dalam pencucian maupun fluks DOC, salah satunya adalah curah hujan. Fluks DOC dari horison O dapat bervariasi tergantung pada iklim, vegetasi, dan jenis tanah (Fujii *et al.*, 2009a). Fluks DOC dari horison O utamanya dipengaruhi oleh iklim, dimana tingginya fluks DOC terjadi karena meningkatnya curah hujan dan input C (Kleja *et al.*, 2008; Fujii *et al.*, 2009a). Selain curah hujan, faktor lain yang

mempengaruhi pencucian maupun fluks DOC adalah sifat-sifat tanah. Hasil penelitian didapatkan sifat tanah yang mempengaruhi besarnya pencucian maupun fluks DOC diantaranya adalah bobot isi tanah, pH, C-organik, N-total, Kapasitas Tukar Kation (KTK), Fe *dithionite-citrate-bicarbonate* (Fe_d). Besarnya pengaruh sifat tanah terhadap pencucian maupun fluks DOC disajikan dalam tabel korelasi Pearson (Tabel 6).

Tabel 5. Fluks DOC di setiap horison tanah (Juni 2014 - Juni 2015)

Waktu pengambilan sampel	Lereng atas			Lereng tengah			Lereng bawah	
	AO	AB	B	AO	AB	B	AO	AB
	(kg ha ⁻¹)							
Juni 2014	2.97	0.24	0.69	1.57	1.83	0.25	26.6	0.05
Agustus 2014	8.22	0.19	0.00	1.48	0.00	0.00	14.6	0.56
Oktober 2014	5.40	0.00	0.00	4.24	0.00	0.00	0.37	0.00
November 2014	13.9	1.01	1.61	24.0	0.58	0.00	21.2	1.94
Januari 2015	7.55	1.14	1.03	8.39	0.53	0.22	17.1	0.77
Maret 2015	10.8	0.83	0.10	8.49	0.15	0.14	24.9	0.10
April 2015	5.38	0.72	3.61	2.02	0.41	0.07	26.8	1.69
Juni 2015	3.66	0.59	0.58	1.80	0.25	0.21	20.1	4.98
Fluks total (kg ha ⁻¹)	58.0	4.71	7.61	52.0	3.76	0.88	152	10.1

Tabel 6. Korelasi Pearson sifat tanah dengan fluks DOC

Sifat tanah	DOC setiap waktu pengambilan							
	2014				2015			
	Juni	Agustus	Oktober	November	Januari	Maret	April	Juni
Liat	-0.32	-0.33	-0.18	-0.42	-0.40	-0.39	-0.29	-0.49
Bobot isi	-0.35	-0.69**	-0.21	-0.47	-0.59*	-0.58*	-0.34	-0.54*
pH	-0.19	-0.47	-0.82**	-0.66**	-0.54*	-0.53*	-0.15	-0.18
C-organik	0.47	0.72**	0.80**	0.78**	0.78**	0.75**	0.45	0.48
N-total	0.45	0.68**	0.80**	0.84**	0.79**	0.74**	0.43	0.44
KTK	0.47	0.67**	0.61*	0.75**	0.79**	0.68**	0.46	0.44
Fe _d	-0.36	-0.44	-0.43	-0.71**	-0.63*	-0.59*	-0.29	-0.55*
Al _d	0.37	0.24	-0.37	-0.14	0.17	0.16	0.25	0.33
Fe _o	-0.01	-0.24	-0.40	-0.42	-0.30	-0.27	-0.06	-0.18
Al _o	-0.37	-0.24	0.03	-0.38	-0.44	-0.39	-0.30	-0.50

KA : Kadar air; KTK : Kapasitas tukar kation; _d : ditionit; _o : oksalat
 * : Korelasi nyata pada taraf 0.05 ; ** : Korelasi nyata pada taraf 0.01

Bobot isi tanah dapat menunjukkan kondisi kepadatan tanah, sehingga dengan semakin tinggi bobot isi (tanah lebih padat) maka air perkolasi tanah akan semakin menurun. Menurunnya air perkolasi tanah akan diikuti oleh rendahnya pencucian maupun fluks DOC. Bobot isi dipengaruhi oleh sifat tanah diantaranya adalah bahan organik dan tekstur tanah.

Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, semakin meningkatnya bobot isi maka diikuti dengan menurunnya kandungan bahan organik dan meningkatnya fraksi liat di profil tanah lokasi penelitian (Tabel 2).

Selain curah hujan dan sifat fisik tanah, sifat kimia tanah juga mempengaruhi pencucian maupun fluks DOC. Dimana pada setiap letak profil tanah dalam

toposekuen di masing-masing horison (AO, AB, dan B) memiliki karakteristik yang berbeda. Hasil penelitian didapatkan tingginya kandungan C-organik, N-total, dan KTK tanah diikuti pula dengan meningkatnya pencucian maupun fluks DOC, sebaliknya semakin tinggi pH dan kandungan Fe *dithionite-citrate-bicarbonate* (Fed) tanah maka semakin rendah pencucian maupun fluks DOC. Pada Tabel 6 terlihat adanya korelasi positif antara C-organik, N-total dan KTK dengan fluks DOC, akan tetapi menunjukkan korelasi negatif antara bobot isi, pH dan Fe_d dengan fluks DOC. Dalam hal ini berarti besarnya fluks DOC berarti dipengaruhi oleh keberadaan C-organik, N-total, KTK, pH, bobot isi dan Fe_d dalam tanah.

Selama proses degradasi dan dekomposisi, C-organik dipergunakan oleh mikroorganisme sebagai sumber energi dan N yang diinkorporasikan sebagian yang digunakan untuk pembentukan sel mikroorganisme. Tan (1991) menyatakan umumnya senyawa humat memiliki kadar nitrogen berkisar antara 0.7-2.6% pada asam fulvat dan 2-5% pada asam humat. Dengan demikian, antara kandungan C-organik dan N-total dalam tanah akan mempunyai pengaruh positif terhadap pembentukan DOM, dalam hal ini juga berarti memberikan pengaruh positif terhadap DOC yang dihasilkan.

DOC bersumber dari bahan organik yang mengalami degradasi dan dekomposisi dan umumnya berada di horison O, dalam penelitian ini adalah horison AO. DOC yang tercuci dari horison AO ke horison AB dan horison B dapat menyebabkan keasaman tanah pada horison AB. Hal ini terlihat horison AO yang memiliki pH lebih rendah (rata-rata 3.95) dibandingkan dengan horison AB (rata-rata 4.38) maupun horison B (rata-rata 4.5).

Cronan dan Aiken (1985) menemukan adanya korelasi negatif antara konsentrasi DOC dengan pH (4.8-3.5) di horison O/A di tiga DAS dengan vegetasi hutan. Translokasi DOC dari horison O diduga dapat mempengaruhi terhadap keasaman tanah (pH <4.3; Spodosol dan Ultisol) pada iklim yang lembab (Ugolini dan Dahlgren, 1987; Do Nascimento *et al.*, 2008; Fujii *et al.*, 2009b). Hal yang sama juga didapatkan Fujii *et al.* (2009a) yang menyatakan bahwa semakin tinggi fluks DOC disebabkan oleh tingginya konsentrasi lignin pada serasah dan besarnya akumulasi humus di horison O pada tanah dengan pH rendah.

Kandungan oksida besi (Fe_d) berperan penting terhadap DOC. Kandungan oksida besi berperan dalam menyerap DOC, dimana dengan semakin tinggi kandungan oksida besi maka pencucian maupun fluks DOC akan lebih rendah. Besarnya konsentrasi dan fluks DOC pada horison tanah mineral (horison B) berbeda dengan horison AO, dimana konsentrasi dan fluks DOC akan semakin menurun karena adanya mineralisasi dan adsorpsi pada horison B (seperti reaksi pertukaran ligan, pertukaran anion) (Kalbitz *et al.*, 2000; Kaiser dan Zech, 2000). Adsorpsi DOC dapat dihubungkan dengan besarnya kandungan Fe and Al oxide/hydroxide pada tanah (Moore *et al.*, 1992). McDowell dan Wood (1984) menemukan adsorpsi DOC pada horison B meningkat dengan penambahan garam-garam Fe dan Al. Selain itu mobilisasi DOC dari dasar hutan berkorelasi negatif dengan konsentrasi asam larut Fe dan Al dalam serasah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian ini yang disajikan pada tabel korelasi Pearson (Tabel 6), dimana hasil korelasi menunjukkan korelasi negatif antara kandungan oksida besi ditunjukkan dengan nilai Fe dithionite-citrate-bicarbonate (Fe_d) dengan pencucian maupun fluks DOC. Sehingga dengan semakin tinggi kandungan oksida besi maka pencucian maupun fluks DOC akan semakin rendah.

SIMPULAN

Konsentrasi, jumlah, akumulasi dan fluks DOC posisi profil tanah di lereng bawah lebih tinggi dibandingkan di lereng atas dan lereng tengah. Begitu juga dengan konsentrasi, jumlah, akumulasi dan fluks DOC di

horison AO lebih tinggi dibandingkan di horison AB maupun horison B.

Hasil uji beda rata-rata (*independent sample t-test*) fluks DOC di lereng bawah berbeda dengan fluks DOC di lereng atas maupun lereng tengah. Akan tetapi fluks DOC di lereng atas tidak berbeda dengan fluks DOC di lereng tengah. Begitu juga dengan hasil uji beda rata-rata (*independent sample t-test*) fluks DOC di horison AO berbeda dengan fluks DOC di horison AB maupun horison B. Akan tetapi fluks DOC di horison AB tidak berbeda dengan fluks DOC di horison B.

Hasil korelasi Pearson didapatkan adanya korelasi positif antara porositas total, kadar air tersedia, C-Organik, N-Total, dan KTK dengan fluks DOC, selain itu didapatkan adanya korelasi negatif antara bobot isi, pH dan Fe_d dengan fluks DOC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ABS CRC990 yang memberikan bantuan dana dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bond-Lamberty, B., C. Wang and S.T. Gower. 2004. A global relationship between the heterotrophic and autotrophic components of soil respiration?. *Global Change Biology*, 10: 1756–1766.
- Cronan, C.S. and G.R. Aiken. 1985. Chemistry and transport of soluble humic substances in forested watersheds of the Adirondack Park, New York. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 49: 1697-1705.
- Do Nascimento, R., E. Fritsch, G.T. Bueno, M. Bardy, C. Grimaldi and A.J. Melfi. 2008. Podzolization as a deferralitization process: dynamics and chemistry of ground Ana surface waters in an Acrisol–Podzol sequence of the upper Amazon Basin. *European Journal of Soil Science*, 59: 911-924.
- Fujii, K., A. Hartono, S. Funakawa, M. Uemura and T. Kosaki. 2011. Fluxes of dissolved organic carbon in three tropical secondary forests developed on serpentine and mudstone. *Geoderma*, 163: 119-126.
- Fujii, K., M. Uemura, C. Hayakawa, S. Funakawa, Sukartiningsih, T. Kosaki and S. Ohya. 2009a. Fluxes of dissolved organic carbon in two tropical forest of East Kalimantan Indonesia. *Geoderma*, 152: 127-136.
- Fujii, K., S. Funakawa, C. Hayakawa, Sukartiningsih and T. Kosaki. 2009b. Quantification of proton budgets in soils of cropland and adjacent forest in Thailand and Indonesia. *Plant Soil*, 316: 241–255.
- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo, Jakarta.

- Jury, W.A., W.R. Gardner and W.H. Gardner. 1991. *Soil Physics*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Kaiser, K. and W. Zech. 2000. Dissolved organic matter sorption by mineral constituents of subsoil clay fractions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163: 531-535.
- Kalbitz, K., S. Solinger, J.H. Park, B. Michalzik and E. Matzner. 2000. Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: A review. *Soil Science*, 165: 277-304.
- Kleja, D.B., M. Svensson, H. Majdi, P.E. Jansson, O. Langvall, B. Bergkvist, M.B. Johansson, P. Weslien, L. Truusb, A. Lindroth and G.I. Agren. 2008. Pools and fluxes of carbon in Three Norway spruce ecosystems along a climatic gradient in Sweden. *Biogeochemistry*, 89: 7-25.
- McDowell, W.H. and T. Wood. 1984. Podzolization: Soil processes control dissolved organic carbon concentration in stream water. *Soil Science*, 137: 23-32.
- Michalzik, B., K. Kalbitz, J.H. Park, S. Solinger and E. Matzner. 2001. Fluxes and concentrations of dissolved organic carbon and nitrogen-a synthesis for temperate forests. *Biogeochemistry*, 52: 173-205
- Moore, T.R., W. Desouza and J.F. Koprivnjak. 1992. Controls on the sorption of dissolved organic carbon in soils. *Soil Science*, 154: 120-129.
- Tan, K.H. 1991. *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Gadjah Mada University Press. 295p
- Ugolini, F.C. and R.A. Dahlgren. 1987. The mechanism of podzolization revealed by soil solution studies. In: Righi, D. And A. Chauvel (ed.), *Podzols and Podzolization. Assoc. Franc. Etude Sol. INRA, Plaisir et Paris*, 195-203.
-