

## PENCUCIAN KARBON ORGANIK PADA LAHAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT PTPN VI JAMBI

### *Leaching of Organic Carbon in Oil Palm Plantation Area PTPN VI JAMBI*

**Ginanjar Ika Septiawan<sup>1)\*</sup>, Enni Dwi Wahjunie<sup>2)</sup>, Kukuh Murtilaksono<sup>2)</sup> dan  
Yiyi Sulaeman<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> Program Studi Ilmu Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16680

<sup>2)</sup> Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB University, Jl. Meranti Kampus IPB Dramaga Bogor 16680

<sup>3)</sup> Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar Cimanggu Bogor 16111

#### ABSTRACT

*The development of oil palm plantations in Indonesia is quite intensive, has affected land use change. Such conditions can accelerate land degradation and change hydrological conditions, especially if land management has not considered the aspect of soil and water conservation. High rainfall can cause surface runoff and erosion which carry an organic matter and nutrients to the river. The next impact reduces soil fertility on agricultural land and pollution in the river. This research aims to observe leaching of dissolved organic carbon and ions in river as an indicator of land degradation. This research is a field experiment that uses exploratory descriptive survey methods. The results showed that there was leaching of organic carbon in the form of dissolved organic carbon (DOC) as well as dissolved elements in the form of nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), aluminum ( $\text{Al}^{3+}$ ), and manganese ( $\text{Mn}^{2+}$ ) at the study site. The concentration of dissolved ions at the outlet in the form of DOC,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , and  $\text{Al}^{3+}$  has not been influenced by stream discharge. DOC concentrations in the river have a high correlation relationship with  $\text{Fe}^{2+}$  (0.94) and  $\text{Al}^{3+}$  (0.96). The multi regression model obtained:  $\text{DOC} = 2.49 + 0.90 \text{Al}^{3+} + 3.17 \text{Fe}^{2+}$ ;  $R^2 \text{ Adj} = 0.94$ , showed that  $\text{Al}^{3+}$  and  $\text{Fe}^{2+}$  had an influence on DOC of 94%.*

*Keywords: Ion concentration, leaching of DOC, oil palm land, stream discharge*

#### ABSTRAK

Perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang pesat, telah dapat mempengaruhi perubahan penggunaan lahan. Kondisi seperti ini dapat mempercepat degradasi lahan maupun perubahan kondisi hidrologi, terutama jika pengelolaan lahan kurang memperhatikan aspek konservasi tanah dan air. Curah hujan yang tinggi dapat menimbulkan aliran permukaan dan erosi yang dapat membawa bahan organik dan unsur-unsur hara menuju sungai. Dampak selanjutnya adalah pengurangan kesuburan tanah di lahan pertanian dan pencemaran di sungai. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pencucian karbon organik beserta ion-ion terlarut di sungai sebagai indikator degradasi lahan. Penelitian ini merupakan percobaan lapangan yang menggunakan metode survei secara eksploratif deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan terjadi pencucian karbon organik dalam bentuk *dissolved organic carbon* (DOC) maupun unsur-unsur terlarut dalam bentuk nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ), dan mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ) di lokasi penelitian. Konsentrasi ion terlarut di outlet dalam bentuk DOC,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , dan  $\text{Al}^{3+}$  belum dipengaruhi oleh debit aliran sungai. Konsentrasi DOC di air sungai memiliki hubungan korelasi yang tinggi dengan  $\text{Fe}^{2+}$  (0.94) dan  $\text{Al}^{3+}$  (0.96). Model multi regresi yang dihasilkan adalah:  $\text{DOC} = 2.49 + 0.90 \text{Al}^{3+} + 3.17 \text{Fe}^{2+}$ ;  $R^2 \text{ Adj} = 0.94$ , menunjukkan bahwa  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Fe}^{2+}$  memiliki pengaruh terhadap DOC sebesar 94%.

*Kata kunci: Debit aliran sungai, konsentrasi ion, lahan kelapa sawit, pencucian DOC*

#### PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) adalah salah satu tanaman yang paling cepat berkembang di daerah tropis. Laju pertumbuhan luas lahan perkebunan kelapa sawit dari tahun 2015 hingga 2016 adalah 5.81% (Ditjenbun, 2016). Perkembangan luas perkebunan kelapa sawit mendorong perubahan penggunaan lahan yang dapat mempengaruhi ekosistem maupun hidrologi kawasan. Pengelolaan lahan kelapa sawit yang tidak memperhatikan teknik konservasi tanah dan air, dapat mempercepat degradasi lahan. Aliran permukaan dan erosi dapat membawa partikel-partikel tanah beserta bahan organik dan unsur hara dari lahan

kelapa sawit. Kondisi ini dapat menurunkan kesuburan tanah (Noor, 2006).

Kehilangan bahan organik dan unsur hara melalui aliran permukaan dan erosi di kebun kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh faktor iklim, tanaman, topografi, jenis tanah, dan pengelolaan lahan. Tingginya curah hujan di negara tropis, khususnya Indonesia sangat berpengaruh terhadap pencucian karbon organik dan unsur hara. Hinton *et al.* (1997) dan Bernal *et al.* (2005) menyatakan bahwa pencucian unsur hara selama hujan penting karena aliran air hujan berperan dalam pemindahan unsur hara seperti nitrogen. Karbon yang hilang dari lahan melalui aliran permukaan dapat terbawa hingga ke badan sungai dalam

bentuk karbon organik terlarut atau *dissolved organic carbon* (DOC). Akibat intensitas curah hujan yang tinggi menyebabkan ketersediaan DOC tanah-tanah di daerah tropis tergolong rendah (Zech dan Guggenberger, 1997). Chantigny (2003) menambahkan bahwa ketersediaan DOC juga dipengaruhi oleh kadar bahan organik tanah, pH, curah hujan, dan tipe penggunaan lahan.

Sebagian besar aktivitas akar sawit terdapat pada kedalaman 1 (satu) meter (Ng *et al.*, 2003) dan curah hujan yang tinggi di daerah tropis dapat meningkatkan resiko pencucian unsur hara di perkebunan kelapa sawit (Pardon *et al.*, 2016). Beberapa penelitian untuk menilai hilangnya N melalui proses pencucian di perkebunan kelapa sawit telah dilakukan oleh Corley dan Tinker (2003) dan Comte *et al.* (2012), dan penelitian tentang pencucian DOC di lahan hutan juga telah dilakukan oleh Arifin *et al.* (2017). Namun penelitian tentang pencucian DOC dan unsur hara dari lahan kelapa sawit yang masuk ke aliran sungai belum dilakukan, sehingga perlu dilakukan penelitian tersebut. Proses kehilangan unsur hara, baik berupa ion terlarut atau teradsorpsi dalam koloid tanah, melalui aliran permukaan dan erosi dari lahan pertanian merupakan *non point source* ke badan sungai.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji 1) besarnya konsentrasi DOC, nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, dan Mn<sup>2+</sup> pada beberapa titik dalam aliran sungai, 2) hubungan debit dengan konsentrasi DOC, nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, dan Mn<sup>2+</sup> di outlet, 3) hubungan DOC dan anion terlarut (nitrat, fosfat) dengan kation (Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, dan Mn<sup>2+</sup>), dan 4) model regresi hubungan DOC dengan kation anion di outlet DAS Mikro Bajubang.

**BAHAN DAN METODE**

**Tempat dan Waktu**

Penelitian dilakukan pada bulan September - Desember 2017 di DAS Mikro Bajubang pada luasan 168 hektar di dalam areal perkebunan kelapa sawit PT Perkebunan Nusantara VI, Jambi (Gambar 1). Secara administratif terletak di Desa Bajubang, Kecamatan

Bajubang, Kabupaten Batanghari, Provinsi Jambi. Sampel tanah dan air di analisis di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

**Prosedur Penelitian**

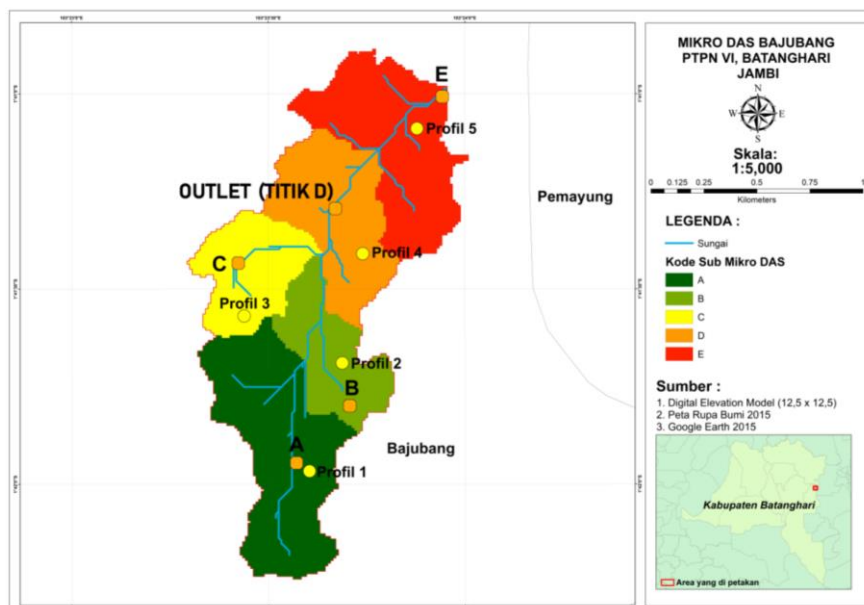
**Penetapan lokasi**

Penetapan lokasi penelitian diawali dengan proses deliniasi batas DAS menggunakan *Digital Elevation Model* (DEM) yang menghasilkan peta DAS mikro Bajubang dengan luas 168 hektar. Lokasi penelitian berada pada areal perkebunan kelapa sawit PT Perkebunan Nusantara VI, Jambi (Gambar 1). Pengamatan konsentrasi ion-ion tercuci dari wilayah DAS mikro dilakukan pada lima titik outlet, yang mewakili setiap sub DAS mikro Bajubang (A, B, C, D, dan E); walaupun titik pengamatan D juga termasuk wilayah A, B, dan C dan titik pengamatan E mewakili seluruh wilayah DAS mikro Bajubang. Penetapan lima lokasi ini berdasarkan peta mikro DAS, posisi hulu, tengah dan hilir DAS mikro Bajubang, serta kondisi tanaman penutup tanah yang bervariasi (Tabel 1). Posisi tiap titik koordinat direkam menggunakan *Global Positioning System* (GPS).

**Pengamatan dan Pengambilan Sampel Air di Lapang**

Pengambilan sampel air dilakukan badan sungai di lima titik (A, B, C, D, dan E) di badan sungai (Gambar 1) dengan menggunakan botol sampling 600 ml. Air sungai diambil pada titik tengah dari lebar sungai dan kedalaman air sungai. Waktu pengambilan sampel air sungai dilakukan setiap 3-4 hari antara pukul 06:00-18:00 WIB jika kondisi tidak hujan. Pengambilan sampel air pada saat hujan langsung pada saat hari terjadi hujan, atau keesokan harinya jika hujan terjadi pada malam hari.

Perbedaan kondisi dan karakteristik di setiap wilayah sub DAS mikro Bajubang dapat memberikan pengaruh terhadap pencucian ion. karena ion-ion yang tercuci melalui aliran permukaan dan erosi ini merupakan *non point source*. Kondisi wilayah tiap sub DAS mikro Bajubang ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Mikro DAS Bajubang di areal perkebunan kelapa sawit PT Perkebunan Nusantara VI, Jambi.

Tabel 1. Kondisi wilayah di titik lokasi penelitian

Lokasi penelitian	Kondisi umum wilayah
Titik A	Kebun kelapa sawit, hulu DAS Mikro Bajubang, kelas lereng 8% - 15%, tanaman semak terjaga lebih dari 90% dari sub DAS
Titik B	Kebun kelapa sawit, hulu DAS Mikro Bajubang, kelas lereng 8% - 15%, tanaman semak terjaga lebih dari 85% dari luas sub DAS
Titik C	Kebun kelapa sawit, hulu DAS Mikro Bajubang, kelas lereng 15% - 25%, tanaman semak kurang dari 50% dari luas sub DAS
Titik D	Kebun kelapa sawit, hilir ( <i>output</i> ) DAS Mikro Bajubang, kelas lereng 8%-15%, tanaman semak terjaga lebih dari 80% luas sub DAS
Titik E	Kebun kelapa sawit, hilir DAS Mikro Bajubang, kelas lereng 8 - 15%, tanaman semak terjaga lebih dari 80% luas sub DAS

### Pengukuran Curah Hujan dan Debit

Data curah hujan harian selama penelitian dikumpulkan dari stasiun cuaca terdekat yaitu di *Collaborative Research Centre* 990 (CRC 990) Jambi, dekat titik D. Pengukuran debit air sungai dilakukan pada titik D (Gambar 1). Debit aliran sungai diamati dari tinggi muka air (TMA) dari alat perekam otomatis tinggi muka air (*Hoboware*) yang dipasang pada badan sungai di outlet (titik D) DAS mikro Bajubang PTPN VI. Selanjutnya debit aliran sungai ditetapkan dengan perhitungan kurva kalibrasi lengkung debit (*discharge rating curve*) yang telah dibuat sebelumnya dari hasil pengamatan tinggi muka air dan debit secara berulang.

### Analisis data

Konsentrasi DOC, nitrat, fosfat,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ , dan  $Mn^{2+}$  pada beberapa titik aliran sungai (A, B, C, D, dan E) dibandingkan secara deskriptif. Hubungan debit dengan konsentrasi DOC, nitrat ( $NO_3^-$ ), fosfat ( $PO_4^{3-}$ ),  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ , dan  $Mn^{2+}$  di outlet dianalisis secara statistik menggunakan uji korelasi. Hubungan DOC dan anion terlarut (nitrat, fosfat) dengan kation ( $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ , dan  $Mn^{2+}$ ) dianalisis secara statistik dengan uji korelasi. Hubungan DOC dengan kation anion di outlet diolah dengan model regresi berganda *stepwise*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Konsentrasi Ion Terlarut pada Lima Titik Pengamatan

Pengukuran konsentrasi ion terlarut pada lima titik di aliran sungai (A, B, C, D, dan E) dilakukan untuk membandingkan ion-ion yang tercuci sebagai *non point source* dari tiap sub DAS Mikro Bajubang. Konsentrasi DOC dan ion-ion nitrat, fosfat,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ , dan  $Mn^{2+}$  ditampilkan pada Tabel 2. Dibandingkan dengan ion-ion lain, DOC merupakan konsentrasi ion terlarut yang paling tinggi di semua titik pengamatan. Adapun mangan ( $Mn^{2+}$ ) merupakan ion terlarut dengan konsentrasi paling rendah. Wilayah dengan outlet titik C merupakan lahan kelapa sawit dengan tutupan lahan yang sangat minim. Pada lokasi tersebut terdapat saluran drainase menuju ke badan sungai yang berfungsi untuk membuang air hujan yang berlebih. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi genangan di lahan tersebut. Kondisi ini yang mempengaruhi tingginya konsentrasi DOC, nitrat,  $Al^{3+}$  dan  $Mn^{2+}$  di lokasi tersebut. Konsentrasi ion-ion yang lebih tinggi di wilayah C dibanding wilayah lain menunjukkan bahwa di lokasi tersebut terjadi pencucian yang lebih besar dibanding lokasi lainnya.

Wilayah dengan outlet titik A merupakan bagian hulu dari DAS mikro Bajubang, pencucian DOC dan ion-ion lainnya juga terjadi, namun dengan konsentrasi yang lebih rendah dibandingkan konsentrasi di titik C. Wilayah sub DAS mikro A di dominasi oleh rumput dan semak belukar yang dapat menjadi sumber bahan organik termasuk

DOC. Gawangan mati sebagai tempat penumpukan sisa-sisa pelepah dan tanaman kelapa sawit di wilayah A terletak di pinggir sungai, sehingga hasil dekomposisi bahan organik tercuci ke air sungai. Hal tersebut dapat menjadi faktor penyebab konsentrasi DOC di titik A juga tinggi.

Tabel 2. Konsentrasi ion terlarut pada lima titik pengamatan selama penelitian

	Konsentrasi ( $mg\ l^{-1}$ )				
	Titik A	Titik B	Titik C	Titik D	Titik E
DOC	42.3	31.9	51.4	39.7	37.7
$NO_3^-$	3.71	5.42	9.71	8.91	8.85
$PO_4^{3-}$	0.08	0.09	0.05	0.22	0.12
$Fe^{2+}$	1.71	0.37	1.69	0.68	0.54
$Al^{3+}$	5.55	1.95	18.12	9.11	6.86
$Mn^{2+}$	0.03	0.05	0.07	0.07	0.07

Perbedaan konsentrasi DOC dan ion-ion pada setiap titik outlet tiap sub DAS mikro disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain perbedaan topografi dan kondisi biofisik tiap sub DAS. Lereng di sub DAS C lebih curam dibandingkan sub DAS A dan B. Hal ini mempengaruhi pola aliran air permukaan dan air yang masuk ke dalam profil tanah (Hidayat, 2013). Jumlah air hujan yang masuk ke dalam tanah (infiltrasi) dan air yang menjadi limpasan (*surface flow*) sampai ke badan sungai berbeda-beda sesuai kondisi tanah di tiap lokasi. Kondisi lapisan tanah atas (*top soil*) yang memiliki lebih banyak bahan organik akan mempengaruhi konsentrasi DOC terlarut pada saat musim hujan. Penelitian Arifin *et al.* (2017) menemukan bahwa kandungan bahan organik dan curah hujan merupakan faktor yang mempengaruhi besarnya air perkolasi yang kemudian menentukan konsentrasi, jumlah, dan fluks DOC yang tercuci. Arifin *et al.* (2017) juga menemukan bahwa besarnya air perkolasi tidak diikuti oleh peningkatan konsentrasi DOC. Hasil penelitiannya menunjukkan peningkatan konsentrasi DOC terjadi pada musim kemarau.

Konsentrasi ion pada lapisan tanah atas (*top soil*) dengan lapisan dibawahnya berbeda, sehingga berpengaruh pada besarnya konsentrasi ion yang tercuci oleh aliran permukaan. Putra *et al.* (2019) menemukan bahwa sebagian besar kation terkonsentrasi pada horizon AO (*top soil*), namun jumlahnya menurun pada horizon di bawahnya (horizon AB dan B), sama halnya seperti anion nitrat dan fosfat yang memiliki jumlah tertinggi pada horizon AO dan menurun pada lapisan dibawahnya.

Ion fosfat ( $PO_4^{3-}$ ) yang tercuci memiliki konsentrasi yang rendah di badan sungai.  $PO_4^{3-}$  mengalami pencucian paling sedikit dikarenakan fosfat dijerap kuat oleh mineral klei dan seskuioksida Al dan Fe (Goldberg dan Sposito, 1985 dalam Mulder dan Cresser, 1994). Pada kondisi tanah masam, fosfat bersifat imobil karena membentuk kompleks dengan ion  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{2+}$  yang tidak larut dalam tanah sehingga menyebabkan sedikitnya fosfat yang berada pada larutan tanah (Do Nascimento *et al.*, 2018; Shen *et al.*, 2011). Konsentrasi  $Mn^{2+}$  yang tercuci hingga ke badan

sungai merupakan yang paling rendah dibanding konsentrasi kation dan anion lainnya. Di dalam tanah Mangan sedikit berada dalam bentuk utama, yaitu ion Mn divalen, karena diikat mineral liat dan bahan organik serta ion tetravalen dalam bentuk oksida dan kadang-kadang berasosiasi dengan konkresi feri-oksida (Russel, 1978). Sebagaimana diungkapkan oleh Mengel dan Kirby (1982) juga Hassett dan Banwart (1992) yang menyatakan bahwa Mn merupakan unsur yang tidak stabil dalam kondisi oksido-reduksi larutan tanah, sehingga kesetimbangan Mn dalam siklusnya di dalam tanah terletak antara berbagai bentuk Mn yang dipengaruhi oleh reaksi-reaksi tersebut.

### Hubungan Debit Sungai dengan Konsentrasi Ion Terlarut di Outlet

Pengukuran debit dan konsentrasi ion terlarut di outlet (titik D) dilakukan untuk mengetahui apakah peningkatan debit sungai berpengaruh terhadap konsentrasi DOC, nitrat, fosfat,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ , dan  $Mn^{2+}$  di outlet. Hubungan debit air sungai dengan besarnya konsentrasi ion terlarut yang merupakan hasil proses pelarutan selama terjadinya aliran permukaan pada outlet DAS mikro Bajubang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Koefisien korelasi debit dengan konsentrasi ion terlarut di outlet

	DOC	$NO_3^-$	$PO_4^{3-}$	$Fe^{2+}$	$Al^{3+}$	$Mn^{2+}$
Debit	0.10	0.18	0.11	0.10	0.13	0.49

Tidak ditemukan korelasi yang kuat antara debit sungai dengan konsentrasi ion terlarut DOC, Nitrat ( $NO_3^-$ ), fosfat ( $PO_4^{3-}$ ), Besi ( $Fe^{2+}$ ), dan Aluminium ( $Al^{3+}$ ). Namun debit sungai memiliki hubungan korelasi sedang dengan konsentrasi Mangan ( $Mn^{2+}$ ). Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan debit sungai selama periode pengamatan tidak begitu besar mempengaruhi peningkatan jumlah konsentrasi ion terlarut dalam air sungai. Berdasarkan kejadian hujan selama pengamatan yang relatif singkat, terlihat bahwa curah hujan tidak nyata meningkatkan pencucian DOC maupun ion-ion di DAS mikro Bajubang. Perlu adanya pengamatan dalam jangka waktu yang lebih lama agar bisa mempelajari pengaruh hujan yang lebih bervariasi terhadap pencucian DOC maupun ion-ion lain.

Konsentrasi ion terlarut yang terbawa oleh aliran permukaan hingga ke badan sungai dapat dijadikan parameter besar kecilnya proses pencucian yang terjadi dalam skala DAS. Aliran air permukaan tidak hanya membawa ion dan bahan organik tanah, tetapi juga bisa membawa mineral-mineral (partikel koloid) tanah. Kandungan mineral tanah yang terlarut dapat meningkatkan konsentrasi ion yang tercuci oleh air hujan hingga ke badan sungai.

Kandungan mineral tanah seperti C-organik, Nitrat, dan koloid dengan KTK yang tinggi lebih banyak terkonsentrasi pada lapisan tanah atas (top soil) sehingga akan lebih mudah mengalami pencucian saat terjadi aliran permukaan. Hasil penelitian Arifin *et al.* (2017) didapatkan bahwa tingginya kandungan C-organik, N-total, dan KTK tanah diikuti dengan meningkatnya pencucian maupun fluks DOC.

### Hubungan DOC dengan Kation dan Anion Terlarut di Air Sungai

Hubungan DOC dengan kation ( $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ , dan  $Mn^{2+}$ ) dan anion terlarut (nitrat, fosfat) maupun hubungan antara anion dan kation terlarut di air sungai dapat menggambarkan proses-proses pergerakan dalam pencucian ion-ion ke air sungai. DOC dapat terlarut terlebih dahulu dari permukaan tanah sebelum terangkut bersama aliran permukaan, atau bergerak terbawa aliran permukaan dalam kondisi terikat oleh kation-kation. Demikian juga pergerakan anion-anion lain (nitrat, fosfat), apakah juga bersama kation atau terlarut dalam bentuk ion terlebih dahulu sebelum diangkut aliran permukaan. Hasil analisis bermanfaat sebagai sumber informasi tentang hubungan keterikatan DOC dengan kation dan anion dalam proses pergerakan di permukaan tanah ataupun di dalam larutan tanah, sehingga dapat mempengaruhi konsentrasi DOC di air sungai.

Korelasi kation anion terlarut di air sungai ditampilkan pada Tabel 4. DOC memiliki korelasi yang tinggi terhadap  $Fe^{2+}$  (0.94) dan  $Al^{3+}$  (0.96), namun rendah terhadap  $Mn^{2+}$  hanya (0.35).

Tabel 4. Koefisien korelasi kation anion air sungai

	Jenis Kation dan Anion				
	$NO_3^-$	$PO_4^{3-}$	$Fe^{2+}$	$Al^{3+}$	$Mn^{2+}$
DOC	0.04	0.39**	0.94**	0.96**	0.35**
$NO_3^-$		0.03	-0.05	0.11	0.22
$PO_4^{3-}$			0.39**	0.37**	0.49**

Keterangan: \*\* Korelasi nyata pada taraf 0.01

Nitrat berkorelasi negatif terhadap  $Fe^{2+}$  (-0.05), berkorelasi sangat lemah terhadap  $Al^{3+}$  (0.11) dan berkorelasi lemah terhadap  $Mn^{2+}$  (0.22). Adapun fosfat tidak memiliki nilai korelasi yang tinggi terhadap  $Fe^{2+}$  (0.39),  $Al^{3+}$  (0.37), dan  $Mn^{2+}$  (0.49). Konsentrasi DOC yang tinggi juga diikuti oleh konsentrasi  $Fe^{2+}$  dan  $Al^{3+}$  yang juga tinggi. Bisa terjadi pergerakan DOC dalam aliran permukaan bersama dengan ion-ion  $Fe^{2+}$  dan  $Al^{3+}$ . Kation yang bermuatan positif dan anion yang bermuatan negatif memiliki peluang untuk saling berikatan dalam larutan tanah (Tan, 2011). Dalam proses pergerakan ion terlarut, anion yang bermuatan negatif memiliki kecenderungan membawa kation yang bermuatan positif.

Rendahnya kandungan liat pada tanah di lokasi penelitian memperkuat bahwa proses adsorpsi DOC yang terjadi dalam profil tanah menjadi rendah. Hal ini yang dapat menjelaskan bahwa DOC mudah tercuci dan terbawa air menuju ke badan sungai.

### Model Regresi DOC dan Kation Anion Air Sungai

Analisis model regresi *stepwise* antara konsentrasi DOC dengan kation dan anion di outlet DAS Mikro Bajubang dilakukan untuk menemukan model keamatan DOC dengan kation dan anion di air sungai. Dengan demikian dapat diketahui kation atau anion apa yang berhubungan erat terhadap terjadinya pencucian DOC di air sungai. Model regresi berganda terbaik antara DOC dengan kation air sungai yang didapat ditampilkan pada (Tabel 5).

Tabel 5. Model regresi terbaik DOC dengan kation air sungai

Model DOC	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Adj.	Sign. F
DOC = 2.49 + 0.90 Al <sup>3+</sup> + 3.17 Fe <sup>2+</sup>	0.97	0.94	0.000**

Keterangan: \*\*sangat nyata sign. F &lt; 0.01

Model persamaan regresi berganda hasil *stepwise* menghasilkan nilai R<sup>2</sup> Adj. yang cukup tinggi 0.94. Model tersebut dapat menjelaskan bahwa Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>2+</sup> memiliki pengaruh terhadap konsentrasi DOC sebesar 94%, sedangkan 6% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain. Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>2+</sup> secara bersama-sama berpengaruh sangat nyata (sig. F < 0.01) terhadap konsentrasi DOC, dimana setiap kenaikan satu satuan ion Al<sup>3+</sup> akan diikuti dengan kenaikan 0.90 ion DOC, dan kenaikan satu satuan ion Fe<sup>2+</sup> akan diikuti dengan kenaikan 3.17 ion DOC. Pergerakan DOC dari lahan perkebunan kelapa sawit bisa terjadi bersama dalam keadaan terikat Al dan Fe dan selama perjalanannya masuk kesungai terjadi saling lepas ikatan, mengingat DOC merupakan anion yang dapat terikat kuat oleh seskuioksida Al dan Fe.

### SIMPULAN

Pencucian DOC ke badan sungai di setiap outlet sub DAS mikro Bajubang berbeda-beda tergantung pada keadaan biofisik lahan dan kondisi topografi atau bentuk lahan setiap sub DAS. Karbon organik dalam bentuk DOC dan unsur hara nitrat, Al<sup>3+</sup>, dan Mn<sup>2+</sup> banyak mengalami pencucian pada DAS mikro Bajubang bagian hulu dengan kondisi tanaman semak minim dan kelas lereng yang lebih curam. Adapun PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> sedikit lebih banyak tercuri pada sub DAS mikro Bajubang bagian hilir. Hasil penelitian belum menunjukkan bahwa konsentrasi DOC, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Fe<sup>2+</sup>, dan Al<sup>3+</sup> berkaitan dengan debit aliran di outlet sungai Bajubang. Konsentrasi DOC di air sungai hanya memiliki korelasi yang tinggi dengan konsentrasi Fe<sup>2+</sup> (0.94) dan Al<sup>3+</sup> (0.96), tetapi dengan ion-ion lainnya relatif rendah. Keterkaitan konsentrasi DOC dengan ion-ion di aliran sungai menghasilkan model: DOC = 2.49 + 0.90 Al<sup>3+</sup> + 3.17 Fe<sup>2+</sup> dengan nilai R<sup>2</sup> Adj. yang cukup tinggi (0.94).

### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, S., A. Hartono, K. Murtilaksono, S. Anwar, Sunarti dan Y. Kuzyakov. 2017. Hubungan karbon organik terlarut dengan sifat tanah pada toposekuen di taman nasional bukit duabelas. *Jurnal Ilmu Tanah Lingkungan*, 19(2): 51-59.
- Bernal, S., A. Butturini and F. Sabater. 2005. Seasonal variations of dissolved nitrogen and DOC:DON ratios in an intermittent Mediterranean stream. *Biogeochemistry*, 75(2): 351-372.
- Chantigny, M.H. 2003. Dissolved and water-extractable organic matter in soils: a review on the influence of land use and management practices. *Geoderma*, 113: 357-380.
- Corley, R.H.V. and P.B. Tinker. 2003. *The Oil Palm 4<sup>th</sup> ed.* Blackwell publishing, Oxford.
- Comte, I., C. Francois, K.W. Joann, G. Olivier and P.C. Jean. 2012. Agricultural practices in oil palm plantations and their impact on hydrological

changes, nutrient fluxes and water quality in indonesia: A review. *Advances in Agronomy*, 116(3): 72-114.

- [Ditjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2015-2017*. Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Do Nascimento, C.A.C., P.H. Pagliari, L.D.A. Faria and G.C. Vitti. 2018. Phosphorus mobility and behaviour in soils treated with calcium, ammonium, and magnesium phosphate. *Soil Science Society of American Journal*, 82:622-631.
- Hassett, J.J. dan W.L. Banwart. 1992. *Soils and Their Environment*. Prentice Hall, New Jersey. 95 p.
- Hidayat. 2013. *Run off, Discharge and Flood Occurance in a Poorly Gauged Tropical Basin, The Mahakam River, Kalimantan*. Wageningen University, Wageningen.
- Hinton, M.J, S.L. Schiff and M.C. English. 1997. The significance of storms for the concentration and export of dissolved organic karbon from two Precambrian Shield catchments. *Biogeochemistry*, 36(1): 67-88.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1982. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute, Switzerland. Pp. 491-498.
- Mulder, J. and M.S. Cresser. 1994. Biogeochemistry of small catchment: a tool for environmental research. B. Moldan and J.V. Cerny (Eds.). John Wiley & Sons Inc., New York.
- Ng, S.K., H. von Uexkull and R. Hardter. 2003. *Botanical Aspects of The Oil Palm Relevant to Crop Management*. In *Oil Palm: Management for Large and Sustainable Yields*. Potash & Phosphate Institute/Potash Institute of Canada and International Potash Institute, Singapore. Pp. 13-26.
- Noor, D. 2006. *Geologi Lingkungan*. Graha Ilmu. Yogyakarta. IUEU-University Press, Jakarta Barat.
- Pardon, L., B. Cecile, N.N. Paul, D. Bernard, O. Jean, M. Raphael, P.C. Jean and G. Benoit. 2016. Key unknowns in nitrogen budget for oil palm plantations. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 36: 1-21.
- Putra, G.S., A. Hartono, S. Anwar dan K. Murtilaksono. 2019. Hubungan kation-anion dalam pergerakan dan pencucian hara pada tanah typic hapludult di taman nasional bukit duabelas. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 9(4): 960-969.
- Russel, E.W. 1978. *Soil Conditions and Plant Growth*. William Clowes and Sons, London. Pp. 40-41.
- Shen, J., L. Yuan, J. Zhang, H. Li, Z. Bai, X. Chen, W. Zhang and F. Zhang. 2011. Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant Physiology*, 156: 997-1005.

Tan, K.H. 2011. *Principle of Soil Chemisthry*. Fourth edition. CRC press, Georgia.

Zech, W. and G. Guggenberger. 1997. Organik matter dynamics in forest soils of temperate and tropical

ecosystems. *In*: A. Piccolo (Ed.). *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam. Pp. 101-170.

---