

## Peran Vegetasi Dominan Pada Karakteristik Tanah di Lahan Bera, Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari

Slamet Arif Susanto<sup>1,2\*</sup>, Heru Joko Budirianto<sup>3</sup>, Agatha Cecilia Maturbongs<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Alumni Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju, Amban Manokwari, Papua Barat Indonesia

<sup>2</sup> Program Magister Biologi Tumbuhan, Pascasarjana IPB University, Dramaga Bogor, Jawa Barat Indonesia

<sup>3</sup> Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju, Amban Manokwari, Papua Barat Indonesia

### Riwayat artikel

Received : 25 Mei 2020

Revised : 04 Juni 2020

Accepted : 10 Juni 2020

Published : 12 Juni 2020

\*Corresponding Author:

**Slamet Arif Susanto**,  
Mahasiswa Biologi Tumbuhan  
Sekolah Pascasarjana IPB  
University, Bogor, Indonesia;  
Email: [ssarf4@gmail.com](mailto:ssarf4@gmail.com)

**Abstrak:** Selama proses suksesi, vegetasi merupakan satu dari komponen utama untuk meningkatkan kesuburan tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mendeskripsikan peran vegetasi dominan pada karakteristik tanah di lahan bera berumur 15 tahun Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari. Vegetasi dominan ditentukan berdasarkan data indeks nilai penting (INP) analisis vegetasi. Sampel tanah diambil secara komposit pada luasan lahan 1 hektar dari dua kedalaman tanah (0–10 cm dan 10–20 cm). Vegetasi yang mendominasi lahan bera secara berurutan adalah *Pometia pinnata*, *Dracontomelon dao*, *Octomeles sumatrana*, *Lansium domesticum*, dan *Pimelodendron amboinicum*. Kehadiran *O. sumatrana* mengindikasikan lahan bera tanah aluvial, lebih lanjut terbukti karena lahan bera tersebut berdekatan dengan Sungai Womnowi. Karakteristik fisik tanah didominasi oleh fraksi lempung dan unsur makro lebih tinggi pada kedalaman 0–10 cm dibanding kedalaman 10–20 cm. Karakteristik tanah menunjukkan bahwa tanah tergolong masam (pH 5.4–5.6), kadar karbon organik tanah sedang (1.07–3.39%), kadar nitrogen total rendah (0.17–0.53%), kadar fosfor tersedia tergolong tinggi (10.7–22.4 ppm), kapasitas tukar kation (KTK) tergolong tinggi (10.50–20.32 cmol kg<sup>-1</sup>), kejenuhan basa tergolong sangat tinggi (65.4–66.7%), dan kadar Al<sup>3+</sup> and H<sup>+</sup> sangat rendah. Secara keseluruhan urutan KTK menunjukkan Ca > Mg > Na > K yang mengonfirmasi tanah aluvial dan pencucian kalium terjadi dengan cepat. Rendahnya kadar kalium dapat dihubungkan dengan penggunaan unsur tersebut untuk pembentukan buah *L. domesticum*. Selama pembeeraan 15 tahun, vegetasi dominan memengaruhi karakteristik tanah.

**Kata kunci:** vegetasi pohon, kesuburan tanah, analisis tanah, aluvial, Papua Barat

**Abstract:** During successional season vegetation is one of major compound to increase soil fertility. The purpose of this study was to analyzed and description dominant vegetation and their contribution to soil characteristic at fallow land 15 years old Womnowi Village, Sidey District, Manokwari. To determine dominant vegetations we used data important value index (IVI) of vegetation. Two depth of sample soils (0–10 cm dan 10–20 cm) were taken from one hectare area by composite technique. The dominant vegetation on fallow land dominated by *Pometia pinnata*, *Dracontomelon dao*, *Octomeles sumatrana*, *Lansium domesticum*, and *Pimelodendron amboinicum* respectively. Presence of *O. sumatrana* was indicated that the type of aluvial fallow land, further it is proven because the fallow land is close to the Womnowi River. Soil physical characteristic dominated by clay fractions, macronutrient was higher in depth 0-10 cm than 10-20 cm. Characteristic of soil shows acidic soils (pH 5.4–5.6), moderate of soil organic carbon (1.07–3.39%), total of nitrogen was low (0.17–0.53%), high available phosphorus (10.7–22.4 ppm), moderate cation exchange capacity (CEC) (10.50–20.32 cmol kg<sup>-1</sup>), very high base saturation (65.4–

66.7%), and very lows of  $Al^{3+}$  and  $H^+$ . Overall the order of CEC shows  $Ca > Mg > Na > K$  respectively confirmed alluvial soil and fast leached potassium in soil. Low potassium levels are thought to be related to the use of the element for fruits formation of *L. domesticum*. During 15 year fallowed, dominant vegetation had influence to soil characteristic.

**Key words:** tree vegetation, soil fertility, soil analysis, alluvial, West Papua

## Pendahuluan

Pemberaan lahan merupakan karakteristik yang umum di Papua. Ketika terjadi penurunan kesuburan tanah pada suatu lahan pertanian tradisional milik masyarakat lokal Papua, maka lahan tersebut akan ditinggalkan oleh masyarakat lokal. Lahan yang ditinggalkan tersebut akan menjadi lahan bera. Allen & Filer (2015) menyatakan bahwa lebih dari 50% lahan pertanian di New Guinea adalah lahan bera berumur 15 tahun, sedangkan sisanya adalah lahan bera 1 hingga 10 tahun. Selama pemberaan lahan kehadiran vegetasi merupakan karakter penentu tingkat produktivitas lahan, khususnya kesuburan tanah. Sanchez (1999) menyatakan bahwa berdasarkan vegetasi dominan lahan bera dibagi menjadi tiga yaitu lahan bera alami, lahan bera diimprovisasi, dan lahan bera diperkaya (*enrich fallow*). Susanto *et al.* (2018) mengindikasikan sistem bera diperkaya pada lahan bera berumur 15 tahun di Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari berdasarkan karakteristik vegetasi dominan pohon buah di lahan bera tersebut.

Kehadiran vegetasi dominan juga berdampak terhadap kimia tanah di lahan bera. Beberapa unsur-unsur penting seperti karbon, nitrogen, fosfor tersedia (*available P*), dan kalium (K) meningkat sejalan dengan lamanya pemberaan suatu lahan (Szott & Palm 1996). Hartemink & O'Sullivan (2001) menyatakan bahwa pemberaan dengan penambahan serasah *Piper aduncum* dalam waktu yang singkat (26 minggu) tidak memberikan pengaruh pada unsur kimia esensial di tanah, tetapi cukup menyumbang ketersediaan karbon organik tanah akibat akumulasi serasah. Mensah *et al.* (2007) menyatakan bahwa pemberaan dengan penambahan serasah *Gliricidia sepium* selama 4 tahun mampu memengaruhi komponen kimia tanah, khususnya unsur karbon organik (52.70%), nitrogen (23.50%) dan kalsium (0.96%), serta menetralkan pH tanah, dibanding tanpa penanaman *G. sepium*.

Terdapat keterkaitan antara satu unsur kimia dengan unsur kimia tanah lainnya. Misalnya Kamble & Bååth (2014) menyatakan bahwa dalam kondisi tanah yang kekurangan unsur nitrogen, penambahan unsur karbon organik tidak dapat dimanfaatkan tumbuhan. Ketersediaan K pada tanah berinteraksi dengan pemanfaatan fosfor secara efisien oleh tumbuhan

(Uyovbisere & Lombim 1991), serta KTK memengaruhi laju penyerapan nutrisi esensial dalam bentuk ion seperti  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , dan unsur logam esensial lainnya (Chmolowska *et al.* 2017; Mensah *et al.* 2007). Penelitian Wood *et al.* (2016) menunjukkan bahwa penanaman pohon buah-buahan pada lahan bera menurunkan kadar  $NO_3^-$ , bahan organik tanah (BOT), dan penurunan pH secara signifikan dibandingkan lahan bera secara alami. Di sisi lain, penanaman pohon buah-buahan tidak memberikan dampak pada kadar fosfor di tanah. Vegetasi dominan yang menghasilkan buah seperti *Lansium domesticum* di lahan bera 15 tahun Womnowi Sidey Manokwari diduga memengaruhi kadar kimia tanah (Susanto *et al.* 2018), khususnya ketersediaan kalium pada tanah. Meskipun peran vegetasi tidak dapat dijelaskan secara tunggal, penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan peran vegetasi dominan terhadap karakteristik tanah berdasarkan hasil analisis tanah di lahan bera diperkaya (*enrich fallow*) Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari Papua Barat.

## Bahan dan Metode

### Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lahan bera Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari Papua Barat ( $S0^{\circ}48'17.0''$   $E133^{\circ}28'51.70''$ ) (Gambar 1). Umur lahan bera  $\pm$  15 tahun, ketinggian lokasi penelitian 132 mdpl, suhu udara saat pengambilan sampel tanah 28 °C, dan kelembapan udara 78%. Lokasi penelitian dilalui oleh dua sungai yakni Sungai Womnowi dari arah selatan dan Sungai Kasi dari arah barat (Gambar 1). Analisis kimia tanah dilaksanakan di Laboratorium Tanah SEAMEO BIOTROP Bogor dengan mengirimkan sampel tanah.

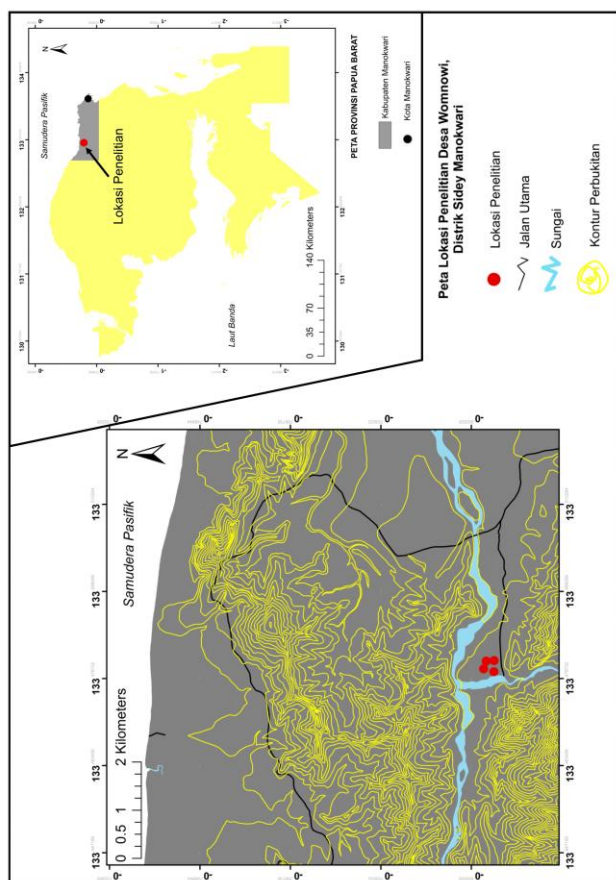
### Alat dan Bahan

*Global Positioning System* (GPS), bor tanah (bipori), termohigrometer, timbangan analitik Fortuno FAB 600 daya baterai, dan plastik penampung tanah.

### Prosedur Penelitian

#### Identifikasi Vegetasi Dominan

Vegetasi dominan didasarkan pada data hasil penelitian Susanto *et al.* (2018) dan Susanto *et al.* (2019). Indeks nilai penting (INP) hasil identifikasi jenis dominan ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian di lahan bera 15 tahun Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari Papua Barat

#### Pengambilan Sampel Tanah

Tanah diambil menggunakan bor tanah dengan dua kedalaman berbeda 0–10 cm dan 10–20 cm, mengacu pada Zinn *et al.* (2018). Sampel tanah diambil 10 titik secara acak dan diasumsikan mampu mewakili keseluruhan luas lahan bera, kemudian dikomposit (Szott & Palm 1996), di lapangan metode pengambilan sampel tanah dikembangkan dengan mengambil tanah secara diagonal (Boone *et al.* 1999), pada luas 1 ha lahan bera yang telah dianalisis vegetasi. Jumlah sampel tanah yang dikoleksi dari dua kedalaman tanah masing-masing 1 kg mengacu pada Hartemink & O’Sullivan (2001).

Sampel tanah yang telah dikoleksi dipreparasi dengan cara membuang sisa serasah dan sisa akar tumbuhan (*root debris*), dilanjutkan dengan kering angin (Zinn *et al.* 2018). Sampel tanah yang telah dipreparasi kemudian dimasukkan dalam plastik dengan diberi label. Sampel tanah di kirim ke SEAMEO BIOTROP Bogor melalui Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Papua.

#### Analisis Kimia Tanah

Analisis pH tanah menggunakan metode 1 : 2.5 air dan tanah, bahan organik tanah (BOT) dianalisis dengan metode berdasarkan ukuran karbon organik (Hartemink & O’Sullivan 2001), karbon organik dianalisis menggunakan metode Walkey & Black dan unsur nitrogen dianalisis menggunakan metode Kjeldahl (Asadu *et al.* 2015). Fosfor tersedia dianalisis menggunakan ammonium asetat pada pH 7 sedangkan K, Mg dan Ca serta KTK dianalisis menggunakan 1 M ammonium asetat. Keseluruhan proses analisis kimia tanah mengacu pada BALITTANAH (2005).

Tabel 1. Vegetasi dominan (INP) di lahan bera 15 tahun Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari

No	Semai	Pancang	Tiang	Pohon	Tumbuhan Bawah
1	<i>Lansium domesticum</i> (33,45%)	<i>Pometia pinnata</i> (20,98%)	<i>Lansium domesticum</i> (83,31%)	<i>Pometia pinnata</i> (48,98%)	<i>Selaginella wildenowii</i> (25,04%)
2	<i>Pometia pinnata</i> (26,85%)	<i>Lansium domesticum</i> (19,02%)	<i>Pometia pinnata</i> (26,02%)	<i>Dracontomelon dao</i> (43,87%)	<i>Selaginella</i> sp. (23,44%)
3	<i>Pinelodendron amboinicum</i> (9,43)	<i>Aglaia</i> sp. (10,46%)	<i>Dracontomelon dao</i> (24,41%)	<i>Octomeles sumatrana</i> (36,51%)	<i>Spathoglottis plicata</i> (14,60%)

### Analisis Data

Data dianalisis menggunakan uji sidik ragam (ANOVA *single factor*) dan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5% untuk membandingkan pengaruh kedalaman tanah terhadap komponen kimia tanah.

### Hasil dan Pembahasan

#### Karakter Fisik Tanah

Secara umum tekstur dasar tanah pada lahan bera 15 tahun Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari adalah lempung. Tanah pada kedalaman 0–10 cm cenderung berdebu dibanding pada kedalaman 10–20 cm yang cenderung berlempung (Tabel 2). Meskipun tidak dianalisis secara lanjut mengenai jenis tanah, hasil ini menginformasikan bahwa terdapat keragaman tanah pada kedalaman yang berbeda. Abubakar (1996) menyatakan bahwa umumnya pada area sampling yang sama tekstur tanah pada kedalaman yang sama tidak berbeda, akan tetapi lamanya pembersihan dapat mengakibatkan perbedaan tekstur tanah akibat vegetasi yang melingkupi area tersebut. Selama 15 tahun pembersihan lahan komponen bahan organik akibat jatuhnya serasah mengakibatkan perubahan komposisi bahan organik tanah (BOT), sehingga memengaruhi perbedaan tekstur tanah bagian *top soil* (Zinn *et al.* 2018).

Tabel 2. Tekstur tiga fraksi sampel tanah asal lahan bera 15 tahun Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari

Kedalaman tanah	Tekstur tiga fraksi (%)			Kelas Tekstur*
	Pasir (50 µm–2 mm)	Debu (2 µm–50 µm)	Liat (0.2 µm–2 µm)	
0–10 cm	39.2	50.6	10.2	Lempung Berdebu
10–20 cm	43.9	40.4	15.7	Lempung

\* Kriteria BALITTANAH (2005)

Hasil analisis sampel tanah pada kedalaman 0–10 cm menunjukkan adanya perbandingan antara karbon organik dan fraksi liat sebesar 3.39 : 10.2 (Tabel 2 dan Tabel 3) hampir setara dengan 1 : 3 yang berarti memiliki kadar mendekati optimal, sedangkan pada kedalaman tanah 10–20 cm perbandingan tersebut adalah 1.07 : 15.7 (Tabel 2 dan Tabel 3) yang mengindikasikan bahan organik pada kedalaman tanah tersebut berada di bawah ambang batas. Johannes *et al.* (2017) menyatakan bahwa tanah dalam fraksi liat (*clay fraction*) terdapat komponen bahan organik yang terikat, sehingga semakin kecil perbandingan antara karbon organik dengan fraksi liat mengindikasikan suatu tanah kekurangan bahan organik.

Vegetasi dominan pada fase pohon diduga memengaruhi masukan bahan organik menuju tanah, sehingga dapat membentuk tekstur tanah. Perbedaan tekstur tanah pada bagian *top soil* (0–10 cm) dan pada kedalaman 10–20 cm diakibatkan oleh hadirnya vegetasi yang melingkupi lahan bera tersebut. Susanto (2019) melaporkan bahwa di lahan bera Kampung Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari didominasi oleh vegetasi pohon pada kelas diameter 10–19 cm. Di sisi lain dominasi jenis *P. pinnata* yang amat tinggi di lahan bera tersebut menyebabkan perubahan ukuran produktivitas serasah basah (Susanto *et al.* 2019), dan secara tidak langsung berhubungan dengan iklim mikro lahan bera. Gruba & Mulder (2015) menyatakan bahwa kehadiran pohon di suatu area tanah yang masam mampu memperbaiki properti tanah dengan cara meningkatkan bahan organik tanah, KTK, dan mengubah sifat fisik *top soil* tanah.

#### Karakter Fundamental Kimia Tanah

Uji BNT pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan pH tanah asal sampel lahan bera umur 15 tahun pada kedalaman tanah yang berbeda (Tabel 3). Meskipun secara statistik tidak berbeda signifikan, faktor pH diduga berkaitan dengan ketersediaan unsur fosfor. Asadu *et al.* (2015) menyatakan bahwa semakin meningkat pH tanah, maka akan terjadi peningkatan kadar fosfor tersedia. Kadar fosfor tersedia pada penelitian ini berbeda signifikan akibat pengaruh kedalaman tanah (Tabel 3). Pada kedalaman 0–10 cm kadar fosfor tersedia memiliki kategori sangat tinggi (22.4 ppm) dibanding pada kedalaman 10–20 cm yang dikategorikan tinggi (10.7 ppm). Sayer & Tanner (2010) menyatakan bahwa ketersediaan fosfor di tanah tidak dipengaruhi oleh penambahan serasah, namun merupakan representasi dari batuan induk tanah. Penelitian Celentano *et al.* (2011) menunjukkan hal yang sebaliknya, pelepasan hara dari serasah ke tanah merupakan alasan tingginya kadar fosfor tersedia pada bagian *top soil* tanah dari hutan sekunder, hasil ini sejalan dengan penelitian Mensah *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa kadar fosfor tersedia *top soil* tanah lebih tinggi dibanding tanah di bawahnya yang diakibatkan oleh pelepasan hara dari serasah oleh air hujan.

Kadar fosfor tersedia menjadi salah satu dasar untuk menentukan produktivitas suatu lahan. Apabila kadar fosfor tersedia 7.0–10.0 ppm, maka tanah tersebut tergolong produktif untuk menjadi lahan pertanian (Mensah *et al.* 2007). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar fosfor tersedia melebihi ambang batas tersebut (Tabel 3). Oleh karena itu, lahan tersebut layak ditanami kembali. Mensah *et al.* (2007) menyatakan bahwa kadar fosfor tersedia akibat penanaman legum *G. sepium* selama dua tahun adalah 22.38 ppm, hampir sama



dengan hasil penelitian ini yaitu 22.40 ppm. Hasil ini merekomendasikan dan mendukung penanaman jenis legum di lahan-lahan bera untuk meningkatkan fosfor tersedia di tanah.

Tabel 3. Karakter fundamental kimia tanah di lahan bera 15 tahun Kampung Womnowi, Distrik Sidey Manokwari\*

Kedalaman Tanah	pH		CaCl <sub>2</sub>	karbon organik (%)	total nitrogen (%)	C/N	BOT %	fosfor tersedia ppm
	H <sub>2</sub> O	5.6 <sup>a</sup> AM						
0–10 cm	5.6 <sup>a</sup> AM	5.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	3.39 <sup>a</sup> T	0.53 <sup>a</sup> T	6.0 <sup>a</sup>	5.84 <sup>a</sup> ST	22.4 <sup>a</sup> ST
10–20 cm	5.4 <sup>a</sup> M	4.9 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	1.07 <sup>b</sup> R	0.17 <sup>b</sup> R	6.0 <sup>a</sup>	1.84 <sup>b</sup> S	10.7 <sup>b</sup> T

\*Hasil analisis sampel tanah dari laboratorium SEAMEO-BIOTROP Bogor.

Keterangan: M=masam; AM=agak masam; ST=sangat tinggi; T=tinggi; S=sedang; R=rendah berdasarkan BALITTANAH (2005). Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

Kadar karbon organik pada kedalaman tanah 0–10 cm berbeda signifikan dengan kadar karbon organik pada kedalaman 10–20 cm (Tabel 3). Kadar karbon organik pada kedalaman tanah 0–10 cm tergolong tinggi (3.39 %), dibanding pada kedalaman 10–20 cm yang tergolong rendah (1.07 %). Hasil ini sejalan dengan penelitian Alegre *et al.* (2005) dan Zinn *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa kadar karbon organik pada *top soil*

lebih tinggi akibat laju dekomposisi bahan organik dan residu tumbuhan terjadi dengan lambat, serta akumulasi residu yang tersimpan pada *top soil* tanah. Kadar karbon organik yang tinggi menyebabkan suplai karbon meningkat, sehingga memengaruhi aktivitas mikroba dan menyebabkan penurunan mineralisasi nitrogen (Hassink *et al.* 1994; Kooch *et al.* 2016).

Total nitrogen tergolong tinggi pada kedalaman tanah 0–10 cm yakni 0.53% dibanding kedalaman tanah 0–10 cm (0.17%), meskipun demikian tidak terdapat perbedaan signifikan saat uji BNT 5% (Tabel 3). Tingginya total nitrogen pada *top soil* tanah diakibatkan oleh jenis-jenis tumbuhan tertentu yang memiliki kadar nitrogen tinggi pada serasahnya dan jenis yang mampu memfiksasi nitrogen. Pada lokasi penelitian dijumpai *Selaginella wildenowii* dan *Selaginella* spp. yang tersebar merata, serta adanya jenis tumbuhan pemfiksasi nitrogen *Bauhinia accuminata* (Susanto *et al.* 2019). Genus *Selaginella* merupakan tumbuhan bawah yang memiliki kontribusi bahan organik sebesar 42–101 g/m<sup>2</sup> yang sebagian besar serasahnya adalah nitrogen (Van Dyne & Vogel 1967). Selain itu penelitian De Michele *et al.* (2012) membuktikan bahwa *Selaginella* spp., memiliki gen *AMTI* pengkode transport ammonium dan urea yang lebih efisien, sehingga mampu menyerap kadar nitrogen lebih tinggi dibanding tumbuhan berbunga. Sumbangan serasah jenis tersebut diduga turut berkontribusi terhadap kadar nitrogen di tanah.

Kadar karbon organik sering dibandingkan dengan total nitrogen dalam analisis kimia tanah untuk mengestimasi laju dekomposisi bahan-bahan organik di tanah (Toky & Ramakrishnan 1984). Jika rasio C/N tinggi maka dekomposisi residu organik serasah akan lambat. Proses mineralisasi nitrogen akan berlangsung dengan cepat ketika rasio C/N bernilai 30% atau di bawahnya (Lousier & Parkinson 1978). Hasil analisis kimia tanah menunjukkan bahwa pada kedalaman tanah 0–10 cm dan 10–20 cm rasio C/N adalah rendah (6%). Rendahnya rasio C/N mengindikasikan laju dekomposisi berjalan dengan cepat, sehingga ini berkaitan dengan tingginya kadar nitrogen pada *top soil* tanah (Tabel 3).

Kadar bahan organik tanah (BOT) pada kedalaman tanah 0–10 cm lebih tinggi (5.84%) dibanding pada kedalaman 10–20 cm (1.84%). Hasil ini sejalan dengan McCauley *et al.* (2009) yang menyatakan apabila pH tanah rendah, umumnya kadar BOT lebih tinggi pada bagian *top soil* tanah. Ukuran BOT pada kedalaman tanah 0–10 cm tergolong sangat tinggi (5.48%), karena memiliki kuantitas  $\geq 5\%$ , dibanding pada kedalaman 10–20 cm (1.48%). Tingginya kadar BOT menjadi indikator ketersediaan unsur-unsur kation basa dan meningkatkan penyerapan ion NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Schwendener *et al.* 2005). Tingginya kadar BOT pada kedalaman 0–10 cm dibanding kedalaman 10–20 cm mengindikasikan bahwa *top soil* tanah lahan bera lebih subur.

BOT dipengaruhi oleh pH, sedangkan ion-ion penting seperti Mg, Ca, K, dan Na umumnya terikat pada BOT. Oleh karena itu, pH merupakan salah satu faktor lingkungan yang membatasi ketersediaan unsur-unsur kation basa di tanah. Pengaruh pH juga terlihat pada kation yang terikat lemah pada partikel tanah (Tabel 4). Uji BNT 5% menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara kation Ca dan Mg pada dua kedalaman tanah yang berbeda, namun tidak berbeda signifikan untuk kadar K.

Tabel 4. Kation, KTK, dan KB di lahan bera 15 tahun Kampung Womnowi, Distrik Sidev, Manokwari\*

Kedalaman Tanah	Ca	Mg	K	Na	Total	KTK	KB	H <sup>+</sup>	
								Al <sub>3</sub> <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>
								mg 100g <sup>-1</sup>	
0–10 cm	11.25 <sup>a</sup> T	1.82 <sup>a</sup> S	0.22 <sup>a</sup> R	0.28 <sup>a</sup> R	13.57 <sup>a</sup> S	20.32 <sup>a</sup> S	66.7 <sup>a</sup> T	0.00	0.12 <sup>a</sup> R
10–20 cm	5.61 <sup>b</sup> R	0.85 <sup>b</sup> R	0.18 <sup>a</sup> R	0.23 <sup>a</sup> R	6.87 <sup>b</sup> R	10.50 <sup>b</sup> R	65.4 <sup>b</sup> T	0.00	0.33 <sup>a</sup> R

\*Hasil analisis sampel tanah dari laboratorium SEAMEO-BIOTROP Bogor.  
 Keterangan: T=tinggi; S=sedang; R=rendah adalah kriteria dari BALITTANAH (2005). Huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan pada taraf 5%

Pohon *D. dao* merupakan salah satu vegetasi yang mendominasi lahan bera tersebut. Dominasi yang tinggi

suatu tumbuhan pada komunitasnya berkaitan dengan kontribusi biomassa organik serasah (Celentano *et al.* 2011). Masamnya pH tanah pada lahan bera berumur 15 tahun tersebut diduga akibat produksi serasah *D. dao*. Senyawa asam anacardic dan fenolik dari daun *D. dao* (Ragasa *et al.* 2017), turut memberikan kontribusi pada pemasaman tanah akibat tingginya produktivitas serasah yang dihasilkan. Proses pelepasan hara akibat air hujan memungkinkan lepasnya senyawa masam tersebut ke tanah, sehingga pH tanah menurun. Jenis lain pada fase pohon diduga meningkatkan kadar keasaman tanah melalui proses dekomposisi dari serasah yang dihasilkan (Ross, 1954).

Kation Ca tergolong tinggi pada pada kedalaman tanah 0–10 cm dibanding kation-kation lainnya (Tabel 4). Hasil ini sejalan dengan Celentano *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa pada hutan sekunder kadar Ca tinggi pada bagian *top soil* yang diakibatkan oleh produksi serasah yang dihasilkan oleh vegetasi yang melingkupi area tersebut. Penghilangan serasah di lantai hutan menyebabkan penurunan kadar Ca di tanah (Sayer & Tanner 2010). Perbandingan unsur C:Ca, C:Mg, C:K tinggi, akan tetapi rasio C:N rendah (Tabel 3 dan Tabel 4), hasil ini sejalan dengan Celentano *et al.* (2011) yang menyatakan pada hutan sekunder umumnya rasio C:N rendah, akan tetapi tidak berlaku untuk rasio C dengan kation-kation lainnya.

Tingginya kadar Ca pada hasil ini diduga akibat serasah vegetasi dominan *P. pinnata*. Jenis *P. pinnata* mampu menyumbangkan 2.96% Ca setelah serasahnya terdekomposisi selama 12 minggu dibanding serasah *P. pinnata* yang baru saja mengalami senesens (1.37%) (Rogers, 2002). Kadar Ca pada kedalaman tanah 0–10 cm berbeda signifikan dengan kedalaman tanah 10–20 cm. Pada kedalaman tanah 0–10 cm kadar Ca sangat tinggi (11.25 cmol kg<sup>-1</sup>) dibanding pada kedalaman 10–20 cm yang tergolong rendah (5.61 cmol kg<sup>-1</sup>). Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar Ca disumbangkan oleh sisa material organik tumbuhan, karena kadar Ca menurun sejalan dengan kedalaman tanah. Meskipun kadar Ca dari serasah yang disumbangkan oleh serasah dan akar yang telah mati hanya sekitar 1.20% (Abadin *et al.* 2002), namun akumulasi serasah selama proses pembersihan dan adanya vegetasi dominan *P. pinnata* diduga menjadi kunci peningkatan kadar Ca di tanah. Kadar Ca juga memengaruhi total nitrogen tanah dalam bentuk yang tersedia (NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dan NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Anderson *et al.* 2017). Apabila kadar Ca dan karbon organik tinggi, maka terjadi peningkatan penyerapan nitrogen oleh tumbuhan, sehingga turut menyuburkan tanah.

Kesuburan tanah di lahan bera lokasi penelitian ini tergolong sedang. Studi oleh Susanto *et al.* (2020) menunjukkan bahwa vegetasi dominan lahan bera tersebut memiliki nilai estimasi produktivitas serasah berkisar 7.69–10.32 ton/ha/tahun. Apabila dikaitkan

dengan kriteria kesuburan tanah berdasarkan input serasah (Sayer & Tanner 2010), maka lahan bera tersebut tergolong ke dalam tingkat kesuburan tanah sedang (*moderately fertile soil*). Hal tersebut konsisten dengan data analisis kimia tanah secara kumulatif dari kedalaman 0 hingga 20 cm (Tabel 3 dan 4).

Kadar Mg pada kedalaman tanah 0–10 cm tergolong sedang ( $1.82 \text{ cmol kg}^{-1}$ ), dibanding pada kedalaman tanah 10–20 cm yang tergolong rendah ( $0.85 \text{ cmol kg}^{-1}$ ). Hasil uji BNT pada taraf 5% menunjukkan adanya perbedaan signifikan untuk kadar Mg pada dua kedalaman tanah tersebut. Mg umumnya disumbangkan oleh vegetasi melalui dekomposisi material organik berupa ranting dan serasah daun (Gosz *et al.* 1973). Material organik tersebut menyumbangkan sekitar 4% Mg yang lebih tinggi dibanding unsur Ca (Becker *et al.* 2015). Cuevas & Mediana (1988) menyatakan bahwa kontak antara ujung akar dengan serasah segar mampu mempercepat proses dekomposisi dan pelepasan Mg dan Ca dari serasah ke tanah. Densitas perakaran umumnya lebih tinggi pada bagian *top soil*, sehingga kadar Mg pada kedalaman tanah 0–10 cm lebih tinggi dibandingkan kedalaman tanah 10–20 cm.

Kadar K dan Na tergolong rendah pada dua kedalaman tanah, serta tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (Tabel 4). Rendahnya kadar K diakibatkan adanya jenis-jenis yang mampu menghasilkan produksi buah seperti *L. domesticum* dan *P. pinnata*. Unsur K diperlukan untuk pembentukan buah dan meningkatkan transport sukrosa (Cakmak *et al.* 1994), sehingga pencucian unsur K di tanah pada lahan bera tersebut terjadi dengan cepat. Unsur K umumnya berkorelasi dengan kadar BOT (Junqueira *et al.* 2016), ketika saat BOT tinggi maka kadar K akan meningkat. Hasil ini menunjukkan hal yang serupa, ketika kadar BOT tinggi pada kedalaman tanah 0–10 cm, kadar K juga lebih tinggi pada bagian *top soil* tanah dibanding pada kedalaman 10–20 cm (Tabel 4). Meskipun demikian, kriteria kadar K pada kedua kedalaman tanah tersebut tergolong rendah. Unsur Na umumnya merupakan unsur yang paling sedikit dalam menyusun KTK tanah (Abadin *et al.* 2002).

Meskipun kedalaman tanah berbeda memiliki hasil KTK total yang berbeda, kation dapat ditukar menurun dengan urutan  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$  (Tabel 4). Hasil penelitian ini berbeda dengan Abadin *et al.* (2002), yang mendapatkan urutan KTK  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$ . Salah satu penafsiran dari perbedaan ini adalah akibat perbedaan vegetasi, bahan induk pembentuk tanah, dan kadar kejenuhan basa (KB). Hasil penelitian menunjukkan KB yang tinggi pada kedua kedalaman tanah yakni 65.4% hingga 66.7% (Tabel 4), berbeda dengan Abadin *et al.* (2002) dengan nilai KB 14.2 % hingga 46.8% pada kedalaman tanah 0–15 cm. Lamanya masa bera diduga memiliki pengaruh terhadap urutan kation dasar tersebut.

Pada bera 5–8 tahun umumnya memiliki urutan kation  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$  (Abadin *et al.* 2002; Szott *et al.* 1994). Sayer & Tanner (2010) berasumsi bahwa perbedaan kadar kation khususnya Ca lebih dikaitkan dengan proses pembentukan tanah dan bahan induk tanah tersebut.

Perbedaan KTK dengan urutan  $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$  pada penelitian ini dapat terkonfirmasi melalui kehadiran jenis-jenis tumbuhan penciri tanah aluvial. Jenis-jenis yang menjadi penciri lahan bera tersebut memiliki tanah aluvial adalah *O. sumatrana*, *D. dao*, *T. nudiflora*, dan *P. pinnata*. Kadar Na meningkat pada tanah-tanah aluvial (endapan) (Saini, 1971). Jenis tersebut mendominasi pada fase tiang dan pohon, serta hampir hadir pada semua fase. Penelitian ini turut mengonfirmasi pendapat Paijmans (1967) yang menyatakan bahwa hutan tepian sungai di Pulau Papua umumnya didominasi oleh *P. pinnata*, *O. sumatrana*, dan *D. dao*. Berkaitan dengan aspek penciri kesuburan tanah, diduga regenerasi hutan di lokasi penelitian ini berjalan dengan baik, karena struktur vegetasi mencerminkan tingkat regenerasi vegetasi yang cukup ideal (Susanto, 2019).

KTK pada kedalaman tanah 0–10 cm tergolong sedang dan pada kedalaman tanah 10–20 cm tergolong rendah. Uji BNT pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan di antara kedua kedalaman tanah tersebut. KTK dan KB dapat menjadi indikator tingkat kesuburan tanah. Apabila KTK dan KB tinggi, maka tanah tersebut subur. Ketika salah satu diantaranya rendah atau sedang maka tingkat kesuburan tanah tersebut tergolong adalah sedang (Mensah *et al.* 2007). Hasil menunjukkan bahwa tingkat kesuburan tanah pada lahan bera tergolong sedang untuk *top soil* maupun pada kedalaman tanah 10–20 cm.

Kadar  $\text{Al}^{3+}$  untuk kedua sampel tanah yang berasal dari kedalaman berbeda adalah nol yang berarti tingkat toksisitas Al rendah. Rendahnya kadar  $\text{Al}^{3+}$  dapat menjaga kesetimbangan BOT (González-Prieto *et al.* 1996). Apabila kumulatif  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{H}^+$  memiliki nilai 10 me  $100 \text{ g}^{-1}$  maka menurunkan proses mineralisasi unsur nitrogen, sehingga berdampak pada penurunan kesuburan tanah (Abadin *et al.* 2002). Kumulatif  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{H}^+$  menurunkan nilai KB, sehingga dapat menurunkan kesuburan tanah dan meningkatkan toksisitas ion-ion logam di tanah (Mensah *et al.* 2007). Kehadiran vegetasi pohon dapat menurunkan tingkat toksisitas  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{H}^+$ , akibat pengaruh intersep akar dan biomassa yang dihasilkan.

## Kesimpulan

Asal usul bahan induk tanah dan kehadiran vegetasi pohon selama periode bera menentukan karakteristik fisik dan kimia tanah, namun tidak selalu meningkatkan komponen unsur esensial di tanah. Aspek pH merupakan salah satu parameter yang sangat

terpengaruh oleh kehadiran *D. dao*. Tingginya kadar Ca dapat dikaitkan dengan dominansi jenis *P. pinnata*. Rasio C/N sebesar 6% menunjukkan bahwa laju dekomposisi dan mineralisasi nitrogen pada lahan bera tersebut tergolong sangat cepat. Vegetasi penghasil buah seperti *L. domesticum* dan *P. pinnata* mampu menurunkan kadar K di tanah. Kadar Na > K menjadi ciri khas tanah aluvial yang juga terkonfirmasi oleh hadirnya jenis *O. sumatrana*, *D. dao*, dan *P. pinnata*.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Bapak Martinus Matabua sebagai pemilik lahan bera, Krisma Lekitoo, M.Sc sebagai pengenal jenis tumbuhan di lapangan, serta Siti Hadjar Kubangun, M.P yang berkontribusi untuk pengiriman sampel tanah ke Laboratorium Tanah SEAMEO BIOTROP Bogor. Terima kasih kepada Fajar Sianipar M.Sc atas beberapa saran interpretasi data kimia tanah.

### Daftar Pustaka

- Abadın J, González-Prieto, S.J., Sarmiento, L., Villar, M.C. & Carballas, T. (2002). Successional dynamics of soil characteristics in a long fallow agricultural system of the high tropical Andes. *Soil Biology and Biochemistry*. 34(11): 1739–1748. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(02\)00161-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(02)00161-X).
- Abubakar, S.M. (1996). Rehabilitation of degraded lands by means of fallowing in a semi-arid area of northern Nigeria. *Land Degradation & Development*. 7(2): 133–144. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-145X\(199606\)7:2%3C133::AID-LDR223%3E3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-145X(199606)7:2%3C133::AID-LDR223%3E3.0.CO;2-8).
- Alegre, J.C., Rao, M.R., Arevalo, L.A., Guzman, W. & Faminow M.D. (2005). Planted tree fallows for improving land productivity in the humid tropics of Peru. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 110(1–2): 104–117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.04.007>.
- Allen, B. & Filer, C. (2015). Is the “Bogeyman” Real? Shifting cultivation and the forests, Papua New Guinea. In *Shifting Cultivation and Environmental Change: Indigenous people, agriculture and forest conservation* (pp. 517–520). Routledge. DOI: <http://hdl.handle.net/1885/20119>.
- Anderson, C., Peterson, M. & Curtin, D. (2017). Base cations, K<sup>+</sup> and Ca<sup>2+</sup>, have contrasting effects on soil carbon, nitrogen and denitrification dynamics as pH rises. *Soil Biology and Biochemistry*. 113: 99–107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.06.002>.
- Asadu, C.L.A., Nwafor, I.A. & Chibuikwe, G.U. (2015). Contributions of microorganisms to soil fertility in adjacent forest, fallow and cultivated land use types in Nsukka, Nigeria. *International Journal of Agriculture and Forestry*. 5(3): 199–204. [https://www.researchgate.net/profile/Charles\\_Asadu/publication/233266267\\_Variations\\_in\\_Soil\\_Physical\\_Properties\\_in\\_a\\_Cleared\\_Forestland\\_Continuously\\_Cultivated\\_for\\_Seven\\_Years\\_in\\_Easter\\_n\\_Nsukka\\_Nigeria/links/55bf446908aed621de122d64/Variations-in-Soil-Physical-Properties-in-a-Cleared-Forestland-Continuously-Cultivated-for-Seven-Years-in-Eastern-Nsukka-Nigeria.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Charles_Asadu/publication/233266267_Variations_in_Soil_Physical_Properties_in_a_Cleared_Forestland_Continuously_Cultivated_for_Seven_Years_in_Easter_n_Nsukka_Nigeria/links/55bf446908aed621de122d64/Variations-in-Soil-Physical-Properties-in-a-Cleared-Forestland-Continuously-Cultivated-for-Seven-Years-in-Eastern-Nsukka-Nigeria.pdf).
- Balai Penelitian Tanah [BALITTANAH]. (2005). Analisis kimia tanah, tanaman, air dan pupuk. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian, Bogor, Indonesia (Vol. 1) pp. 117-120 Bogor. [http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/juknis/juknis\\_kimia.pdf](http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/juknis/juknis_kimia.pdf) (Accessed on May 14, 2018).
- Becker, J., Pabst, H., Mnyonga, J. & Kuzyakov, Y. (2015). Annual litterfall dynamics and nutrient deposition depending on elevation and land use at Mt. Kilimanjaro. *Biogeosciences*. 12(19): 5635–5646. DOI: <http://doi.org/10.5194/bg-12-5635-2015>.
- Boone, R.D., Grigal, D.F., Sollins, P., Ahrens, R.J. & Armstrong, D.E. (1999). Soil sampling, preparation, archiving, and quality control. In *Standard soil methods for long-term ecological research*. Oxford University Press, New York (pp. 133–136). [https://www.researchgate.net/profile/Khalid\\_Azim/post/Which\\_is\\_the\\_correct\\_way\\_of\\_taking\\_soil\\_samples/attachment/59d62172c49f478072e988dc/AS%3A272261005443082%401441923490260/download/Soil+sampling+preparation+archiving+and+quality+control+Robertson+et+al+1999.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Khalid_Azim/post/Which_is_the_correct_way_of_taking_soil_samples/attachment/59d62172c49f478072e988dc/AS%3A272261005443082%401441923490260/download/Soil+sampling+preparation+archiving+and+quality+control+Robertson+et+al+1999.pdf). (Accessed on May 17, 2018).
- Cakmak, I., Hengeler, C. & Marschner, H. (1994). Changes in phloem export of sucrose in leaves in response to phosphorus, potassium and magnesium deficiency in bean plants. *Journal of Experimental Botany*. 45(9): 1251–1257. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/45.9.1251>.
- Celentano, D., Zahawi, R.A., Finegan, B., Ostertag, R., Cole, R.J. & Holl, K.D. (2011). Litterfall dynamics under different tropical forest restoration strategies



- in Costa Rica. *Biotropica*. 43(3): 279–287. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2010.00688.x>.
- Chmolowska, D., Hamda, N. & Laskowski, R. (2017). Cellulose decomposed faster in fallow soil than in meadow soil due to a shorter lag time. *Journal of Soils and Sediments*. 17(2): 299–305. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1536-9>.
- Cuevas, E. & Medina, E. (1988). Nutrient dynamics within Amazonian forests. II Fine root growth, nutrient availability and leaf litter decomposition. *Oecologia* 76: 222–235. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00379956>.
- De Michele, R., Loqué, D., Lalonde, S. & Frommer, W.B. (2012). Ammonium and urea transporter inventory of the *Selaginella* and *Physcomitrella* genomes. *Frontiers in Plant Science*. 3: 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00062>.
- González-Prieto, S.J., Cabaneiro, A., Villar, M.C., Carballas, T. & Carballas, M. (1996). Effect of soil characteristics on N mineralization capacity in 112 native and agricultural soils from the northwest of Spain. *Biology and Fertility of Soils*. 22(3): 252–260. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00382521>.
- Gosz, J.R., Likens, G.E. & Bormann, F.H. (1973). Nutrient release from decomposing leaf and branch litter in the Hubbard Brook Forest, New Hampshire. *Ecological Monographs*. 43(2): 173–191. DOI: <https://doi.org/10.2307/1942193>.
- Gruba, P. & Mulder, J. (2015). Tree species affect cation exchange capacity (CEC) and cation binding properties of organic matter in acid forest soils. *Science of the Total Environment*. 511: 655–662. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.013>.
- Hartemink, A.E. & O’Sullivan, J.N. (2001). Leaf litter decomposition of *Piper aduncum*, *Gliricidia sepium* and *Imperata cylindrica* in the humid lowlands of Papua New Guinea. *Plant and Soil*. 230(1): 115–124. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1004868502539>.
- Hassink, J., Neutel, A.M. & De Ruiter, P.C. (1994). C and N mineralization in sandy and loamy grassland soils: The role of microbes and microfauna. *Soil Biology and Biochemistry*. 26(11): 1565–1571. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)90099-X](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)90099-X).
- Johannes, A., Matter, A., Schulin, R., Weiskopf, P., Baveye, P.C. & Boivin, P. (2017). Optimal organic carbon values for soil structure quality of arable soils. Does clay content matter?. *Geoderma*. 302: 14–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.04.021>.
- Junqueira, A.B., Stomph, T.J., Clement, C.R. & Struik, P.C. (2016). Variation in soil fertility influences cycle dynamics and crop diversity in shifting cultivation systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 215: 122–132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.015>.
- Kamble, P.N. & Bååth, E. (2014). Induced N-limitation of bacterial growth in soil: effect of carbon loading and N status in soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 74: 11–20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.02.015>.
- Kooch, Y., Rostayee, F. & Hosseini, S.M. (2016). Effects of tree species on topsoil properties and nitrogen cycling in natural forest and tree plantations of northern Iran. *Catena*. 144: 65–73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.05.002>.
- Lousier, J.D & Parkinson, D. (1978). Chemical element dynamic in decomposing leaf litter. *Canadian Journal of Botany*. 56(21): 2795–2812. DOI: <https://doi.org/10.1139/b78-335>.
- McCauley, A., Jones, C. & Jacobsen, J. (2009). Soil pH And Organic Matter. *Nutrient Management Module* (Vol. 8). USA: Montana State University. <https://pdfs.semanticscholar.org/7501/ac8777b94f333a50a0497f60e809950a14f2.pdf>. (Accessed on May 14, 2018).
- Mensah, J.K., Akomeah, P.A. & Eifediyi, E.K. (2007). Soil fertility regeneration of impoverished ultisols of Edo State Using *Gliricidia sepium* Jacq Walp. *Journal of Agronomy*. 6(4): 593–596. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/ja.2007.593.596>.
- Paijmans, K (editor). (1976). *New Guinea Vegetation*. Canberra (AU). Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in association with the Australian National University Pr. <https://openresearch-repository.anu.edu.au/bitstream/1885/114816/2/b12189868.pdf> (Accessed on April 17, 2019).
- Ragasa, C.Y., Batarra, T.C., Vivar, J.L.A., Mariquit, M. & Shen, C.C. (2017). Chemical constituents of *Dracontomelon dao* (Blanco) Merr. et Rolfe. *Pharmacognosy Journal*. 9(5): 654–656. DOI: <http://dx.doi.org/10.5530/pj.2017.5.103>.
- Rogers, H.M. (2002). Litterfall decomposition and nutrient release in a lowland tropical rain forest,

- Marobe Province, Papua New Guinea. *Journal of Tropical Ecology*. 18(3): 449–456. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467402002304>.
- Ross, R. (1954). Ecological studies on the rain forest of Southern Nigeria. III. Secondary succession in the Shasha reserve. *Journal of Ecology*. 42: 259–282. DOI: <https://www.jstor.org/stable/2256861?seq=1>.
- Saini, G.R. (1971). Chemical and physical properties of coastal aluvial soils of New Brunswick. *Geoderma*. 5(2): 111–118. DOI: [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(71\)90016-4](https://doi.org/10.1016/0016-7061(71)90016-4).
- Sanchez, P.A. (1999). Improved fallows come of age in the tropics. *Agroforstry System* 47(1-3): 3–12. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1006287702265>.
- Sayer, E.J. & Tanner, E.V.J. (2010). Experimental investigation of the importance of litterfall in lowland semi-evergreen tropical forest nutrient cycling. *Journal of Ecology*. 98(5): 1052–1062. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01680.x>.
- Schwendener, C.M., Lehmann, J., de Camargo, P.B., Luizao, R.C.C. & Fernandes, E.C.M. (2005). Nitrogen transfer between high-and low-quality leaves on a nutrient-poor Oxisol determined by <sup>15</sup>N enrichment. *Soil Biology and Biochemistry*. 37(4): 787–794. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.10.011>.
- Susanto, S.A. (2019). Sebaran ukuran diameter pohon untuk menentukan umur dan regenerasi hutan di lahan bera Womnowi, Sidey Manokwari. *Biotropika*. 7(5): 67–76. DOI: <http://dx.doi.org/10.21776/ub.biotropika.2019.007.02.4>.
- Susanto, S.A., Budirianto, H.J. & Maturbongs, A.C. (2018). Komposisi jenis tumbuhan di tanah aluvial Lahan bera diperkaya Womnowi, Distrik Sidey Manokwari. In *Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIPA* (Vol. 3, pp. 22–32). <https://prosiding.fmipa.unipa.ac.id/index.php/SN MIPAUNIPA/article/download/4/3>.
- Susanto, S.A., Budirianto, H.J. & Maturbongs, A.C. (2019). Suhu dan kelembaban berdampak pada produktivitas serasah basah vegetasi dominan di lahan bera Womnowi Distrik Sidey Manokwari Papua Barat. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*. 4(1): 1–10. <http://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma/article/viewFile/5965/3426>.
- Susanto, S.A., Budirianto, H.J. & Maturbongs, A.C. (2020). Estimasi produktivitas serasah di lahan bera Womnowi, Distrik Sidey, Manokwari. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 25(2): 185–192. DOI: <https://doi.org/10.18343/jipi.25.2.185>.
- Susanto, S.A., Budirianto, H.J., Maturbongs, A.C. & Putra, S.A. (2019). Potensi dan keragaman tumbuhan bawah non-kayu di lahan bera Womnowi Distrik Sidey Manokwari. *Ulin: Jurnal Hutan Tropis*. 3(1): 10–18. <http://dx.doi.org/10.32522/u-jht.v3i1.1878>.
- Szott, L.T., Palm, C. & Davey, C. (1994). Biomass and litter accumulation under managed and natural tropical fallows. *Forest Ecology and Management*. 67(2): 177–190. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(94\)90015-9](https://doi.org/10.1016/0378-1127(94)90015-9).
- Szott, L.T. & Palm, C.A. (1996). Nutrient stocks in managed and natural humid tropical fallows. *Plant and Soil*. 186(2): 293–309. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02415525>.
- Toky, O.P. & Ramakrishnan, P.S. (1984). Litter decomposition related to secondary succession and species type under slash and burn agriculture (Jhum) in north-eastern India. In *Proceedings of the Indian National Science Academy*. (Vol.1, pp. 57–65). DOI: [https://www.insa.nic.in/writereaddata/UpLoadedFiles/PINSA/Vol50B\\_1984\\_1\\_Art10.pdf](https://www.insa.nic.in/writereaddata/UpLoadedFiles/PINSA/Vol50B_1984_1_Art10.pdf).
- Uyovbisere, E.O. & Lombim, G. (1991). Efficient fertilizer use for increased crop production: The sub-humid Nigeria experience. *Fertilizer Research*. 29: 81–94. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01048991>.
- Van Dyne, G.M. & Vogel, W.G. (1967). Relation of *Selaginella densa* to site, grazing, and climate. *Ecology*. 48(3): 438–444. DOI: <https://doi.org/10.2307/1932679>.
- Wood, S.L.R., Rhemtulla, J.M. & Coomes, O.T. (2016). Intensification of tropical fallow based agriculture: Trading-off ecosystem services for economic gain in shifting cultivation landscapes?. *Agriculture, Ecosystem & Environment*. 215(0): 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.09.005>.
- Zinn, Y.L., Marrenjo, G.J. & Silva, C.A. (2018). Soil C: N ratios are unresponsive to land use change in Brazil: A comparative analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 255: 62–72. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.019>.