

Perspektif Baru: Manajemen Vegetasi Bawah Tegakan pada Budidaya Kelapa Sawit Berkelanjutan

New Perspective: Management of Understorey Vegetation in Sustainable Oil Palm Cultivation

Sudirman Yahya^{1*}, Mira Ariyanti², dan Yenni Asbur³

¹Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor (IPB University), Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

²Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran Jl. Raya Bandung-Sumedang km 21, Jatinangor, Jawa Barat, Indonesia

³Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara Jl. Karya Wisata Gedung Johor, Medan 20144, Indonesia

Diterima 1 Desember 2022/Disetujui 23 Desember 2022

ABSTRACT

*Among plants, between main tree crops, e.g. oil palm and other plants, to a certain extent they are competing with each other for resources of growing environment, especially for water and nutrients within the growing media and space, and microclimate elements. In this respect, the understorey plants or vegetation will be studied by how much they compete with the main crop in comparison with their beneficial effects on the main crop directly, or indirectly toward plantation management and the environment. This study will reveal the existence of understorey plants or vegetation that is commonly used as a ground cover with various benefits in supporting sustainable palm oil production technology. There are several variables, that are commonly observed as a positive impact of implementing sustainable production technology, including reduction of CO₂ greenhouse gas emissions, increased carbon stocks, environmental biodiversity, improvement of water and soil nutrient balances, soil and water conservation, including decreasing erosion. In this paper, some of these variables will be revealed and analyzed as a result of production technology, especially by using two understorey vegetation species: *Nephrolepis biserrata* and *Asystasia gangetica*.*

Keywords: biodiversity, carbon stock, nutrient balance, water balance

ABSTRAK

*Sesama tumbuhan, antara tanaman pokok dan tumbuhan lainnya, sampai tingkat tertentu bersaing dalam mendapatkan sumberdaya lingkungan tumbuh, terutama air dan hara media tumbuh, ruang tumbuh dan unsur iklim mikro. Sehubungan dengan ini, tumbuhan atau vegetasi bawah tegakan dapat ditinjau seberapa besar daya menyaingi dibandingkan dengan besar daya manfaat, baik secara langsung bagi tanaman pokok, pengelolaan kebun maupun terhadap segi lingkungan. Pada tinjauan ini akan diungkapkan keberadaan tumbuhan atau vegetasi bawah tegakan yang lazim yang berperanan sebagai penutup tanah dengan berbagai manfaat dalam mewujudkan teknologi produksi kelapa sawit berkelanjutan. Ada beberapa peubah yang lazim diamati sebagai dampak positif penerapan teknologi produksi berkelanjutan, di antaranya: penurunan emisi gas rumah kaca CO₂, peningkatan cadangan karbon, biodiversitas lingkungan, perbaikan neraca air dan hara tanah, konservasi tanah dan air, dan penekanan erosi. Dalam naskah ini akan diungkap dan ditelaah beberapa peubah tersebut sebagai dampak teknologi produksi, khususnya oleh dua spesies vegetasi bawah *Nephrolepis biserrata* dan *Asystasia gangetica*.*

Kata kunci: biodiversitas, cadangan karbon, neraca air, neraca hara

VEGETASI BAWAH TEGAKAN

Vegetasi atau tumbuhan bawah tegakan kelapa sawit, secara sederhananya lazim digolongkan sebagai gulma. Gulma adalah kelompok tumbuhan yang keberadaannya

tidak dikehendaki karena berbagai hal, di antaranya bersaing dengan tanaman utama atau pokok dalam hal sumberdaya lingkungan tumbuh, terutama air dan hara media tumbuh, ruang tumbuh dan unsur iklim mikro, terutama cahaya. Selain itu adanya senyawa kimia eksudat yang dihasilkan gulma, yang bersifat alelopati.

Sesama tumbuhan, antara tanaman pokok dan tumbuhan lainnya, sampai tingkat tertentu bersaing terhadap

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: syahya49@yahoo.co.id

sumberdaya lingkungan tumbuh yang disebut di atas. Sehubungan dengan ini, tumbuhan atau vegetasi bawah tegakan dapat ditinjau seberapa besar daya menyaingi dibandingkan dengan besar daya manfaat, baik secara langsung bagi tanaman pokok, pengelolaan kebun maupun terhadap segi lingkungan.

Tumbuhan bawah tegakan umumnya dikelompokkan sebagai tumbuhan setahun dan kalaupun sebagai tumbuhan tahunan, berumur atau berhabitus lebih pendek daripada tanaman pokok kelapa sawit. Dengan demikian, tumbuhan bawah tegakan ini menyelesaikan siklus hidupnya lebih awal daripada kelapa sawit, sehingga peluruhan biomassa, yang selanjutnya mengalami dekomposisi atau pelapukan, mengembalikan karbon dan unsur-unsur hara ke tanah dalam bentuk yang tersedia untuk diserap lagi oleh tumbuhan bawah siklus lanjutan dan oleh tanaman pokok.

Selain itu, tumbuhan bawah walaupun sebagai tumbuhan tahunan, jika berumur lebih pendek daripada tanaman pokok kelapa sawit atau berhabitus merambat, perdu atau semak dengan perakaran dangkal, tidak bersaing (dalam hal air dan hara tanah) dengan perakaran kelapa sawit yang lebih dalam. Pada tinjauan selanjutnya akan diungkapkan keberadaan tumbuhan atau vegetasi bawah tegakan yang lazim disebut sebagai gulma, tetapi sesungguhnya lebih berperan sebagai penutup tanah dengan berbagai manfaat dalam mewujudkan teknologi produksi kelapa sawit berkelanjutan.

Ada beberapa peubah yang lazim diamati sebagai dampak positif penerapan teknologi produksi berkelanjutan. Peubah-peubah berkelanjutan tersebut di antaranya: penurunan emisi gas rumah kaca CO₂, peningkatan cadangan karbon, biodiversitas lingkungan, perbaikan neraca air dan hara tanah, konservasi tanah dan air, dan penekanan erosi. Dalam naskah ini akan diungkap dan ditelaah beberapa peubah di antaranya sebagai dampak vegetasi bawah tegakan, terutama dua spesies penutup tanah *Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott dan *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson pada teknologi produksi kelapa sawit.

DISKUSI

Keragaman Vegetasi

Teknologi produksi tanaman kelapa sawit secara berkelanjutan dapat menggunakan *cover crop* melalui pemanfaatan vegetasi yang banyak dijumpai di bawah tegakan kelapa sawit, diantaranya vegetasi jenis paku-pakuan *Nephrolepis biserrata* (Sw.) Schott dan vegetasi berdaun lebar *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson. Berdasarkan hasil penelitian bersama Asbur (2016) dan Ariyanti (2016) menunjukkan bahwa *N. biserrata* dan *A. gangetica* merupakan gulma, atau vegetasi bawah dominan yang dijumpai di bawah tegakan kelapa sawit umur 9, 13, dan 18 tahun dengan nilai kerapatan relatif, frekuensi relatif dan dominansi relatif lebih tinggi dari vegetasi lainnya, karena *N. biserrata* dan *A. gangetica* memiliki jumlah individu paling banyak dan selalu ditemukan di setiap petak serta penyebarannya yang luas, sehingga *N. biserrata* dan *A.*

gangetica memiliki indeks nilai penting (INP) dan *summed dominance ratio* (SDR) paling tinggi (Tabel 1).

Gulma tergolong tumbuhan yang secara tidak langsung memiliki peranan yang cukup penting dalam lingkungan tumbuhnya. Peranan itu tidak terlepas dari tumbuhan sebagai vegetasi yang tumbuh di atas tanah dan hidup dengan memanfaatkan segala unsur biotik dan abiotik yang ada di bawah dan di atas tanah. Tercapainya keadaan lingkungan tumbuh yang seimbang adalah suatu hal yang diharapkan terjadi dalam pengelolaan lingkungan hidup secara sinergi, dimana di dalamnya tumbuhan atau tanaman sebagai produsen utama.

Ragam vegetasi bawah yang sering disebut gulma pada suatu perkebunan kelapa sawit menjadikan keadaan lingkungan tersebut memiliki tingkat biodiversitas tertentu dengan segala aspek kehidupan yang memiliki hubungan apakah saling menguntungkan atau merugikan.

Tabel 1 menggambarkan keadaan vegetasi yang hidup di bawah tegakan pohon kelapa sawit berdasarkan pengamatan analisis vegetasi pada perkebunan kelapa sawit dengan umur tanaman lebih dari 9 tahun. Keadaan tajuk yang relatif rapat dan saling menutupi menjadikan lahan di bawah tegakan kelapa sawit kurang mendapatkan cahaya matahari, sehingga diperlukan suatu pengamatan mengenai jenis tumbuhan yang mampu bertahan dan hidup pada kondisi lingkungan dengan tingkat naungan yang tinggi.

Jenis tumbuhan yang mungkin tergolong gulma dan banyak tumbuh pada kondisi tersebut berdasarkan pengamatan menggunakan metode analisis vegetasi di antaranya *N. biserrata* dan *A. gangetica*. Selain itu terdapat juga jenis tumbuhan lainnya seperti tertera pada Tabel 1. *N. biserrata* merupakan tumbuhan tergolong jenis paku-pakuan yang memperbanyak diri dengan spora. Perakarannya serabut dan terjalin rapat di dalam tanah. *N. biserrata* di perkebunan kelapa sawit PTPN VII, Natar, Lampung Selatan tertera pada Gambar 1A dan 1B. Morfologi daun dan perakaran *N. biserrata* tertera pada Gambar 1C dan 1D.

A. gangetica tergolong tumbuhan perennial berdaun lebar yang dapat berkembang biak secara vegetatif melalui stek dan generatif melalui biji. Akarnya berupa akar tunggang yang bercabang-cabang dan setiap buku pada ruas batang dapat mengeluarkan akar apabila bersentuhan dengan tanah. *A. gangetica* di perkebunan kelapa sawit PTPN VII, Natar, Lampung Selatan tertera pada Gambar 2A dan 2B. Morfologi daun dan perakaran *A. gangetica* tertera pada Gambar 2C dan 2D.

Laju Pertumbuhan dan Land Coverage A. gangetica

Laju pertumbuhan dan *land coverage* (kemampuan menutup lahan) merupakan salah satu syarat suatu tanaman dapat dimanfaatkan sebagai tanaman penutup tanah. *A. gangetica* memiliki laju pertumbuhan tanaman yang cepat diikuti pula dengan *land coverage* yang cepat, yaitu mampu menutup 100% pada umur 11 MST dan 15 MST dengan jarak tanam 10 cm x 10 cm dan 20 cm x 20 cm (Asbur, 2016).

Tabel 1. Jenis vegetasi bawah yang memiliki nilai SDR (*summed dominance ratio*) tinggi di bawah tegakan kelapa sawit Unit Usaha Rejosari PTPN VII, Natar, Lampung Selatan dengan tahun tanam yang berbeda*)

No.	Jenis	KR (%)	FR (%)	DR (%)	INP (%)	SDR (%)
Tahun tanam 1996						
1	<i>Nephrolepis biserrata</i> (Kuntze)	20.3	4.1	53.2	77.6	25.9
2	<i>Asystasia gangetica</i> (L.) Anderson	9.4	4.1	13.4	26.8	8.9
3	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	15.4	4.1	3.0	22.5	7.5
4	<i>Cyrtococcum oxyphyllum</i> Stapf	8.8	3.9	0.6	13.3	4.4
5	<i>Saccarum spontaneum</i>	7.1	3.5	0.9	11.5	3.8
6	<i>Clidemia hirta</i> Don.	3.1	3.9	2.5	9.4	3.1
7	<i>Stachytarpheta indica</i> (L.) Vahl.	3.1	4.1	2.1	9.3	3.1
8	<i>Axonopus compressus</i> (Swartz) Beauv.	3.6	3.7	1.5	8.7	2.9
9	<i>Ottocloa nodosa</i> (Kunth.) Dandy	4.1	3	0.3	7.4	2.5
10	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	1.6	3.3	1.7	6.6	2.2
Indeks keanekaragaman jenis (H') = 3.14 (sangat tinggi)						
Tahun tanam 2001						
1	<i>Nephrolepis biserrata</i> (Kuntze)	12.1	4.3	39.7	56.1	18.7
2	<i>Asystasia gangetica</i> (L.) Anderson	8.5	4.1	15.1	27.7	9.2
3	<i>Stachytarpheta indica</i> (L.) Vahl.	6.0	3.7	9.9	19.6	6.5
4	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	12.4	3.9	3.0	19.3	6.4
5	<i>Oplismenus compositus</i> (L.) Beauv.	10.4	4.1	1.6	16.1	5.4
6	<i>Axonopus compressus</i>	6.2	3.9	3.2	13.3	4.4
7	<i>Brachiaria mutica</i>	4.7	3.4	2.9	11.0	3.7
8	<i>Saccarum spontaneum</i>	5.5	3.5	0.9	9.9	3.3
9	<i>Euphorbia hirta</i> L.	2.5	2.2	4.0	8.7	2.9
10	<i>Clidemia hirta</i> Don.	2.4	3.7	2.3	8.4	2.8
Indeks keanekaragaman jenis (H') = 3.23 (sangat tinggi)						
Tahun tanam 2005						
1	<i>Nephrolepis biserrata</i> (Kuntze)	15.4	5.5	37.9	58.9	19.6
2	<i>Asystasia gangetica</i> (L.) Anderson	18.9	5.3	25.2	49.5	16.5
3	<i>Stachytarpheta indica</i> (L.) Vahl.	6.8	5.0	8.5	20.3	6.8
4	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	9.8	4.8	1.8	16.4	5.5
5	<i>Axonopus compressus</i>	8.4	4.1	3.3	15.8	5.3
6	<i>Saccarum spontaneum</i>	4.6	4.8	0.6	10.0	3.3
7	<i>Setaria plicata</i> (Lamk) T.Cooke	4.6	4.6	0.4	9.6	3.2
8	<i>Asplenium cuneatum</i>	1.2	3.6	4.3	9.1	3.0
9	<i>Adiantum tenerum</i>	2.1	3.1	3.2	8.3	2.8
10	<i>Euphorbia hirta</i> L.	1.4	4.3	2.2	7.9	2.6
Indeks keanekaragaman jenis (H') = 2.93 (tinggi)						

Keterangan: *Hasil pengamatan di lapangan bersama peneliti lain dengan kajian yang berbeda, KR = kerapatan relatif, FR = frekuensi relatif, DR = dominansi relatif, INP = indeks nilai penting, SDR = *summed dominance ratio* (Sumber: Ariyanti, 2016)

Land coverage A. gangetica ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan *land coverage* LCC (*legume cover crop*) konvensional di kebun kelapa sawit, yaitu campuran dari *Pueraria javanica*, *Centrosema pubescens* dan

Calopogonium caeruleum, yaitu menutup lahan sebesar 80% pada umur 6 bulan setelah penanaman di lapangan (BSP), sedangkan *Mucuna bracteata* menutup lahan 77.5% pada umur 24 BSP (Othman et al., 2012).



Gambar 1. (A dan B) *N. biserrata* di perkebunan kelapa sawit, (C dan D) Morfologi dan perakaran *N. biserrata* (Sumber: Ariyanti, 2016)



Gambar 2. (A dan B) *Asystasia gangetica* di perkebunan kelapa sawit, (C dan D) Morfologi *Asystasia gangetica* (Sumber: Asbur, 2016)

Emisi CO₂ dan Cadangan Karbon

Penelitian pada areal peremajaan kebun kelapa sawit (Kusumawati *et al.*, 2020) memperoleh hasil yang menunjukkan nilai emisi CO₂ berbagai tanaman sela dan vegetasi penutup lahan (Tabel 2). Pada areal yang sudah ditumbuhi vegetasi sudah terjadi penurunan emisi CO₂ melalui aktivitas fotosintesis. Peranan penutup lahan menekan emisi CO₂ dapat dilihat pada Tabel 3, baik oleh

vegetasi alami (tegakan bawah), maupun tanaman legume (kacangan), dibandingkan dengan tanaman sela ataupun lahan terbuka (setelah *land clearing*, Tabel 2).

Emisi CO₂ di lahan peremajaan kelapa sawit besarnya semakin berkurang dengan adanya penanaman tanaman sela secara tumpangsari. Hasil sidik ragam emisi CO₂ pada fase vegetatif dan generatif tanaman sela pada gawangan kelapa sawit disajikan pada Tabel 3. Tabel 3 terlihat bahwa terjadi penurunan emisi CO₂ dengan adanya vegetasi alami

Tabel 2. Emisi CO₂ setiap fase kondisi pertanaman

Fase kondisi pertanaman	Emisi CO ₂ (ton CO ₂ ha ⁻¹ per tahun)		
	Pagi	Siang	Rata-rata
Tanaman kelapa sawit umur 28 tahun	30.3	26.7	28.5
Tanah kosong setelah <i>land clearing</i>	39.9	78.1	59.0
Fase vegetatif tanaman tumpangsari	46.9	47.0	47.0
Fase generatif tanaman tumpangsari	63.4	39.8	51.6
Tanaman kelapa sawit umur 1 tahun	49.9	35.9	42.9

Sumber: Kusumawati *et al.* (2020)

Tabel 3. Emisi CO₂ pada fase vegetatif dan generatif tanaman tumpangsari

Tanaman tumpangsari	Emisi CO ₂ fase vegetatif (ton CO ₂ ha ⁻¹ per tahun)			Emisi CO ₂ fase generatif (ton CO ₂ ha ⁻¹ per tahun)		
	Pagi	Siang	Rata-rata	Pagi	Siang	Rata-rata
Jagung	67.2a	67.2a	67.2a	73.8a	37.9ab	55.9a
Kedelai	50.1ab	47.2ab	48.7b	51.7a	39.1ab	45.4a
Vegetasi alami	36.7b	39.2b	38.0bc	56.0a	34.5b	45.3a
Kacangan	33.9b	34.3b	34.1c	72.0a	47.6a	59.8a
			47.0			51.6

Keterangan: Angka-angka diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan besaran emisi CO₂ tidak berbeda nyata, sedangkan huruf yang tidak sama menunjukkan besaran emisi CO₂ berbeda nyata (Sumber: Kusumawati *et al.* (2020))

dan tanaman kacang sebagai cover crop. Hal ini sejalan dengan peningkatan nilai cadangan karbon dari biomassa masing-masing kelompok spesies (Tabel 4).

Biomassa dari vegetasi yang mati dan melalui proses dekomposisi atau pelapukan terjadi pelepasan hara termasuk karbon ke dalam tanah pada tempat tumbuhnya seperti hasil penelitian Ariyanti *et al.* (2015a) pada vegetasi *N. biserrata* dan Asbur *et al.* (2015a) pada vegetasi *A. gangetica*.

Laju Dekomposisi dan Pelepasan Hara, Cadangan Karbon *N. biserrata*

Penanaman pada wilayah perkebunan menunjukkan bahwa *N. biserrata* memiliki rata-rata tanaman yang dapat bertahan hidup per polybag, rata-rata pertambahan tinggi, jumlah daun total, dan panjang daun total yang semakin meningkat. Hal tersebut menunjukkan bahwa *N. biserrata* berpotensi menjadi cover crop di wilayah perkebunan kelapa sawit.

Kondisi tanah sebagai media tanam tidak lepas dari aktivitas penguraian berbagai materi pada daur hara di dalam tanah sebagai sumber bahan organik tanah. *N. biserrata* adalah salah satu sumber bahan organik dalam tanah, dan ini menjadi pertimbangan dalam pemanfaatan *N. biserrata* sebagai tanaman penutup tanah. Nilai

Tabel 4. Nilai cadangan karbon pada berbagai kondisi pertanaman

Kondisi pertanaman	Cadangan karbon (ton C ha ⁻¹)
Tanaman kelapa sawit 28 tahun	74.7
Tumbuhan bawah/semak di bawah kelapa sawit 28 tahun	0.7
Tanaman tumpangsari jagung	10.2
Tanaman tumpangsari kacang	7.6
Tanaman tumpangsari kedelai	3.5
Vegetasi alami	2.8

Sumber: Kusumawati *et al.* (2020)

C/N *N. biserrata* sebelum dekomposisi adalah 16.53 dan setelah dekomposisi adalah 24.88, yang menandakan bahwa tumbuhan tersebut mudah terurai sehingga unsur hara tersedia bagi tanaman. Peningkatan nilai C/N yang terjadi selama proses dekomposisi menunjukkan bahwa *N. biserrata* akan mengalami dekomposisi lebih lanjut dengan laju dekomposisi 1.58 g per hari. Selama proses dekomposisi, *N. biserrata* mampu menyumbang hara N, P, K dan C-organik masing-masing sebesar 41%, 11%, 93%, dan 11.3% (Ariyanti *et al.*, 2015a). Hal ini akan berguna untuk menambah unsur hara pada tanaman kelapa sawit pada umumnya khususnya unsur P, dimana unsur tersebut merupakan unsur yang lepas lambat di dalam tanah.

Laju Dekomposisi, Pelepasan Hara, dan Cadangan Karbon Tanah *A. gangetica*

Dekomposisi merupakan proses perombakan dan penghancuran bahan organik menjadi senyawa-senyawa sederhana, sehingga selama proses dekomposisi akan terjadi kehilangan bobot dari biomassa yang terdekomposisi. Sebelumnya diduga pola perubahan bobot biomassa *A. gangetica* akan terjadi sampai 60 hari, ternyata dalam waktu 30 hari sudah terjadi perubahan bobot hampir 98%, sehingga percobaan laju dekomposisi tidak dilanjutkan sampai 60 hari (Asbur *et al.*, 2015a). Hal ini terlihat dari pengurangan bobotnya yang semula seberat 50 g, tetapi setelah dekomposisi menjadi 5.0 g dengan laju dekomposisi 1.50 g atau 3.0% per hari dan kehilangan bobot biomassa sebesar 90.0% dari bobot awal.

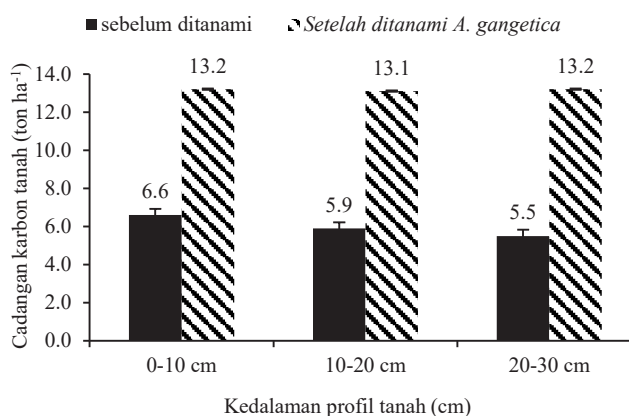
Kehilangan bobot biomassa *A. gangetica* ini jauh lebih cepat dibandingkan dengan kehilangan bobot dari pelepah kelapa sawit serta gulma lain seperti *Melastoma malabathricum* L. Hasil penelitian Maswar (2009) menunjukkan bahwa pelepah kelapa sawit dan *M. malabathricum* membutuhkan waktu 14 bulan untuk terdekomposisi dengan kehilangan bobot biomassa 83.1% untuk pelepah kelapa sawit dan 87.6% untuk *M. malabathricum*. Demikian pula hasil penelitian Sulistiyanto *et al.* (2005) pada biomassa hutan rawa gambut di Kalimantan Tengah menunjukkan bahwa biomassa hutan di *mixed swamp*

forest dan *low pole forest* membutuhkan waktu dekomposisi lebih lama dibandingkan dengan biomasa *A. gangetica*, yaitu 18 bulan dengan kehilangan bobot masing-masing sebesar 34.7% dan 27.6%.

Pelepasan unsur hara *A. gangetica*, dihitung berdasarkan analisis jaringan tanaman *A. gangetica* sebelum dan sesudah dekomposisi (Tabel 5). Tabel 5 menunjukkan bahwa jaringan tanaman *A. gangetica* sebelum dekomposisi mengandung 48.90% C-organik, 1.90% N, 0.27% P, 4.77% K, 25.74 C/N, dan pH 5.05. Setelah dekomposisi, kandungan jaringan tanaman *A. gangetica* menurun berturut-turut menjadi 17.66% C-organik, 1.53% N, 0.16% P, 0.10% K, 13.58 C/N dan pH 5.90. Penurunan kandungan hara jaringan *A. gangetica* disebabkan proses dekomposisi juga merupakan gabungan proses fragmentasi dan perubahan struktur fisik bahan tumbuhan yang dibantu oleh aktivitas enzim pengurai yang mengubah bahan organik menjadi senyawa anorganik (Regina dan Tarazona, 2001).

Pendugaan cadangan karbon tanah sangat penting untuk mengetahui berapa banyak karbon tanah yang dapat disimpan, baik secara alami maupun yang dikelola dalam sistem pertanian. Menurut Tarnocai *et al.* (2009), gudang karbon terpenting dalam jangka panjang pada ekosistem daratan adalah tanah, karena akumulasi karbon terbesar terdapat di dalam tanah dibandingkan di dalam biomassa tanaman dan atmosfer. Selain itu, karbon yang tersimpan di dalam tanah dapat berkontribusi untuk pencegahan emisi gas rumah kaca (Follet *et al.*, 2009), dan sebagai salah satu indikator penting dalam menentukan kualitas tanah (Islam dan Weil, 2000), karena peranannya dalam menentukan sifat fisik, kimia, maupun biologi tanah (Hou *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2011; Bationo *et al.*, 2006), sehingga karbon yang tersimpan dalam tanah harus dipelihara dan dipertahankan.

Gambar 3 menunjukkan bahwa tanah yang ditanami *A. gangetica* mampu meningkatkan cadangan karbon tanah sebesar 100% pada kedalaman profil tanah 0-10 cm, 122% pada kedalaman profil tanah 10-20 cm, dan 140% pada kedalaman profil tanah 20-30 cm. Ini berarti bahwa dengan adanya tanaman *A. gangetica* mampu meningkatkan cadangan karbon tanah sebesar 100% untuk setiap kedalaman profil tanah. Peningkatan cadangan karbon tanah setelah ditanami *A. gangetica* disebabkan meningkatnya kandungan C-organik tanah dari 0.6% pada kedalaman profil tanah 0-10 cm sebelum ditanami menjadi 1.2% setelah ditanami *A. gangetica*. Begitu pula pada kedalaman profil tanah 10-20 cm dan 20-30 cm, berturut-turut meningkat dari 0.54% dan 0.5% sebelum ditanami menjadi 1.19% dan 1.2% setelah ditanami *A. gangetica*. Robert (2001) menyatakan, tanaman merupakan tempat penyimpanan karbon dengan menyerap



Gambar 3. Cadangan karbon tanah sebelum dan sesudah ditanami *A. gangetica* pada kedalaman 0-30 cm (ton ha⁻¹) di perkebunan kelapa sawit menghasilkan (Sumber: Asbur *et al.* (2015b))

karbon dari udara melalui proses fotosintesis menjadi bahan penyusun jaringan tanaman. Pada saat daun, ranting, atau keseluruhan tanaman mati, bahan ini kemudian dikembalikan ke tanah, dan mengalami dekomposisi. Proses dekomposisi sebagian menghasilkan gas CO₂ dan dilepaskan lagi ke udara, sedangkan sebagian lagi tertahan di dalam tanah.

Apabila cadangan karbon tanah untuk setiap kedalaman profil tanah dijumlahkan, maka total cadangan karbon tanah yang ditanami *A. gangetica* dari hasil penelitian ini adalah sebesar 39.5 ton ha⁻¹. Walaupun cadangan karbon tanah ini cukup kecil, tetapi masih berada dalam kisaran cadangan karbon tanah di hutan tropis pada kedalaman tanah yang sama, yaitu 5-180 ton ha⁻¹ (IPCC, 1997) dan jauh lebih besar dari cadangan karbon perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur yang hanya sebesar 0.1 ton ha⁻¹ (Sugirahayu dan Rusdiana, 2011).

Aliran Permukaan

Penanaman *N. biserrata* juga mampu menekan aliran permukaan (*runoff*) yang terjadi, terutama di wilayah yang sering terkena erosi seperti perkebunan kelapa sawit di wilayah Sumatera dan Kalimantan. Hasil penelitian Murtalaxono *et al.* (2018) menunjukkan bahwa aliran permukaan berkurang secara signifikan dengan perlakuan teras gulud dan *N. biserrata*. Aliran permukaan pada petak yang tidak diberi perlakuan (G₀T₀) sebesar 59.4% dari curah hujan yang terjadi. **Besarnya aliran permukaan yang terjadi** disebabkan kurangnya air yang terinfiltrasi ke dalam tanah. Pori-pori tanah yang cenderung sedikit dikarenakan kurang

Tabel 5. Kandungan hara tanaman *A. gangetica* sebelum dan sesudah dekomposisi

Kondisi	pH	C-Organik (%)	N (%)	P (%)	K (%)	C/N
Sebelum dekomposisi	5.05	48.90	1.90	0.27	4.77	25.74
Setelah dekomposisi	5.90	17.66	1.53	0.16	0.10	11.54

Sumber: Asbur *et al.* (2015a)

terdapatnya vegetasi yang tumbuh di atasnya menyebabkan berkurangnya kemampuan tanah dalam menahan air melalui sistem perakaran tanaman. Penerapan teras gulud dan tanaman penutup tanah (G_1T_1) secara signifikan dan efektif menurunkan aliran permukaan hingga 2.8% dari curah hujan. Sementara aliran permukaan yang dihasilkan dari perlakuan guludan teras tetapi tidak menggunakan tanaman penutup tanah (G_1T_0) dan tanpa teras gulud tetapi dengan tanaman penutup tanah (G_0T_1) masing-masing adalah 28.5% dan 13.3% dari curah hujan, dan perlakuan tersebut berbeda nyata dengan kontrol (G_0T_0) (Tabel 6.)

Pemberian teras gulud dan tanaman penutup tanah paling efektif menurunkan aliran permukaan, yaitu sebesar 95.7% (Murtalaksana *et al.*, 2018). Angka tersebut menunjukkan bahwa tanaman penutup tanah *N. biserrata* lebih efektif menurunkan aliran permukaan dibandingkan dengan perlakuan teras gulud. Efek positif dari perlakuan tersebut adalah tanah dapat terjaga kelembabannya sehingga dapat menyuplai air untuk kelapa sawit pada musim kemarau. Pengaruh teras gulud dan tanaman penutup tanah *N. biserrata* terhadap erosi tanah dijelaskan pada Tabel 7.

Erosi Tanah dan Kehilangan Hara

Erosi tanah pada lahan pertanian mengakibatkan hilangnya bahan organik tanah (Chen *et al.*, 2011). Erosi menyebabkan berkurangnya lapisan tanah permukaan yang subur dan kaya akan bahan organik dan unsur hara (Blanco dan Lal, 2008), serta menurunkan produktivitas lahan dan tanaman. Menurut Abdurachman *et al.* (2003) hilangnya 10 cm lapisan tanah atas pada perkebunan kelapa sawit dapat menurunkan produksi lebih dari 50% meskipun pemupukan lengkap dilakukan karena lapisan tanah atas sebagai sumber nutrisi akan terkikis. Erosi tidak hanya mempengaruhi kandungan bahan organik tanah tetapi juga unsur hara utama tanah N, P, dan K.

Aliran permukaan sebagai penyebab erosi tanah terjadi karena curah hujan yang tinggi, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. Sebaliknya, dengan adanya perlakuan teras gulud dengan tanaman penutup tanah mampu mengurangi erosi tanah walaupun curah hujan tinggi, karena tajuk tanaman mampu menahan energi kinetik butiran-butiran hujan sehingga tidak langsung jatuh ke permukaan tanah

Tabel 6. Pengaruh teras gulud dan *N. biserrata* terhadap aliran permukaan di Perkebunan Kelapa Sawit, Unit Rejosari PTPN VII Lampung Selatan pada Oktober 2014-April 2015

Perlakuan	Aliran permukaan (mm per tahun)	Curah hujan (mm per tahun)	Persentase aliran permukaan (%)	Keefektifan perlakuan (%)
G_0T_0	717.0a	1207	59.4	-
G_0T_1	143.2c	1077	13.3	80.0
G_1T_0	262.6b	923	28.5	63.4
G_1T_1	30.9d	1096	2.8	95.7

Keterangan: Beda huruf pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan taraf 5%; G_0 = tanpa teras gulud; G_1 = dengan teras gulud; T_0 = tanpa tanaman penutup tanah *N. biserrata*; T_1 = dengan *N. biserrata* (Sumber: Murtalaksana *et al.* (2018))

Tabel 7. Keefektifan teras gulud dan tanaman penutup tanah terhadap erosi di Perkebunan Kelapa Sawit, Unit Rejosari PTPN VII Lampung Selatan pada Oktober 2014-April 2015

Perlakuan	Erosi (ton ha ⁻¹ per tahun)	Keefektifan menekan erosi (%)	Total curah hujan (mm)	Hari hujan (hari)
G_0T_0	56.4a	-	1208.1	44
G_0T_1	2.3c	95.9	1076.3	43
G_0T_2	25.5b	54.7	1087.0	44
G_1T_0	29.8b	47.1	1120.0	43
G_1T_1	0.8d	98.6	1114.6	43
G_1T_2	3.3c	94.1	1012.2	43

Keterangan: Angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang tidak sama berbeda nyata pada taraf 5% berdasarkan uji BNT, G_0 = tanpa guludan, G_1 = dengan guludan, T_0 = tanpa tanaman; T_1 = tanaman *N. biserrata*; T_2 = tanaman *A. gangetica*. Keefektifan menekan erosi dihitung dengan membandingkan erosi pada perlakuan G_0T_0 (kontrol) dengan perlakuan tertentu (Sumber: Asbur *et al.* (2016))

dan lebih banyaknya hujan yang diintersepsi oleh tanaman dan teras gulud melalui parit dan lubang resapan teras gulud. Perlakuan teras gulud dengan tanaman penutup tanah efektif menekan erosi sebesar 98.6% pada petak perlakuan G_1T_1 dan 94.1% pada petak perlakuan G_1T_2 . Sejalan dengan penelitian lain, yaitu penerapan konservasi tanah secara vegetatif dengan cara kelapa sawit + padi gogo ditanam berurutan dengan kedelai + strip *Mucuna bracteata* mampu menekan erosi lebih rendah di perkebunan kelapa sawit umur 5-7 tahun (Fuady *et al.*, 2014), dan penerapan teras gulud dengan tanaman pelindung pada pertanaman kopi mampu menekan erosi lebih rendah dibandingkan monokultur kopi (Dariah *et al.*, 2004).

Sejalan dengan Idjudin (2011) yang menyatakan bahwa keefektifan teras gulud akan meningkat dalam menanggulangi erosi apabila guludan diperkuat dengan tanaman. Hasil penelitian Satriawan *et al.* (2015) juga menunjukkan bahwa penerapan teras gulud yang diperkuat tanaman penguat dan tanaman sela jagung mengurangi erosi 1.8 kali lebih efektif dibandingkan dengan perlakuan tanpa teras gulud tanpa tanaman penutup tanah.

Erosi tanah menyebabkan hilangnya C-organik, N, P, dan K tanah. Asbur *et al.* (2016) melaporkan bahwa interaksi perlakuan antara teras gulud dan tanaman penutup tanah juga berpengaruh nyata terhadap kehilangan C-organik, N-total, P_2O_5 dan K_2O yang terbawa erosi. Perlakuan teras gulud dengan tanaman penutup tanah *N. biserrata* (G_1T_1) dan *A. gangetica* (G_1T_2) efektif menekan kehilangan C-organik masing-masing sebesar 99.9% dan 99.1%, N masing-masing sebesar 99.9% dan 99.2%, P_2O_5 masing-masing sebesar 99.4% dan 98.9%, serta K_2O masing-masing sebesar 99.6% dan 98.5% dibandingkan dengan perlakuan tanpa teras gulud tanpa tanaman penutup tanah (G_0T_0). Demikian pula hasil penelitian lain yaitu penerapan teras gulud dan tanaman jagung pada pertanaman pinang, serta teras gulud dan penanaman kacang tanah pada pertanaman kakao dapat menurunkan kehilangan hara C-organik, N, P, dan K disebabkan lebih kecilnya kejadian erosi (Satriawan, 2015).

Jumlah C-organik yang terbawa erosi lebih banyak dibandingkan dengan jumlah N, P, dan K pada semua perlakuan teras gulud dan tanaman penutup tanah. Kehilangan C-organik tanah menunjukkan juga kehilangan bahan organik tanah, karena C-organik tanah merupakan penyusun utama dari bahan organik tanah, sehingga kehilangan C-organik tanah akibat erosi merupakan masalah serius karena dapat mempercepat kerusakan tanah serta penurunan kesuburan tanah akibat hilangnya bahan organik tanah. Kandungan bahan organik tanah merupakan salah satu indikator keberlanjutan sumberdaya lahan (Wolf dan Snyder, 2003). Hal ini karena bahan organik memberikan pengaruh positif pada tanah, seperti mendaur ulang hara kembali ke tanah, serta meningkatkan kapasitas memegang air tanah.

Selain C-organik, jumlah N-total terbawa erosi juga lebih banyak dibandingkan dengan jumlah P dan K. Hal ini disebabkan salah satu sumber N di dalam tanah adalah bahan organik tanah (Hardjowigeno, 2010), sehingga dengan lebih

banyaknya jumlah C-organik terbawa erosi, maka jumlah N yang terbawa erosi juga lebih banyak dibandingkan jumlah P dan K. Jumlah K yang terbawa erosi jauh lebih banyak dibandingkan dengan jumlah P yang terbawa erosi disebabkan hara K merupakan unsur yang sangat mudah mengalami pencucian dibandingkan hara P (Havlin *et al.* 2005).

Neraca Hara

Neraca hara adalah perimbangan jumlah unsur hara yang ditambahkan dari luar ke dalam sistem produksi (sumber) dengan jumlah hara yang dikembalikan ke dalam sistem produksi (*recovery nutrient*). Perhitungan neraca hara menunjukkan hara-hara yang tidak terukur karena pencucian, penguapan, mobilisasi, imobilisasi (anorganik menjadi organik), fiksasi dan mineralisasi hara (organik menjadi anorganik). Fiksasi hara merupakan hara yang terperap oleh koloid tanah sehingga hara tersebut tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Perhitungan neraca hara pada perlakuan tanaman penutup tanah disajikan pada Tabel 8

Tabel 8 menunjukkan bahwa neraca hara N, P_2O_5 , dan K_2O positif (+) pada tanah dengan tanaman penutup tanah, sedangkan tanah tanpa tanaman penutup tanah, neraca hara N, P_2O_5 , dan K_2O negatif (-). Hal ini berarti terjadi peningkatan hara N, P, K pada tanah dengan tanaman penutup tanah, sedangkan pada tanah tanpa tanaman penutup tanah terjadi penurunan hara. Peningkatan hara terbesar pada tanah dengan tanaman penutup tanah adalah hara N, yaitu sebesar 549.4 kg ha⁻¹ pada tanah yang ditanami *N. biserrata* dan sebesar 512.8 kg ha⁻¹ pada tanah yang ditanami *A. gangetica*. Hara K_2O juga meningkat pada tanah dengan tanaman penutup tanah *N. biserrata* dan *A. gangetica*, yaitu masing-masing sebesar 135.3 kg ha⁻¹ dan 262.9 kg ha⁻¹. Demikian pula dengan hara P_2O_5 terjadi peningkatan pada tanah dengan tanaman penutup tanah, tetapi lebih kecil dibandingkan hara N dan K_2O , yaitu sebesar 30.8 kg ha⁻¹ pada tanah dengan tanaman penutup tanah *N. biserrata* dan sebesar 12.6 kg ha⁻¹ pada tanah dengan tanaman penutup tanah *A. gangetica*. Pada tanah tanpa tanaman penutup tanah, terjadi penurunan hara sebesar 322.0 kg N ha⁻¹, 9.4 kg P_2O_5 ha⁻¹, dan 21.8 kg K_2O ha⁻¹.

Tingginya penurunan hara N dibandingkan P_2O_5 dan K_2O pada tanah tanpa tanaman penutup tanah menunjukkan bahwa hara N lebih mudah hilang akibat penguapan dan pencucian, sedangkan hara P_2O_5 sangat sedikit terjadi penurunan disebabkan hara P mudah terfiksasi oleh logam-logam dan koloid tanah. Pada tanah dengan tanaman penutup tanah *A. gangetica* dan *N. biserrata* mampu meningkatkan ketersediaan hara N-total, P_2O_5 dan K_2O melalui neraca haranya karena peran tanaman penutup tanah dalam menghasilkan serasah dan eksudat akar yang mampu meningkatkan hara dan kadar air tanah, meningkatkan infiltrasi air di sepanjang akar, sehingga meningkatkan kesuburan tanah dan biomassa mikroorganisme tanah dalam zona akar yang berperan dalam neraca haranya (Schade dan Hobbie, 2005; Housman *et al.*, 2007).

Tabel 8. Neraca hara N-total, P₂O₅, K₂O tanah dengan penanaman tanaman penutup tanah (Agustus-Desember 2014)

Uraian	Tanpa tanaman	<i>N. biserrata</i>	<i>A. gangetica</i>
		N-total (kg ha ⁻¹)	
Sumber			
Tanah awal	1,369.0	1,258.0	1,073.0
Pupuk	100.0	100.0	100.0
Total Sumber	1,469.0	1,358.0	1,173.0
<i>Recovery nutrient</i>			
Tanah akhir	1,147.0	1,665.0	1,628.0
Serapan tanaman	0.0	242.4	57.8
Total <i>recovery nutrient</i>	1,147.0	1,907.4	1,685.8
Penambahan/Pengurangan hara	(-)322.0	(+)549.4	(+)512.8
		P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	
Sumber			
Tanah awal	16.8	7.6	7.2
Pupuk	3.8	3.8	3.8
Total sumber	20.6	11.3	11.1
<i>Recovery nutrient</i>			
Tanah akhir	11.2	13.4	14.8
Serapan tanaman	0.0	29.6	8.9
Total <i>recovery nutrient</i>	11.2	43.1	23.7
Penambahan/Pengurangan hara	(-)9.4	(+)30.8	(+)12.6
		K ₂ O (kg ha ⁻¹)	
Sumber			
Tanah awal	129.1	117.4	124.2
Pupuk	37.5	37.5	37.5
Total Sumber	166.6	154.9	161.7
<i>Recovery nutrient</i>			
Tanah akhir	144.8	63.0	264.6
Serapan tanaman	0.0	227.3	160.0
Total <i>recovery nutrient</i>	144.8	290.2	424.6
Penambahan/Pengurangan hara	(-)21.8	(+)135.3	(+)262.9

Keterangan: (+): Sumber < *Recovery nutrient* = terjadi penambahan hara; (-): Sumber > *Recovery nutrient* = terjadi pengurangan hara. Perhitungan neraca hara tidak memperhitungkan secara kuantitatif mekanisme pergerakan hara lain (Sumber: Asbur *et al.* (2015b))

pH tanah pada lokasi penelitian tergolong rendah, yaitu berkisar antara 4.0-4.7 yang menyebabkan P₂O₅ terfiksasi lebih besar dibandingkan P₂O₅ yang tersedia di dalam tanah. Namun, dengan adanya tanaman penutup tanah *N. biserrata* dan *A. gangetica*, P₂O₅ tersedia yang berasal dari bahan organik sisa-sisa tanaman, pupuk buatan, dan mineral-mineral di dalam tanah (Hardjowigeno, 2010) menjadi lebih tinggi dibandingkan P₂O₅ yang terfiksasi. Hal ini karena pada tanah asam, fosfor dapat menjadi empat sampai lima kali lebih tersedia bagi tanaman dengan adanya bahan organik di dalam tanah (Bunch, 2012). Selain itu, tanaman penutup tanah diduga dapat mengeluarkan

asam-asam organik di dalam tanah, sehingga melarutkan P menjadi bentuk tersedia bagi tanaman (Clark, 2007).

Pada tanah yang ditanami *N. biserrata* dan *A. gangetica* juga terjadi peningkatan hara K₂O, disebabkan K₂O yang berasal dari bahan organik dan mineralisasi mineral kalium di dalam tanah lebih besar dibandingkan dengan K₂O yang tercuci (Leiwakabessy *et al.*, 2003). Dengan demikian menjadi tersedia di dalam tanah, sedangkan pada tanah tanpa tanaman penutup tanah terjadi penurunan hara K₂O, karena pencucian dan fiksasi K₂O oleh mineral liat (Tisdale dan Nelson, 1975) lebih besar dibandingkan dengan K₂O yang larut dalam air tanah.

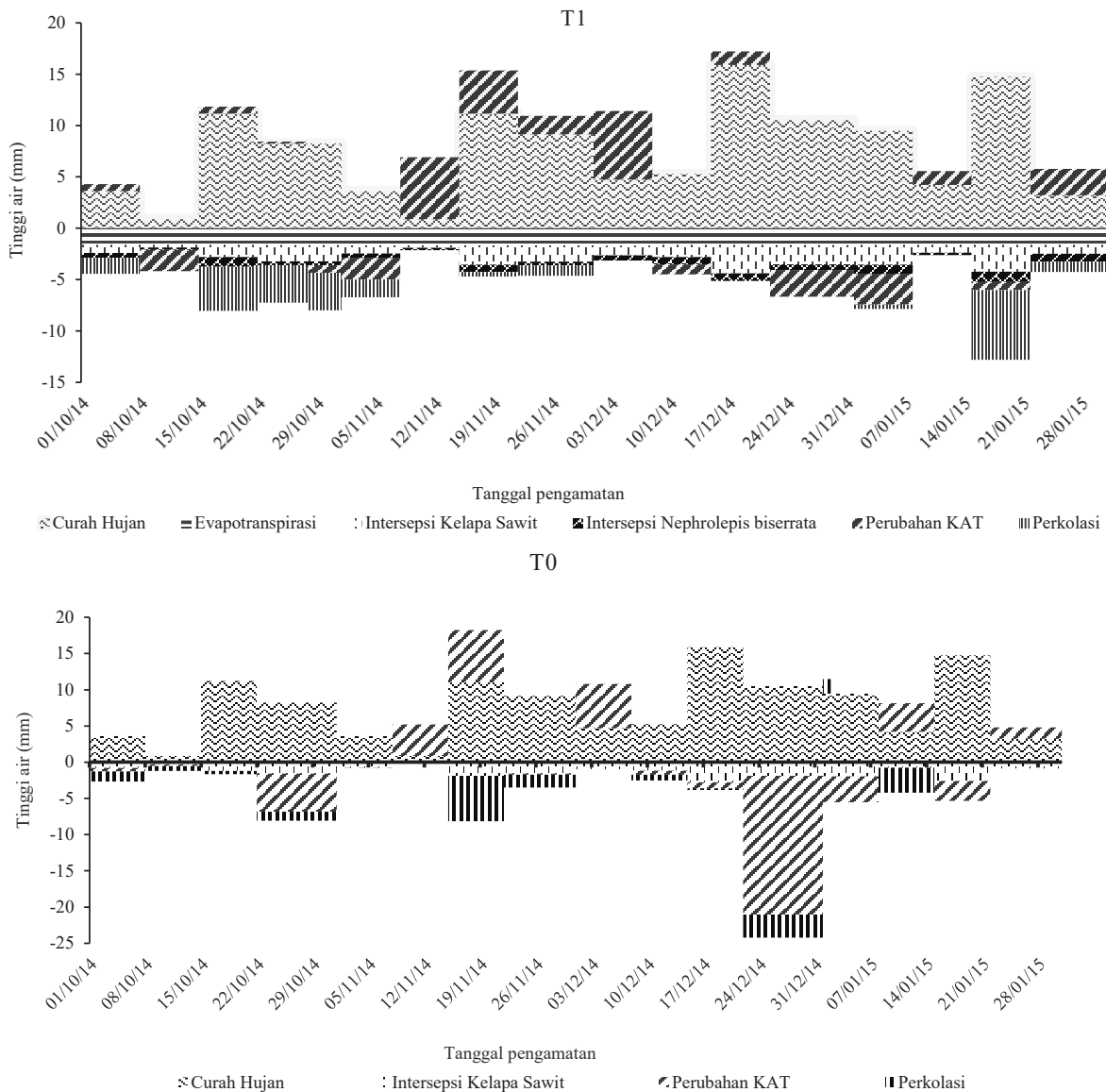
Kadar Air Tanah, Dinamika Air Tanah

Salah satu fungsi dari tanaman penutup tanah adalah membantu ketersediaan unsur hara dan kelembaban bagi tanaman. Ketersediaan hara di dalam tanah dengan adanya tanaman penutup tanah dapat ditinjau dari aspek stok karbon yang dimiliki oleh tanaman tersebut disamping unsur hara lainnya yang berkontribusi melalui serasah yang jatuh ke permukaan tanah dan mengalami dekomposisi lebih lanjut.

Keadaan kadar air tanah dapat digambarkan dengan istilah surplus (keadaan cukup) dan defisit (keadaan kurang). Penanaman *N. biserrata* sebagai tanaman penutup tanah menjadikan tanah mengalami penurunan dalam hal defisit air yang terjadi. Perakaran *N. biserrata* mampu menekan defisit kadar air tanah rata-rata harian sebesar 40.3% pada kedalaman tanah 10-20 cm. Penurunan defisit kadar air tanah harian pada Agustus dan September juga terjadi

sebesar 36.71% sampai dengan kedalaman tanah 50 cm. Penggunaan *N. biserrata* berperan dalam mempertahankan kadar air tanah menjadi lebih baik bahkan selama musim kemarau atau terjadinya bulan-bulan kering.

Hasil penelitian Ariyanti *et al.* (2015b) menunjukkan *N. biserrata* sebagai tanaman penutup tanah mampu menekan defisit kadar air tanah sebesar 31.38% sampai kedalaman tanah 10-20 cm pada bulan Januari. Hal ini selaras dengan peranan positif penutup tanah dalam neraca air (Gambar 4). Pada bulan Agustus 2014, *N. biserrata* mampu memberikan pengaruh sampai kedalaman tanah 30 cm pada bulan basah sedangkan pada bulan kering berpengaruh lebih baik sampai kedalaman tanah 50 cm. Hal ini dapat dikaitkan dengan perakaran *N. biserrata* yang efektif sampai kedalaman tanah 30 cm sehingga pada bulan basah, air hujan dapat tertahan pada zona tersebut. Peranan positif penutup tanah di atas terlihat pada neraca air (Gambar 4).



Gambar 4. Neraca air rata-rata harian di petakan dengan (T1) dan tanpa (T0) tanaman penutup tanah bulan Oktober 2014- Januari 2015 di perkebunan Kelapa Sawit PTPN VII Rejosari, Lampung Selatan (Sumber: Ariyanti *et al.* (2015b))

Neraca Air

Nephrolepis biserrata berpengaruh nyata terhadap neraca air yang ada di perkebunan kelapa sawit yaitu dengan mengurangi defisit air yang terjadi selama musim kering dengan rata-rata penurunan defisit pada bulan kering yaitu 36.71%.

Gambar 4 menunjukkan bahwa plot yang ditanami *N. biserrata* memiliki surplus air tertinggi pada bulan November dan Desember dengan curah hujan yang cukup tinggi berturut-turut yaitu 6.39 mm per hari dan 9.19 mm per hari. Defisit air yang tertinggi terjadi pada akhir bulan Desember sampai awal Januari 2015 dan terjadi sedikit perkolasi pada awal bulan Januari. Pada minggu ketiga Januari terjadi perkolasi tertinggi namun tidak mengakibatkan defisit air di minggu berikutnya karena terjadi hujan yang cukup tinggi yaitu 14.74 mm per hari.

Defisit air tertinggi pada petakan tanpa ditanami *N. biserrata* terjadi pada bulan Desember. Hal tersebut terjadi karena tidak adanya vegetasi di atas tanah yang akan menahan air agar tidak langsung jatuh ke permukaan tanah. Air yang jatuh ke tanah akan mengalir sebagai air perkolasi yang terjadi apabila kadar air tanah lebih besar daripada kapasitas lapangan. Pada plot yang ditanami *N. biserrata*, defisit air lebih rendah dibandingkan dengan plot tanpa *N. biserrata* pada periode yang sama sehingga dapat disimpulkan bahwa *N. biserrata* mampu mengurangi defisit air.

Pengaruh penanaman *N. biserrata* terhadap pertumbuhan kelapa sawit dilaporkan oleh Ariyanti *et al.* (2016) dimana pada Bulan Desember 2014 pemberian teras gulud dan tanaman penutup tanah menghasilkan jumlah pelepah 21.3% lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian teras gulud dan tanaman penutup tanah. Hal ini disebabkan dengan adanya teras gulud dan tanaman penutup tanah *N. biserrata*, jumlah air hujan yang diterima oleh tanah dan terinfiltrasi ke dalam tanah lebih banyak. Berkaitan dengan keadaan ini, *N. biserrata* sebagai tanaman penutup tanah

dianjurkan ditanam di perkebunan kelapa sawit karena adanya sistem perakaran yang cukup rapat (Gambar 1C) diharapkan mampu menahan air di dalam tanah sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan kadar air tanah. Hal tersebut tentunya membantu meningkatkan pertumbuhan kelapa sawit.

Penanaman *N. biserrata* sebagai tanaman penutup tanah di perkebunan kelapa sawit juga memberikan pengaruh terhadap jumlah pelepah sengkleh (Ariyanti *et al.*, 2016). Sengkleh merupakan patah pelepah tanaman kelapa sawit yang merupakan indikator respon tanaman terhadap kekeringan. Semakin banyak jumlah pelepah sengkleh, maka semakin cenderung tanaman kelapa sawit tersebut mengalami kekeringan. Plot dengan perlakuan teras gulud dan ditanami oleh *N. biserrata* mampu menghilangkan pelepah sengkleh sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan tersebut mampu memenuhi suplai air bagi tanaman kelapa sawit.

Biodiversitas Mikroba Tanah

Biodiversitas mikroba tanah secara langsung terkait dengan sistem pertanian berkelanjutan karena berperan penting dalam proses dekomposisi yang memecah molekul organik kompleks dan mengkonversikannya ke bentuk tersedia bagi tanaman (Friedel *et al.*, 2001). Hasil analisis secara statistik menunjukkan peningkatan yang nyata dalam diversitas atau keragaman jenis, populasi dan aktivitas mikroba tanah pada perlakuan tanaman penutup tanah (Tabel 9).

Total respirasi mencerminkan aktivitas mikroba tanah. Semakin tinggi total respirasi suatu tanah, menunjukkan bahwa aktivitas mikroba pada tanah tersebut juga tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan tanaman penutup tanah berpengaruh nyata terhadap total respirasi tanah. Perlakuan tanaman penutup tanah *A. gangetica* berpengaruh nyata terhadap perlakuan tanpa tanaman penutup tanah terhadap total respirasi, dan berpengaruh

Tabel 9. Populasi mikroba tanah dan total respirasi pada perlakuan tanaman penutup tanah di Perkebunan Kelapa Sawit menghasilkan Unit Usaha Rejosari PTPN VII, Kec. Natar, Lampung Selatan Agustus-Desember 2014

Mikroba tanah dan total respirasi	Perlakuan tanaman penutup tanah		
	Tanpa tanaman	<i>N. biserrata</i>	<i>A. gangetica</i>
<i>Rhizobium</i> sp. (Cfu g ⁻¹)	1.5 x 10 ³ c	1.6 x 10 ⁴ b	7.4 x 10 ⁴ a
<i>Lactobacillus</i> sp. (Cfu g ⁻¹)	4.7 x 10 ³ c	2.1 x 10 ⁴ b	4.2 x 10 ⁴ a
<i>Trichoderma</i> sp. (propagule g ⁻¹)	4.6 x 10 ³ b	5.2 x 10 ³ a	5.3 x 10 ³ a
<i>Aspergillus</i> sp. (propagule g ⁻¹)	0.0c	2.0 x 10 ² b	5.1 x 10 ³ a
<i>Streptomyces</i> sp. (Cfu g ⁻¹)	0.0b	2.0 x 10 ⁴ a	0.0b
<i>Aktinomyces</i> (Cfu g ⁻¹)	0.0b	2.0 x 10 ⁴ a	0.0b
<i>Mikoriza</i> (spora g ⁻¹)	0.1 b	0.2a	0.3a
Total respirasi (mg CO ₂ m ⁻² per jam)	1.1 x 10 ⁴ b	2.4 x 10 ⁴ ab	2.9 x 10 ⁴ a

Keterangan: Angka pada kolom berbeda yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% berdasarkan uji BNT. (Sumber: Asbur (2016))

tidak nyata terhadap perlakuan tanaman penutup tanah *N. biserrata*. Perlakuan tanaman penutup tanah mampu meningkatkan aktivitas mikroba tanah dari 1.1×10^4 mg $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}$ per jam pada perlakuan tanpa tanaman penutup tanah menjadi 2.9×10^4 mg $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}$ per jam pada perlakuan tanaman penutup tanah *A. gangetica* dan 2.4×10^4 mg $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2}$ per jam pada perlakuan tanaman penutup tanah *N. biserrata*. Meningkatnya aktivitas mikroba pada tanah yang ditanami *A. gangetica* disebabkan pada tanah yang ditanami *A. gangetica* lebih tinggi kandungan bahan organiknya yang tercermin dalam kandungan karbon tanah (Ariyanti *et al.*, 2015a dan Asbur *et al.*, 2015b).

Keanekaragaman dan populasi mikroba tanah juga terjadi peningkatan dengan adanya tanaman penutup tanah *A. gangetica* dan *N. biserrata*, karena kandungan bahan organik tanah yang lebih tinggi pada tanah dengan tanaman penutup tanah dibandingkan tanah tanpa tanaman penutup tanah. Bahan organik merupakan sumber makanan dan energi bagi mikroba tanah, sehingga dengan banyaknya bahan organik yang tersedia di dalam tanah menyebabkan populasi mikroba tanah juga meningkat. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Miao *et al.* (2013) yang menunjukkan bahwa tanaman penutup tanah berpengaruh terhadap keanekaragaman hayati dan populasi mikroba tanah. Selanjutnya Rodriguez-Lionaz *et al.* (2008) menyatakan bahwa aktivitas dan komposisi mikroba di rizosfir dipengaruhi oleh tanaman karena di rizosfir tanaman merupakan sumber bahan organik utama bagi mikroba tanah. Selanjutnya Hooper *et al.* (2001) menyatakan bahwa perubahan kualitas dan kuantitas bahan organik yang disebabkan ada atau tidaknya tanaman akan berpengaruh terhadap jumlah, aktivitas dan keragaman mikroba tanah.

Tabel 9 menunjukkan pula bahwa jumlah populasi masing-masing mikroba tanah dengan tanaman penutup tanah *N. biserrata* dan *A. gangetica* jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tanah tanpa tanaman penutup tanah. Hal ini disebabkan mikroba tanah lebih banyak hidup di rizosfer tanaman, karena di daerah inilah tersedia sejumlah senyawa yang diperlukan oleh mikroba tanah untuk kehidupan dan aktivitasnya yang berasal dari eksudat akar. Lebih tingginya jumlah populasi mikroba tanah pada tanah yang ditanami *A. gangetica* dibandingkan dengan tanah yang ditanami *N. biserrata* disebabkan perbedaan kandungan nutrisi dan struktur jaringan tanaman *A. gangetica* dan *N. biserrata*. *A. gangetica* merupakan tanaman herbaceous dengan struktur jaringan tanaman yang lunak dan banyak mengandung air, sedangkan *N. biserrata* merupakan tanaman paku dengan struktur jaringan tanaman yang lebih keras. Selain itu, kandungan nutrisi *A. gangetica* juga lebih tinggi dibandingkan *N. biserrata*, yaitu 48.9% C, 1.9% N, 0.3% P, 4.8% K (*A. gangetica*) dan 50.7% C, 1.4% N, 0.2% P, 1.7% K (*N. biserrata*). Gessner *et al.* (2010) menyatakan bahwa populasi mikroba tanah dipengaruhi oleh kualitas serasah, jumlah hara dan struktur jaringan tanaman, seperti protein dan lignin. Lebih lanjut Cesarz *et al.* (2013) menyatakan bahwa, tanaman memberikan pengaruh terhadap keragaman dan populasi mikroba tanah melalui suplai karbon yang

diberikan oleh eksudat akar. Tumbuhan yang berbeda akan menghasilkan jenis dan komposisi eksudat (suplai karbon) akar yang berbeda, sehingga akan menentukan komposisi keragaman populasi mikroba tanah di rizosfir.

KESIMPULAN

Hasil peninjauan terhadap berbagai artikel tentang vegetasi bawah tegakan menunjukkan peranan yang sangat penting dalam menunjang budidaya kelapa sawit berkelanjutan. Peranan tersebut dapat melalui fungsi vegetasi bawah, baik sebagai penutup tanah dalam konservasi tanah dan air, maupun sebagai hijauan, yang memperbaiki daur karbon dan hara. Hijauan vegetasi melalui proses fotosintesis menurunkan emisi CO_2 , sekaligus meningkatkan cadangan karbon dalam biomassa dan dalam tanah. Peubah-peubah lain yang mendukung budidaya keberlanjutan dari aspek lingkungan meliputi: laju aliran permukaan dan erosi tanah, serta kehilangan hara yang rendah, neraca hara dan air tanah yang positif, yang mendukung biodiversitas muka tanah di antaranya pada jenis vegetasi dan mikroba dalam tanah. Dengan menimbang peranan yang menguntungkan, vegetasi bawah tajuk kelapa sawit, tidak serta merta dianggap gulma.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., A.A. Idjudin, Y. Soelaeman Y. 2003. Keragaan dan dampak penerapan sistem usaha tani konservasi terhadap tingkat produktivitas lahan perbukitan Yogyakarta. J. Litbang Pertanian 22:49-56.
- Ariyanti, M., S. Yahya, K. Murti Laksono, Suwanto, H.H. Siregar. 2015a. Study of the growth of *Nephrolepis biserrata* Kuntze and its utilization as cover crop under mature oil palm plantation. Int. J. Sci.: Basic Appl. Res. 19:325-333.
- Ariyanti, M., S. Yahya, K. Murti Laksono, Suwanto, H.H. Siregar. 2015b. Peranan tanaman penutup tanah *Nephrolepis biserrata* neraca air di perkebunan kelapa sawit Lampung Selatan. J. Penelitian Kelapa Sawit 23:61-68.
- Ariyanti, M. 2016. Peranan tanaman penutup tanah *Nephrolepis biserrata* pada teknik konservasi tanah dan air terhadap neraca air di perkebunan kelapa sawit. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ariyanti, M., S. Yahya, K. Murti Laksono, Suwanto, H. H. Siregar. 2016. Pengaruh tanaman penutup tanah *Nephrolepis biserrata* dan teras gulud terhadap aliran permukaan dan pertumbuhan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). J. Kultivasi 15:121-127.

- Asbur, Y., S. Yahya, K. Murtlaksono, Sudradjat, E.S. Sutarta. 2015a. Study of *Asystasia gangetica* (L.) Anderson utilization as cover crop under mature oil palm with different ages. *Int. J. Sci.: Basic Appl. Res.* 19:137-148.
- Asbur, Y., S. Yahya, K. Murtlaksono, Sudradjat, E.S. Sutarta. 2015b. Peran tanaman penutup tanah terhadap neraca hara N, P, dan K di perkebunan kelapa sawit menghasilkan di Lampung Selatan. *J. Pen. Kelapa Sawit*, 23:53-60.
- Asbur, Y. 2016. Peran *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson dalam konservasi tanah dan neraca hara di perkebunan kelapa sawit menghasilkan. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Asbur, Y., S. Yahya, K. Murtlaksono, Sudradjat, E.S. Sutarta. 2016. The roles of *Asystasia gangetica* (L.) T. Anderson and ridge terrace in reducing soil erosion and nutrient losses in oil palm plantation in Sout Lampung, Indonesia. *J. Trop. Crop Sci.* 3:49-55.
- Bationo, A., J. Kihara, B. Vanlauwe, B. Waswa, J. Kimetu. 2006. Soil Organic Carbon Dynamic, Functions, and Management in West African Agro-ecosystems. Agriculture Systems. Elsevier Applied Science Publishers Ltd. New York, NY.
- Blanco, H., R. Lal. 2008. Principles of Soil Conservation and Management. Springer Science Business Media B.V., New York, NY.
- Bunch, R. 2012. Restoring the Soil. A Guide for Using Green Manure/Cover Crops to Improve the Food Security of Smallholder Farmers. Canadian Foodgrains Bank. Canada, CA.
- Cesarz, S., F. Ann-Catrin, F. Beyer, K. Valtanen, B. Pfeiffer, D. Gansert, D. Hertel, A. Polle, R. Daniel, C. Leuschner, S. Scheu. 2013. Roots from beech (*Fagus sylvatica* L.) and ash (*Fraxinus excelsior* L.) differentially affect soil microorganisms and carbon dynamics. *Soil Biol. Biochem.* 61:23-32.
- Clark, A. 2007. Managing cover crops profitably Third Edition. Baltimore (US): The Sustainable Agriculture Network (SAN) under cooperative agreements with the Cooperative State Research, Education, and Extension Service, USDA, the University of Maryland and the University of Vermont, Maryland and Burlington, US.
- Dariah, A., F. Agus, S. Arsyad, Sudarsono, Maswar. 2004. Erosi dan aliran permukaan pada lahan pertanian berbasis tanaman kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. Balai Penelitian Tanah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian, Bogor, ID.
- Follett, R.F., J.M. Kimble, E.G. Pruessner, S. Samson-Liebig, S. Waltman. 2009. Soil Organic Carbon Stocks with Depth and Land Use at Various U.S. Sites. Chapter 3 In 'Soil Carbon Sequestration and the Greenhouse Effect'. (Coeditors, Lal R and Follett RF), Soil Science Special Publication 57, second edition pp 29-46.
- Friedel, J.K., D. Gabel, K. Stahr. 2001. Nitrogen pools and turnover in arable soils under different durations of organic farming. II: source- and-sink function of the soil microbial biomass or competition with growing plants? *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164:421-429.
- Fuady, Z., H. Satriawan, M. Nanda. 2014. Aliran permukaan, erosi dan hara sedimen akibat tindakan konservasi tanah vegetatif pada kelapa sawit. *Sains Tanah-J. Ilmu Tanah Agroklimatologi* 11:95-103.
- Gessner, M.O., C.M. Swan, C.K. Dang, B.G. McKie, R.D. Bardgett, D.H. Wall, S. Hättenschwiler. 2010. Diversity meets decomposition. *Trends in Ecology and Evolution* 25:372-380.
- Hardjowigeno, S. 2010. Ilmu Tanah. Edisi Revisi. Mediatama Sarana Perkasa, Jakarta, ID.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Nelson, W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall, New Jersey, US.
- Hooper, D.U., D.E. Bignell, V.K. Brown, L. Brussaard, J.M. Dangerfield, D.H. Wall, G.W. Korthals, P. Smilauer, C. van Dijk, W.H. van der Putten. 2001. Linking above and below-ground biodiversity: Abundance and trophic complexity in soil as a response to experimental plant communities on abandoned arable land. *Funct. Ecol.* 15:506-514.
- Hou, R., Z.O.Y. Li, D.D. Tyler, F. Li, G.F. Wilson. 2012. Effect of tillage and residue management on soil organic carbon and total nitrogen in the North China Plain. *Soil & Water Management & Conservation. SSSAJ.* 76:1-11.
- Housman, D.C., C.M. Yeager, B.J. Darby, R.L. Sanford, C.R. Kuske, D.A. Neher, J. Belnap. 2007. Heterogeneity of soil nutrients and subsurface biota in a dryland ecosystem. *Soil Biol. Biochem.* 39:2138-2149.

- Idjudin, A.A. 2011. Peranan konservasi lahan dalam pengelolaan perkebunan. *J. Sumberdaya Lahan* 5:103-116.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories-Workbook (Volume 2).
- Islam, K.R., R.R. Weil. 2000. Soil quality indicator properties in Mid-Atlantic Soils as influenced by conservation management. *J. Soil Water Cons.* 55:69-78.
- Kusumawati, S.A., S. Yahya, Hariyadi, S. Mulatsih, I.N. Istina. 2020. The dynamic of carbon dioxide (CO₂) emission and land coverage on intercropping system on oil palm replanting area. *J. Oil Palm Res.* 33:267-277.
- Leiwakabessy, F.M., U.M. Wahjudin, Suwarno. 2003. *Kesuburan Tanah*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Liu, Z., M. Shao, Y. Wang Y. 2011. Effect of environmental factors on regional soil organic carbon stock across the losses plateau region, China. *Agric. Ecosyst. Environ.* 142:184-194.
- Maswar. 2009. Kecepatan dekomposisi biomassa dan akumulasi karbon pada konversi lahan gambut menjadi perkebunan kelapa sawit. *Prosiding dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan. Buku II: Teknologi Konservasi, Pemupukan, dan Biologi Tanah*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian, ID.
- Miao, W., Q.U. LaiYe, M.A. KeMing, Y. Xiu. 2013. Soil microbial properties under different vegetation types on Mountain Han. *Sci. China Life Sci.* 56:561-570.
- Murti Laksono, K., M. Ariyant, Y. Asbur, H.H. Siregar, E.S. Sutarta, S. Yahya, Sudrajat, Suwanto, Suroso, M.A. Yusuf. 2018. Surface runoff and soil erosion in oil palm plantation of management unit of rejosari, PT Perkebunan Nusantara VII, Lampung. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 196 (2018) 012002 Doi:10.1088/1755-1315/196/1/012002. Pp : 1-5.
- Othman, H., F.A. Darus, Z. Hashim. 2012. Best management practices for oil palm cultivation on peat: *Mucuna bracteata* as ground cover crop. *Malaysian Palm Oil Board* 501:14.
- Regina, I.S., T. Tarazona. 2001. Nutrient pools to the soil through organic matter and throughfall under a Scot pine plantation in the Sierra de la Demanda, Spain. *Eur. J. Soil Biol.* 37:125-33.
- Robert, M. 2001. *Soil Carbon Sequestration for Improved Land Management*. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, IT.
- Rodriguez-Lionaz, G., M. Onaindia, I. Amezaga, I. Mijangos, C. Garbisu. 2008. Relationship between vegetation diversity and soil functional diversity in native mixed-oak forests. *Soil Biol. Biochem.* 40: 49-60.
- Satriawan H, Harahap EM, Rahmawaty, Karim A. 2015. Effectiveness of soil conservation to erosion control on several land use types. *Agriculture (Polnohospodárstvo)* 61:61-68.
- Schade, J.D., S.E. Hobbie. 2005. Spatial and temporal variation in islands of fertility in the Sonoran Desert. *Biogeochemistry* 73:541-553.
- Sugirahayu, L., O. Rusdiana. 2011. Perbandingan simpanan karbon pada beberapa penutupan lahan di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur berdasarkan sifat fisik dan sifat kimia tanahnya. *J. Silviculture Tropika* 2:149-155.
- Sulistiyanto, Y., J.O. Rieley, S.H. Limin. 2005. Laju dekomposisi dan pelepasan hara dari serasah dari dua sub-tipe hutan rawa gambut di Kalimantan Tengah. *J. Manajemen Hutan Tropika* XI:1-14.
- Tarnocai, C., J.G. Canadell, E.A.G. Schuur, P. Kuhry, G. Mazhitova, S. Zimov. 2009. Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region. *Global Biogeochemical Cycles* 23:1-11.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson. 1975. *Soil Fertility and Fertilizer*. McMillan Publ. Co., Inc. New York.
- Wolf, B., G.H. Snyder. 2003. *Sustainable Soils. The Place of Organic Matter in Sustainability Soils and Their Productivity*. Food Product Press. New York. London.