



DINAMIKA NITROGEN PADA SISTEM TRANSFORMASI HUTAN ALAM MENJADI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI SUMATERA, INDONESIA

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

VIOLITA



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2015**



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA*

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi berjudul “Dinamika Nitrogen pada Sistem Transformasi Hutan Alam menjadi Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera, Indonesia” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Februari 2015

Violita
NIM. G363090011

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Bogor Agricultural University

*Pelimpahan hak cipta atas karya tulis dari penelitian kerja sama dengan pihak luar IPB harus didasarkan pada perjanjian kerja sama yang terkait.



RINGKASAN

VIOLITA. Dinamika Nitrogen pada Sistem Transformasi Hutan Alam menjadi Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera, Indonesia. Dibimbing oleh MIFTAHUDIN, TRIADIATI, dan ISWANDI ANAS.

Pada saat ini Indonesia menjadi salah satu negara tropis yang paling banyak terjadi penebangan pohon terutama di hutan. Penebangan pohon ini dilakukan untuk perluasan lahan perkebunan terutama perkebunan kelapa sawit. Perluasan lahan ini terjadi terutama di daerah dataran rendah seperti di Sumatera (Provinsi Jambi, Riau dan Sumatera Selatan). Transformasi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit ini tidak hanya mengakibatkan perubahan pada keragaman tumbuhan, tetapi juga mengubah komponen ekosistem seperti produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus yang mengakibatkan pada perubahan penggunaan hara pada tumbuhan. Serasah dan akar halus merupakan sumber hara terbesar pada ekosistem terestrial. Kandungan hara yang terdapat pada serasah dan akar halus tersebut mampu memenuhi kebutuhan hara tanah. Perubahan komponen ekosistem ini akan mengubah proses biologi pada ekosistem tersebut, sehingga menimbulkan dinamika hara termasuk dinamika N sebagai unsur hara yang paling banyak dibutuhkan tumbuhan.

Penelitian tentang Dinamika Nitrogen pada Sistem Transformasi Hutan Alam menjadi Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera, Indonesia telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah: (a) Menentukan produktivitas dan dekomposisi serasah pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit, (b) Menentukan produktivitas dan dekomposisi akar halus pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit, dan (c) Menentukan Efisiensi Penggunaan Nitrogen (NUE) dan resorpsi N pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit.

Penelitian ini dilakukan pada hutan alam (HA) di Taman Nasional Bukit Duabelas (TNBD) dan perkebunan kelapa sawit (KS), Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi, Sumatera. Penelitian ini dimulai dari bulan September 2012 sampai bulan September 2013. Produksi serasah diperoleh dengan mengambil serasah pada perangkap serasah (*litter trap*) sebanyak 16 perangkap setiap lokasi HA, sedangkan pada KS diperoleh dari pemanenan pelepah dan buah sawit di setiap bulannya selama setahun penelitian. Produksi akar halus dan sampel tanah diperoleh dengan metode bor tanah dengan masing-masing lokasi sebanyak 20 titik pengambilan. Dekomposisi serasah dan akar halus diperoleh dengan menggunakan metode *litter bag*. Efisiensi penggunaan hara N (NUE) dan resorpsi N diperoleh dengan menganalisis daun dewasa dan daun senesen pada tumbuhan yang dominan dan yang tidak dominan pada masing-masing lokasi penelitian. Efisiensi penggunaan nitrogen pada skala ekosistem diperoleh dengan menganalisis produksi serasah dan buah sawit selama satu tahun penelitian.

Produktivitas serasah pada HA lebih tinggi dari pada KS. Daun menjadi komponen yang berkontribusi terbesar terhadap produktivitas serasah pada HA, sedangkan pada KS hanya bagian pelepah yang menjadi serasah, sementara buah sawit tidak dikembalikan ke sistem. Pada KS terdapat N yang keluar dari sistem selama satu tahun periode penelitian sebanyak 68.3% dari total hara N yang dihasilkan sedangkan untuk C sebanyak 77.8% dari total C, sedangkan untuk produksi serasah sebanyak 79.6% dari total produksi serasah pelepah dan buah sawit tahunan. Faktor iklim terutama curah hujan dan kelembapan udara

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



menentukan produksi serasah pada HA dan KS. Penurunan bobot kering dan konstanta laju dekomposisi pada HA lebih tinggi dari pada KS. Hal ini mengindikasikan pengembalian hara pada HA lebih cepat dari pada KS. Konstanta laju dekomposisi serasah dipengaruhi oleh kandungan N dan rasio C/N serasah daun.

Pola produktivitas akar halus pada HA dan KS secara umum sama. Faktor iklim seperti: curah hujan dan temperatur udara menjadi faktor utama yang mempengaruhi produksi akar halus. Penurunan bobot kering dan konstanta laju dekomposisi akar halus pada HA lebih tinggi dari pada KS, sehingga dapat dikatakan bahwa pengembalian hara pada HA lebih cepat dari pada KS. Kandungan N, C, dan rasio C/N akar halus sebelum dekomposisi mempengaruhi proses dekomposisi akar halus.

Peningkatan resorpsi N seiring dengan peningkatan NUE tumbuhan (NUEc). Kandungan N dan C tanah pada HA lebih tinggi dari pada KS. Kandungan N tanah tidak dipengaruhi oleh kandungan N daun dewasa, NUEc dan resorpsi N. Efisiensi penggunaan hara N pada skala ekosistem (NUE_{ES}) lebih tinggi pada HA dibandingkan KS. Pemberian pupuk tidak mampu meningkatkan kandungan N tanah pada KS.

Hasil penelitian ini secara keseluruhan menunjukkan bahwa transformasi lahan dari hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit mengakibatkan perubahan pada produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus yang menyebabkan terjadinya penurunan kandungan N tanah dan perubahan NUE dan resorpsi N pada ekosistem.

Key words : Akar halus, NUE, resorpsi N, serasah, sistem transformasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

SUMMARY

VIOLITA. Nitrogen Dynamic in Natural Forest to Oil Palm Plantation Transformation System in Sumatra, Indonesia. Under the direction of MIFTAHUDIN, TRIADIATI, and ISWANDI ANAS.

Indonesia is the country with the highest deforestation rates among tropical countries. Oil palm expansion hereby is one of the major drivers of current land-use change. The rapid conversion is taken place in most lowland regions in Sumatra, e.g.: provinces of Jambi, Riau, and South Sumatra. Transformation of natural forest to oil palm plantation not only affected on changes of plant diversity, but also influenced to ecosystem component, e.g.: the leaf litter and fine root production and decomposition that implicated to the change of nutrient use of plant. Leaf litter and fine root decomposition are the main path of nutrient supply including nitrogen (N). Nutrient content in leaf litter and fine root can fulfill the soil nutrients. Transformation of the ecosystem component could change the biological processes in an ecosystem, and caused nutrient dynamic change including N dynamic as the main nutrient of plants.

The study of Nitrogen Dynamic in Transformation System of Natural Forest to Oil Palm Plantation at Sumatra, Indonesia has been carried out. The aims of the study were: (a) to determine litter productivity and decomposition in natural forest and oil palm plantation, (b) to determine fine root productivity and decomposition in natural forest and oil palm plantation, (c) to determine nitrogen use efficiency (NUE) and N resorption in natural forest and oil palm plantation.

The study was conducted from September 2012 to September 2013 in natural forest (HA) at Bukit 12 National Park (TNBD) and oil palm plantation (KS) in Sarolangun District, Jambi Province, Sumatra. Leaf litter production in HA was measured by collecting litterfall using 16 litter traps that were placed in each observation location, while for KS litterfall was carried out by collecting oil palm fronds and fruits at every harvesting time. Fine root production and soil sampling were sampled by soil core method by collecting 20 soil cores for each location. The quantification of leaf litter and fine root decomposition was carried out using the litter bag methods. Nitrogen use efficiency (NUE) and N resorption were determined from fully-developed leaf and senescent leaves of 3 dominant trees and 3 non-dominant trees for each location. Nitrogen Use Efficiency in ecosystem scale (NUE_{ES}) was determined from litterfall and oil palm fruit during a year of study.

The annual litter productivity was higher in HA than that of in KS. Leaf litter became the dominant contributor component of litterfall productivity in HA. Meanwhile fronds litter was the only one litterfall contributor in KS. However the reproductive part of oil palm was removed from the system causing nutrient lost. There were 68.3 and 77.8% of N and C lost from N and C total in KS, respectively during 12 months period. In addition, there was 79.6% dry weight of leaf-litter lost from annual total dry weight. Litter production was influenced by climatic factor mainly by rainfall and humidity. Our data also showed that the decreasing of leaf litter dry weight and decomposition rate constant was significantly higher in HA than that of in KS, which means the nutrients turn-over of HA was faster than that of in KS. Nitrogen as well as C/N ratios were the main factors that influenced leaf litter decomposition.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Generally, the patterns of fine root productivity in HA were the same with in KS. Rainfall in HA and air temperature were the dominant climate factors affecting fine root production. The decreasing of fine root dry weight and decomposition rate constant were higher in HA than that of in KS. Our data showed that the nutrient turn-over of HA fine root was faster than KS fine root. Nitrogen, carbon content and C/N ratio of fine root were the main factors that influenced fine root decomposition.

Nitrogen resorption increased with the increasing of NUE_c . Nitrogen and carbon content of the soil in HA were higher than that of in KS, and significant different for both HA and KS. There was no correlation among N soil content with foliar N content, NUE_c , and N resorption. Nitrogen use efficiency in ecosystem-scale (NUE_{ES}) was higher in HA than that of in KS. Application of fertilizer has no impact on the increase of N soil content in KS.

We concluded that transformation from natural forest to oil palm plantation changed production and decomposition of litter and fine root, and implicated to the decrease of N soil content and the change on NUE and N resorption in the ecosystem.

Key words: Fine root, leaf litter, NUE, N resorption, transformation system



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2011 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DINAMIKA NITROGEN PADA SISTEM TRANSFORMASI HUTAN ALAM MENJADI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI SUMATERA, INDONESIA

VIOLITA

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Doktor
pada
Program Studi Biologi Tumbuhan

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2015**



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pengujian pada Ujian Tertutup: 1. Dr Soekisman Tjitrosemito, MSc
2. Prof Dr Ir Nurheni Wijayanto, MS

Pengujian pada Ujian Terbuka: 1. Dr Soekisman Tjitrosemito, MSc
2. Prof Dr Ir Nurheni Wijayanto, MS



Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Judul Disertasi : Dinamika Nitrogen pada Sistem Transformasi Hutan
Alam menjadi Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera,
Indonesia
Nama : Violita
NIM : G363090011

Disetujui oleh
Komisi Pembimbing

Dr Ir Miftahudin, MSi
Ketua

Dr Dra Triadiati, MSi
Anggota

Prof Dr Ir Iswandi Anas, MSc
Anggota

Diketahui oleh

Ketua Program Studi
Biologi Tumbuhan

Dekan Sekolah Pascasarjana

Dr Ir Miftahudin, MSi

Dr Ir Dahrul Syah, MScAgr

Tanggal Ujian : 19 Januari 2015

Tanggal Lulus :



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karuniaNya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2012 sampai Desember 2013 adalah dinamika nitrogen, dengan judul Dinamika Nitrogen pada Sistem Transformasi Hutan Alam menjadi Perkebunan Kelapa Sawit di Sumatera, Indonesia.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr Ir Miftahudin, MSi, Ibu Dr Dra Triadiati, MSi, dan Bapak Prof Dr Ir Iswandi Anas, MSc selaku pembimbing atas segala curahan waktu, pikiran, nasehat, dan arahan selama penelitian dan penulisan hasil disertasi. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada staf pegawai pada Taman Nasional Bukit Duabelas atas bantuan dan kemudahan yang diberikan saat pengumpulan data di lapangan, dan juga kepada masyarakat di sekitar taman nasional atas simpatinya selama di lapangan. Terima kasih penulis ucapkan kepada Collaboration Research Center (CRC990) melalui *start up funding* 2013 antara IPB and University of Göttingen Germany atas nama Dr Dra Triadiati, MSi. Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Soekisman Tjitrosemite, MSc dan Bapak Prof Dr Ir Nurheni Wijayanto, MS sebagai penguji sidang tertutup dan terbuka. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Martyna M Kotowska dan Katja Rembold dari *University of Göttingen Germany* atas kerjasamanya selama penelitian. Kemudian penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Ketua Jurusan Biologi Universitas Andalas beserta staf dan kepada Bapak Suwirman, MSi beserta staf di laboratorium Fisiologi Tumbuhan Universitas Andalas yang telah memberikan fasilitas laboratorium. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Rektor, Dekan Fakultas MIPA dan Ketua Jurusan Universitas Negeri Padang (UNP) beserta staf yang telah memberikan dukungannya, sehingga terselesaikannya disertasi ini.

Penulis sampaikan terima kasih yang tulus ikhlas kepada anak-anakku (Altamis Fathurrahmaan Vetho dan Afkar Sholahuddin Vetho) dan suami (Vetho Sayuthi, ST, MT) tercinta dan tersayang atas segala pengertian, pengorbanan, kesetiaan, kesabaran, dukungan moril, serta do'a sehingga penulis mampu melewati semuanya sampai selesai. Penulis menyampaikan permohonan maaf sebesar-besarnya kepada anak-anakku dan suami atas segala waktu, tenaga, dan pikiran yang tersita untuk penelitian dan penyelesaian studi S3 ini. Kepada Papa Azwin, SSos dan Mama Hildarnis, Uni Villia, SSi, Uda Desrizon Idris, SSos di Payakumbuh, Papa Sayuthi Sabirin, Mama Ita Nurkasmita, Spd di Bogor, penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan moril, materil dan kasih sayangnya, serta do'a yang senantiasa dipanjatkan untuk keberhasilan penulis.

Ucapan terima kasih pada teman-teman di Laboratorium Fisiologi dan Genetika Tumbuhan, IPB atas kerjasama dan dukungannya, serta semua pihak yang telah membantu sehingga dapat terselesaikannya disertasi ini.

Akhirnya penulis berharap tulisan ini dapat memberikan manfaat dan sumbangan bagi kemajuan ilmu pengetahuan Biologi di Indonesia.

Bogor, Februari 2015

Violita



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
1 PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	2
Tujuan Penelitian	3
Manfaat dan Kebaharuan Penelitian	3
Ruang Lingkup Penelitian	3
TINJAUAN PUSTAKA	5
Peran Tumbuhan dalam Ekosistem	5
Dinamika N pada Sistem Transformasi Lahan	7
3 AREA PENELITIAN	11
Pendahuluan	11
Iklim di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi	11
Lokasi Penelitian dan Informasi Lingkungan pada Lokasi Penelitian	13
Vegetasi Pohon pada Lokasi Penelitian	16
PRODUKTIVITAS DAN DEKOMPOSISI SERASAH PADA HUTAN TAMAN NASIONAL BUKIT DUABELAS DAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI KABUPATEN SAROLANGUN, JAMBI	20
Abstract	20
Pendahuluan	20
Bahan dan Metode	22
Hasil	24
Pembahasan	30
Simpulan	33
5 PRODUKTIVITAS DAN DEKOMPOSISI AKAR HALUS PADA HUTAN TAMAN NASIONAL BUKIT DUABELAS DAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI KABUPATEN SAROLANGUN, JAMBI	34
Abstract	34
Pendahuluan	34
Bahan dan Metode	35
Hasil	37
Pembahasan	41
Simpulan	45
EFISIENSI PENGGUNAAN NITROGEN (NUE) DAN RESORPSI NITROGEN PADA HUTAN TAMAN NASIONAL BUKIT DUABELAS DAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI KABUPATEN SAROLANGUN, PROVINSI JAMBI	46
Abstract	46
Pendahuluan	46

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Bahan dan Metode	47
Hasil	49
Pembahasan	52
Simpulan	54
7 PEMBAHASAN UMUM	55
8 SIMPULAN DAN SARAN	59
Simpulan	59
Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
RIWAYAT HIDUP	69

DAFTAR TABEL

3.1	Informasi lingkungan pada hutan alam Taman Nasional Bukit Duabelas (HA)	15
3.2	Informasi lingkungan pada perkebunan kelapa sawit (KS)	15
3.3	Kelompok pohon pada hutan alam (HA) Taman Nasional Bukit Duabelas dan perkebunan kelapa sawit (KS) di Kabupaten Sarolangun, Jambi	17
3.4	Tujuh jenis pohon dominan pada tiap lokasi di hutan alam (HA) Taman Nasional Bukit Duabelas dan satu jenis pohon dominan di perkebunan kelapa sawit (KS)	18
4.1	Produktivitas serasah ($\text{g/m}^2/\text{tahun}$) pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	25
4.2	Hubungan produksi serasah (g/m^2) terhadap basal area, dan kepadatan pohon pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	25
4.3	Kandungan N dan C awal serasah daun sebelum dekomposisi pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	27
4.4	Sisa bobot kering (%), konstanta laju dekomposisi, dan laju dekomposisi serasah daun setelah 1 tahun periode dekomposisi pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	28
4.5	Korelasi antara konstanta laju dekomposisi dan kandungan N, C, dan rasio C/N awal serasah sebelum dekomposisi	29
5.1	Produktivitas akar halus ($\text{g/m}^2/\text{tahun}$) pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	37
5.2	Hasil analisis korelasi dan regresi linear pada pengaruh faktor iklim (curah hujan, temperatur udara, kelembapan udara, dan penyinaran) terhadap produksi akar halus	38
5.3	Korelasi produksi akar halus (g/m^2) terhadap kepadatan pohon dan total basal area pada hutan alam (H) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	39

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

5.4	Kandungan N dan C awal akar halus sebelum dekomposisi pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	39
5.5	Sisa bobot kering (%), konstanta laju dekomposisi, dan laju dekomposisi akar halus setelah 1 tahun periode dekomposisi pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	40
5.6	Korelasi antara konstanta laju dekomposisi dan kandungan N dan C awal akar halus sebelum dekomposisi	41
6.1	Efisiensi penggunaan nitrogen (NUE) dan resorpsi N pada perkebunan kelapa sawit (KS) dan beberapa jenis pohon dengan nilai INP tinggi dan rendah di hutan (HA)	49
6.2	Korelasi kandungan N tanah dengan kandungan N daun dewasa, NUEc dan Resorpsi N	51
6.3	Efisiensi penggunaan nitrogen pada skala ekosistem (NUE _{ES}) pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	51
6.4	Produktivitas N dan C dari bagian tanaman kelapa sawit pada perkebunan kelapa sawit	51

DAFTAR GAMBAR

1.1	Bagan alur penelitian dinamika N pada transformasi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi	4
2.1	Diagram interaksi dan pengaruh negatif dari pengelolaan agrikultural pada kualitas tanah	6
2.2	Diagram fungsi utama serasah dan akar halus pada ekosistem teresterial	9
3.1	Curah hujan di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi pada tahun 2010 sampai 2012	12
3.2	Iklim makro (curah hujan, temperatur udara, kelembapan udara, dan penyinaran) pada Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi selama satu tahun periode penelitian (Oktober 2012 sampai September 2013)	13
3.3	Peta lokasi penelitian dan tutupan lahan di Kabupaten Sarolangun Provinsi, Jambi	14
3.4	Perbedaan kondisi hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	15
3.5	Penyebaran pohon berdasarkan diameter dan tinggi pohon pada hutan alam (HA1, HA2, dan HA3) dan perkebunan kelapa sawit (KS1, KS2, dan KS3)	19
4.1	Produktivitas setiap bagian serasah dari Oktober 2012 sampai September 2013 pada hutan alam (A) dan perkebunan kelapa sawit (B)	24
4.2	Produktivitas serasah (kg/m ² /tahun) dari Oktober 2012 sampai September 2013 pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	25



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

4.3	Kurva periodik produksi serasah pada bulan Oktober 2012 sampai September 2013 pada hutan alam (A) dan perkebunan kelapa sawit (B) dan beberapa faktor lingkungan (curah hujan, temperatur udara, kelembapan udara, dan penyinaran)	26
4.4	Produktivitas N dan C ($\text{g/m}^2/\text{tahun}$) dari bagian serasah pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	27
4.5	Kurva eksponensial dari bobot kering serasah (%) pada proses dekomposisi selama 12 bulan pengamatan, dari bulan September 2012 sampai bulan September 2013 pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	28
4.6	Pelepasan hara N (A), dan C (B) serasah pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS) selama 12 bulan waktu dekomposisi	29
5.1	Produktivitas akar halus (g/m^2) pada bulan Desember 2012, Maret 2013, Juni 2013, dan September 2013 pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	37
5.2	Produktivitas N dan C akar halus (g/m^2) pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS).	38
5.3	Kurva eksponensial dari bobot kering akar halus (%) pada proses dekomposisi selama 12 bulan pengamatan, dari bulan September 2012 sampai bulan September 2013 pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	40
5.4	Pelepasan hara N (A) dan C (B) akar halus pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS) selama 12 bulan waktu dekomposisi	41
6.1	Korelasi dan regresi antara efisiensi penggunaan N tumbuhan (NUEc) dan resorpsi N	50
6.2	Kandungan N tanah (%) pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)	50
7.1	Perubahan N pada transformasi hutan alam (HA) menjadi perkebunan kelapa sawit (KS) berdasarkan kajian produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus, serta efisiensi penggunaan N dan resorpsi N	56

1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan tanaman industri penghasil minyak masak, minyak industri maupun bahan bakar. Indonesia merupakan penghasil minyak kelapa sawit kedua setelah Malaysia (BBPPTP 2008). Pada saat ini telah terjadi transformasi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit secara besar-besaran di wilayah Indonesia terutama di Sumatera dan Kalimantan. Pada 6 tahun terakhir ini (2008-2013), luas area perkebunan kelapa sawit meningkat dari 7.3 juta ha menjadi 10 juta ha (FWI 2014), dan setidaknya 56% dari daerah perluasan perkebunan kelapa sawit di Indonesia berasal dari lahan hutan (Koh dan Wilcove 2008). Provinsi Jambi menjadi salah satu area perkebunan kelapa sawit terluas setelah Riau dan Sumatera Selatan (Villamor *et al.* 2014).

Transformasi hutan alam termasuk hutan hujan tropis menjadi perkebunan monokultur kelapa sawit mengakibatkan terjadinya penurunan keragaman makhluk hidup termasuk tumbuhan (Edwards *et al.* 2010, Wilcove dan Koh 2010, Foster *et al.* 2011). Kunci utama menurunnya keragaman pada perkebunan monokultur kelapa sawit adalah pada ketiadaan dari komponen utama vegetasi hutan, termasuk pohon, liana, epifit (Danielsen *et al.* 2009). Hal ini terjadi karena hanya sekitar 15% dari jenis makhluk hidup di hutan alam yang terdapat di perkebunan kelapa sawit (Fitzherbert *et al.* 2008). Hal ini memperparah kondisi keragaman tumbuhan hutan di Indonesia.

Penurunan keragaman tumbuhan ini akan mempengaruhi berjalannya fungsi ekosistem (Uhl dan Jordan 1984) salah satunya adalah ketersediaan hara termasuk N bagi tumbuhan melalui produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus (Lambers *et al.* 2008). Serasah dan akar halus merupakan sumber hara utama pada ekosistem hutan alam (Vitousek 1982).

Perubahan hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit akan merubah komposisi serasah dan akar halus dengan adanya perubahan keragaman tumbuhan. Peran tumbuhan terutama pohon sangatlah penting untuk diketahui karena sangat terkait dengan ketersediaan hara tanah dan produksi tumbuhan, yakni melalui produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus (Hooper dan Vitousek 1997). Ogunkunle dan Awotoye (2011) menambahkan bahwa terdapat hubungan antara ketersediaan hara (termasuk N) tanah dengan vegetasi.

Nitrogen (N) merupakan unsur hara paling penting bagi berjalannya proses biologi pada tumbuhan. Nitrogen diketahui terdapat di semua bagian dari sel tumbuhan, baik itu di dinding sel, sitoplasma ataupun di dalam inti sel, sehingga kebutuhan tumbuhan akan N sangat tinggi. Tingginya kebutuhan N tumbuhan ini, membuat para petani menggunakan pemupukan dalam jumlah besar untuk memenuhi kebutuhan N pada perkebunan (Lehmann *et al.* 2002) terutama perkebunan kelapa sawit yang memiliki keragaman tumbuhan yang sangat rendah. Pada hutan alam, sumber N ini terutama berasal dari produksi serasah dan akar halus (diameter ≤ 2 mm) melalui proses dekomposisi, yang dipengaruhi oleh lingkungan, kualitas dan kuantitas serasah (Moore *et al.* 2010). Kualitas dan kuantitas serasah ini berbeda pada tipe ekosistem yang berbeda. Perbedaan

tersebut menimbulkan dinamika hara termasuk dinamika N pada ekosistem yang mengalami transformasi (Rosleine *et al.* 2006).

Penelitian tentang transformasi hutan alam menjadi kelapa sawit pada aspek pemasukan hara N yang berasal dari serasah dan akar halus serta efisiensi penggunaan N belum ada terutama di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Taman Nasional Bukit Duabelas (TNBD) yang terdapat di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi telah banyak mengalami kerusakan akibat transformasi tersebut. Informasi tentang perubahan yang terjadi akibat sistem transformasi penggunaan lahan diperlukan sebagai pengetahuan dasar untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh transformasi lahan.

Petani di Kabupaten Sarolangun menggunakan lahan hutan ataupun lahan perkebunan karet untuk diubah menjadi perkebunan kelapa sawit. Pada penelitian ini difokuskan pada transformasi lahan dari hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit yang berdampak pada kerusakan berat ekosistem di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi, terutama dari aspek pemasukan hara yang bersumber dari pohon pada ekosistem.

Perumusan Masalah

Sistem transformasi dari hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit akan mengganggu fungsi dari komponen ekosistem, seperti serasah dan akar halus, termasuk efisiensi penggunaan hara oleh tumbuhan terutama N. Kandungan hara yang terdapat pada serasah dan akar halus merupakan sumber hara bagi ekosistem terestrial melalui produksi dan proses dekomposisi. Proses dekomposisi dan ketersediaan hara ini salah satunya dipengaruhi oleh perubahan penggunaan lahan hutan yang mengubah komposisi pohon sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan dinamika hara. Kaye *et al.* (2000) mengatakan bahwa jenis pohon mempengaruhi dinamika hara termasuk N dan C pada ekosistem hutan.

Pada perkebunan kelapa sawit, pemberian pupuk merupakan bagian penting dalam pertahanan hara. Para petani umumnya memberikan pemupukan dengan dosis yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan hara tumbuhan. Pupuk N (berupa pupuk urea) yang diberikan umumnya mencapai 700 kg/ha/tahun pada perkebunan kelapa sawit terutama di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Pupuk ini diberikan dalam jangka panjang, karena kelapa sawit merupakan tumbuhan yang memiliki umur produksi yang panjang yakni mencapai 25 sampai 30 tahun. Pemberian pupuk dalam jangka panjang akan menurunkan kualitas tanah, sehingga dapat merusak ekosistem tanah.

Hal ini tentu saja berbeda dengan hutan alam. Pada ekosistem hutan semua komponen ekosistem termasuk serasah dan akar halus dapat berjalan sesuai dengan fungsinya. Serasah dan akar halus ini bersumber dari tumbuhan terutama pohon.

Pohon pada ekosistem hutan memiliki keragaman yang jauh lebih tinggi dari pada perkebunan kelapa sawit. Keragaman pohon ikut menentukan kontribusi hara pada ekosistem hutan. Rosleine *et al.* (2006) menyatakan bahwa jenis dan atau keragaman pohon berkontribusi paling besar dalam ketersediaan hara pada ekosistem.

Perubahan ekosistem hutan akan mengubah keragaman pohon dan proses-proses biologi dalam ekosistem termasuk produksi serta dekomposisi serasah dan

akar halus, dan efisiensi penggunaan N oleh tumbuhan, yang selanjutnya akan mempengaruhi dinamika hara termasuk dinamika N. Berdasarkan hal tersebut diperlukan penelitian mengenai produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus termasuk efisiensi penggunaan N pada perubahan penggunaan lahan dari hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit, sehingga dapat diketahui dinamika N yang terjadi akibat transformasi lahan.

Tujuan Penelitian

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menentukan dinamika N pada sistem transformasi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit berdasarkan kajian produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus, termasuk efisiensi penggunaan N dan resorpsi N. Tujuan khusus penelitian ini adalah untuk:

1. Menentukan produktivitas dan dekomposisi serasah pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit.
2. Menentukan produktivitas dan dekomposisi akar halus pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit.
3. Menentukan efisiensi penggunaan hara N tumbuhan (NUE_c), resorpsi N, dan NUE ekosistem (NUE_{ES}) pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit.

Manfaat dan Kebaharuan Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi tentang bagaimana dinamika N yang terjadi melalui produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus termasuk nilai NUE dan resorpsi N pada sistem transformasi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit. Informasi ini dapat menjadi dasar pengetahuan untuk mengatasi permasalahan lingkungan yang terjadi akibat sistem transformasi lahan di Indonesia, terutama di Provinsi Jambi.

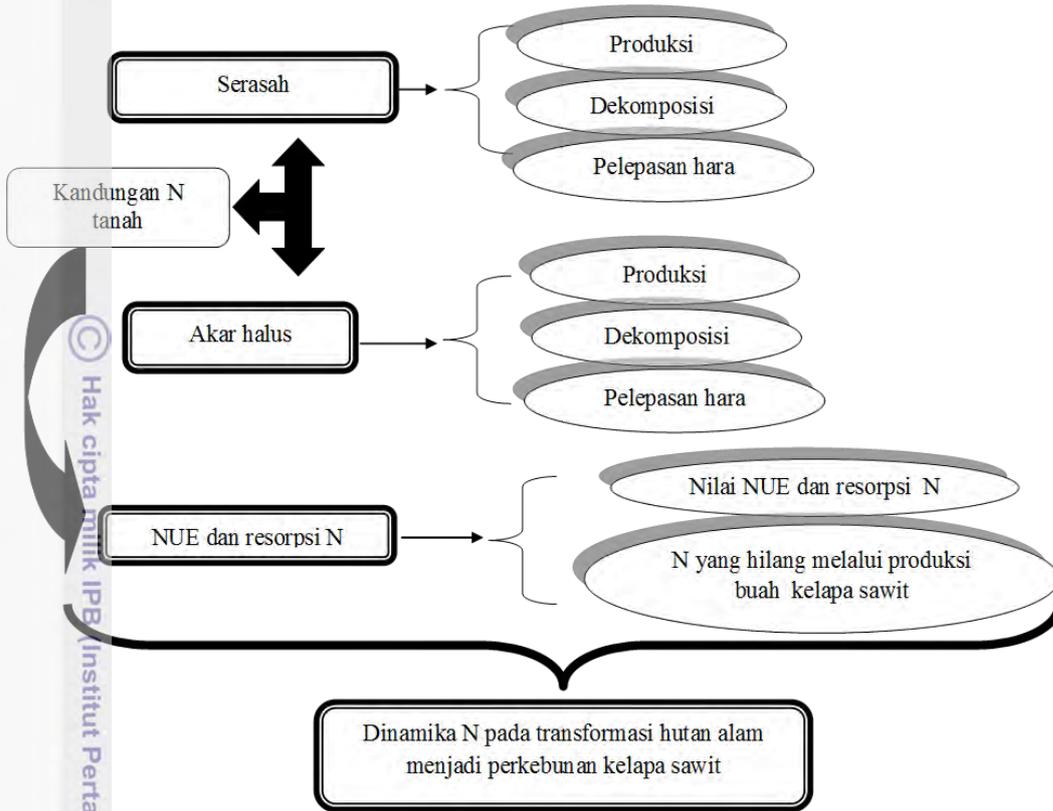
Berdasarkan latar belakang, tujuan, dan manfaat penelitian maka terdapat beberapa kebaruan (*novelty*) yaitu: (1) data produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus pada hutan TNBD dan perkebunan kelapa sawit, (2) efisiensi penggunaan nitrogen (NUE) pada dan hutan alam di TNBD dan perkebunan kelapa sawit, (3) data hara N yang keluar dari sistem melalui produksi serasah pada perkebunan kelapa sawit.

Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 3 tahap dengan alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1 yaitu:

1. Produktivitas dan dekomposisi serasah pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit bertujuan untuk menentukan pola dinamika N yang berasal dari serasah.
2. Produktivitas dan dekomposisi akar halus pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit. Hal ini digunakan untuk membuat keterkaitan antara akar halus dan ketersediaan hara tumbuhan melalui produksi dan dekomposisi, yang nantinya dapat dibandingkan dengan dekomposisi serasah pada penelitian tahap 1.
3. Menentukan NUE dan resorpsi N pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 1.1 Bagan alur penelitian dinamika N pada transformasi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi

2 TINJAUAN PUSTAKA

Sistem transformasi lahan dari hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit mengakibatkan perubahan siklus hara akibat penurunan keragaman tumbuhan (Fitzherbert *et al.* 2008). Hutan alam memiliki keragaman tumbuhan yang tinggi, sedangkan perkebunan kelapa sawit memiliki keragaman tanaman sangat rendah. Perubahan keragaman tumbuhan ini mengakibatkan kerusakan berat pada ekosistem. Tumbuhan diketahui sebagai sumber hara utama bagi ketersediaan hara tanah, yakni melalui proses dekomposisi dari serasah dan akar halus. Ketersediaan hara ini berubah dengan terjadinya perubahan komposisi tumbuhan, sehingga menimbulkan dinamika hara termasuk dinamika N. Selain itu tumbuhan juga merupakan pengambil utama hara dari dalam tanah. Oleh karena itu peranan tumbuhan terutama pohon sangat penting dalam ekosistem (Koh dan Wilcove 2008).

Peran Tumbuhan dalam Ekosistem

Tumbuhan, hara dan tanah merupakan 3 komponen ekosistem yang saling berhubungan satu sama lain pada suatu ekosistem. Unsur hara diserap tumbuhan melalui akar untuk keperluan pertumbuhan. Pada proses selanjutnya tumbuhan juga dapat memberikan bahan organik melalui daun dan ranting yang berjatuh ke tanah (serasah). Bahan serasah ini beserta bahan organik lainnya yang telah tersedia di tanah akan mengalami proses dekomposisi, sehingga dapat memperbaiki kandungan bahan organik tanah (Lambers *et al.* 2008). Bahan organik tanah ini akan mengalami proses mineralisasi menjadi hara tersedia dalam tanah. Hara tersedia selanjutnya dapat diserap oleh tumbuhan (Bernhard-Leversat dan Loumeto 2002).

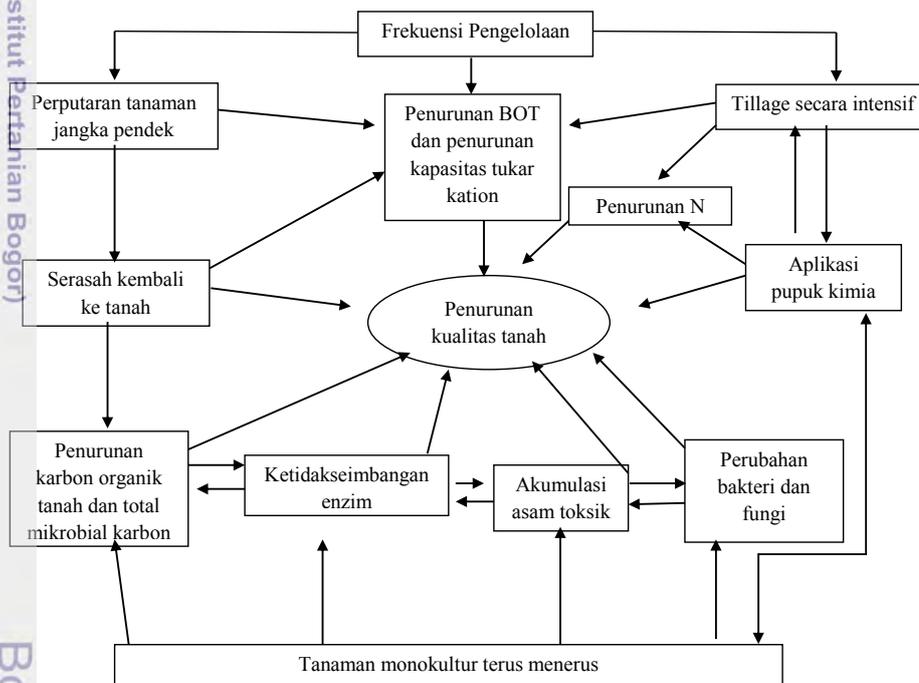
Pada ekosistem hutan alam terbentuk suatu sistem yang ‘tertutup’ yakni hara yang diambil oleh tumbuhan akan dikembalikan ke sistem sebagai sumber hara bagi tumbuhan. Pada kondisi tersebut efisiensi penggunaan hara termasuk hara N berlangsung secara optimal (Lambers *et al.* 2008). Lain halnya dengan sistem perkebunan monokultur, sistem ini memiliki siklus hara yang ‘terbuka’ karena memiliki jumlah kehilangan hara yang besar, akibat pengembalian hara dari tanaman ke tanah rendah (Witt *et al.* 2005), sedangkan sistem agroforestri berada diantara kedua sistem tersebut di atas yakni terdapat tanaman perkebunan yang diselingi oleh pohon hutan alam. Keberadaan pohon ini akan membantu keseimbangan daur ulang hara, yaitu melalui dekomposisi dan mineralisasi serasah dan akar halus (Lambers *et al.* 2008).

Perkebunan monokultur merupakan suatu sistem perkebunan dengan satu jenis tanaman yang ditanam pada suatu area tertentu seperti kelapa sawit. Perkebunan monokultur ini biasanya menggunakan lahan hutan atau perkebunan karet. Konversi area hutan alam menjadi area perkebunan monokultur menimbulkan pengaruh besar terhadap keragaman makhluk hidup termasuk tumbuhan (Turner *et al.* 2008) dan fungsi ekosistem (Uhl dan Jordan 1984, Turner *et al.* 2008). Salah satu fungsi ekosistem yang berperan penting terhadap

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

kelangsungan hidup komponen ekosistem adalah ketersediaan hara yang terkait dengan siklus hara dan dinamika hara (Uhl dan Jordan 1984).

Laju pengambilan hara dan daur ulang hara ke tanah beragam pada setiap jenis tumbuhan dan tipe ekosistem. Pada umumnya satu jenis tanaman perkebunan mengambil unsur hara dengan cepat dan dikembalikan dalam jumlah sedikit ke tanah jika dibandingkan hutan alam, sehingga menguras hara tanah (Aweto 2001). Acosta-Martinez *et al.* (2004) menambahkan, bahwa sistem monokultur yang terus menerus akan menimbulkan pengaruh negatif pada fungsi tanah. Liu *et al.* (2006) membuat ilustrasi tentang interaksi dan pengaruh negatif dari perkebunan monokultur terhadap kualitas tanah (Gambar 2.1). Seperti pada budidaya kelapa sawit, sistem monokultur yang diterapkan akan memperparah pengembalian hara ke tanah dan merusak siklus hara. Hal ini terjadi karena penyerapan hara oleh kelapa sawit tidak seimbang dengan pengembalian hara ke tanah, sehingga penambahan pupuk sangat diharapkan sebagai masukan hara pada perkebunan. Namun pemberian pupuk pada perkebunan kelapa sawit ini ternyata tidak mampu meningkatkan hara tanah, akibat pencucian saat musim hujan dan penguapan (Owolarafe dan Arumughan 2007).



Gambar 2.1 Diagram interaksi dan pengaruh negatif dari perkebunan monokultur terhadap kualitas tanah (Liu *et al.* 2006)

Pada sistem agroforestri, tanaman pertanian ditanam secara selang seling dengan pepohonan. Pada sistem ini terdapat beberapa jenis pohon (seperti: *Leucaena leucocephala*, *Sesbania sesban*) yang memiliki kemampuan untuk menyediakan unsur N dalam jumlah yang cukup bagi tanaman untuk mendukung produksi tanaman (Jobbagy dan Jackson 2001). Pada kondisi ini keberadaan hara tanah dapat dipenuhi sehingga fungsi ekosistem dapat berjalan dengan baik. Namun menurut Firn *et al.* (2007) bahwa fungsi ekosistem seperti produksi dan

dekomposisi tidak semata-mata ditentukan oleh keragaman tumbuhan yang ada, tetapi lebih ditentukan oleh karakteristik dari jenis tumbuhan yang terdapat pada suatu ekosistem. Hal ini menjelaskan bahwa perkebunan monokultur dapat memperbaiki beberapa fungsi ekosistem, tetapi perbaikan tersebut tergantung pada jenis tanaman yang dipilih, kondisi tempat penanaman dan pengelolaan hara melalui pemupukan (Danyo 2013).

Beberapa studi menemukan bahwa peningkatan keragaman pohon akan diikuti oleh peningkatan ketersediaan hara di tanah, sehingga hara tanah terjaga (Tilman dan Downing 1994, Tilman *et al.* 1996). Namun hal yang berbeda dijelaskan oleh Ewel *et al.* (1991) dan Hooper *et al.* (2005) bahwa ketersediaan hara tanah lebih dipengaruhi oleh jenis tumbuhan dari pada oleh keragaman tumbuhan pada suatu ekosistem, seperti pada perkebunan monokultur jati yang dapat menjaga ketersediaan hara tanah (Ojo *et al.* 2010).

Satu hal yang paling penting diperhatikan dalam sistem monokultur adalah adanya keseimbangan antara tanaman dan lingkungan, yakni hara yang terpakai oleh tanaman sebanding dengan pengembalian hara ke tanah, sehingga ketersediaan hara tanah terjaga (Bernhard-Reversat dan Loumeto 2002).

Dinamika N pada Sistem Transformasi Lahan

Nitrogen merupakan hara utama yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Nitrogen ini dibutuhkan terutama untuk pertumbuhan dan pembentukan bagian vegetatif tanaman seperti: daun, batang dan akar. Menurut Taiz dan Zeiger (2010) lebih dari 40% kandungan protoplasma sel tumbuhan terdiri dari senyawa yang mengandung N.

Nitrogen yang terdapat di dalam sel tumbuhan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat tumbuhan tersebut hidup. Perubahan kondisi lingkungan akan merubah kandungan N dalam tumbuhan. Begitu juga halnya dengan kandungan N lingkungan pada suatu ekosistem. Perubahan komposisi tumbuhan akan merubah kandungan N lingkungan seperti perubahan kandungan N tanah, termasuk perubahan pada efisiensi penggunaan N oleh tumbuhan, karena sumber N utama pada suatu ekosistem berasal dari serasah dan akar halus pohon (Kaye *et al.* 2000, Rosleine *et al.* 2006, Lambers *et al.* 2008). Perubahan penggunaan lahan dari hutan alam menjadi perkebunan termasuk perkebunan kelapa sawit akan merubah komposisi tumbuhan sehingga akan menimbulkan perubahan N termasuk dinamika N pada ekosistem. Dinamika N ini salah satunya dapat diketahui melalui produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus, termasuk efisiensi penggunaan N dan resorpsi N pada ekosistem yang mengalami transformasi lahan.

Produksi dan Dekomposisi Serasah dan Akar Halus. Serasah merupakan komponen ekosistem yang memiliki 3 fungsi utama yaitu: sebagai sumber energi bagi mikrofauna dan fauna tanah, sumber hara bagi tumbuhan, dan sebagai sumber bahan organik tanah melalui proses dekomposisi (Gambar 2.2). Fungsi tersebut terkait dengan proses yang terjadi di tanah seperti aktivitas biologi (termasuk produksi dan dekomposisi serasah), dan siklus hara (Bernhard-Reversat dan Loumeto 2002).

Serasah berasal dari bagian tumbuhan berupa daun, ranting dan atau dahan, serta bagian reproduksi (seperti: bunga, biji, dan buah) yang jatuh ke permukaan tanah. Tanaman perkebunan memiliki perbedaan proses pembentukan serasah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

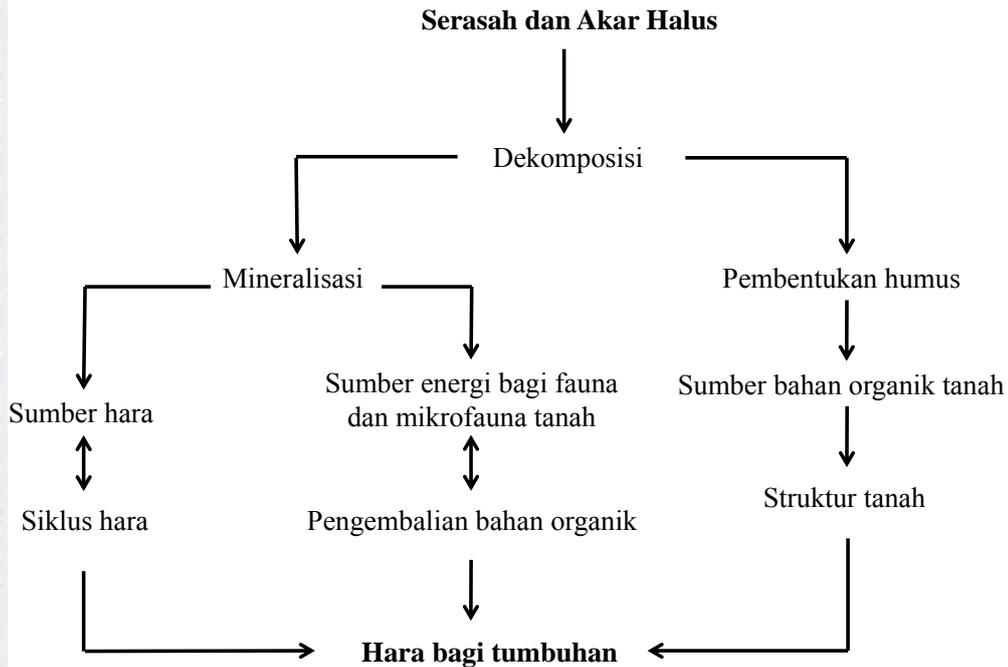
dibandingkan dengan tumbuhan di hutan alam, karena memiliki perbedaan karakteristik pohon. Pada umumnya pohon hutan memiliki siklus hidup daun yang pendek, pembentukan absisi daun mulai dari tumbuh pucuk sampai senesen berlangsung dalam waktu singkat, umumnya < 1 tahun yang tergantung kepada jenis tumbuhan dan terjadi secara alami (Aerts 1996, Aerts dan Chapin 2000). Pada tanaman perkebunan terutama perkebunan monokultur kelapa sawit, pembentukan serasah terjadi ketika proses pemanenan berlangsung. Pada saat panen petani selain memotong bagian buah, juga memotong pelepah. Namun jika dilihat dari pertumbuhan secara fisiologis, maka kelapa sawit akan menggugurkan daun atau mengalami senesen setelah daun berumur 4 tahun sejak pertumbuhan pucuk daun. Oleh karena itu pengembalian hara pada perkebunan kelapa sawit berlangsung lebih lambat (Witt *et al.* 2005).

Selain serasah, akar halus juga berkontribusi besar pada bahan organik tanah pada ekosistem terestrial. Akar halus merupakan akar yang memiliki diameter ≤ 2 mm dan merupakan komponen ekosistem yang mengalami perubahan secara cepat. Akar halus dan serasah memiliki kandungan hara yang tinggi (Berg dan McLaugherty 2008). Akar halus dengan fraksi kecil yakni kurang dari 2% dari biomassa pada hutan, namun berkontribusi lebih dari 30% pada produksi primer netto tahunan (Vogt *et al.* 1991). Selain itu akar halus dapat memberikan masukan bahan organik yang besar ke dalam ekosistem melalui dekomposisi (Vogt *et al.* 1991).

Serasah dan akar halus memiliki 3 fungsi utama dalam ekosistem yaitu: (1) sebagai sumber energi bagi fauna dan mikrofauna tanah, (2) sebagai sumber hara bagi tumbuhan, dan (3) sebagai sumber bahan organik tanah. Dua fungsi utama terkait dengan dekomposisi dan mineralisasi, sedangkan fungsi ke-3 terkait dengan pembentukan humus. Ketiga fungsi ini berkaitan dengan aktivitas biologi yang terjadi pada ekosistem, seperti siklus hara dan pembentukan struktur tanah (Gambar 2.2) (Bernhard-reversat dan Loumeto 2002).

Proses dekomposisi diawali dengan proses penghancuran yang dilakukan oleh serangga kecil terhadap sisa bahan organik mati menjadi ukuran yang lebih kecil, kemudian dilanjutkan dengan proses biologi yang dilakukan oleh bakteri dan cendawan untuk menguraikan partikel-partikel organik. Proses dekomposisi oleh bakteri dan cendawan sebagai dekomposer dibantu oleh enzim seperti: protease dan amilase yang dapat menguraikan bahan organik seperti: protein dan karbohidrat menjadi bahan yang lebih sederhana seperti asam amino. Proses ini dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti: komposisi kimia serasah, kondisi lingkungan, dan mikroorganisme pada suatu ekosistem (Bernhard-Reversat dan Loumeto 2002, Berg dan McLaugherty 2008, Brady dan Weil 2008). Komposisi kimia serasah ini ditentukan oleh jenis tumbuhan yang menghasilkan serasah dan akar halus. Setiap jenis tumbuhan memiliki kualitas serasah dan akar halus yang berbeda (Lambers *et al.* 2008). Kualitas serasah terutama N, C, dan lignin akan menentukan laju dekomposisi (Berg dan McLaugherty 2008). Nitrogen yang tinggi pada serasah atau akar halus akan mempercepat proses dekomposisi, sebaliknya rasio C/N dan lignin/N yang tinggi justru akan memperlambat laju dekomposisi (Taylor *et al.* 1989, Semwal *et al.* 2003, Xu dan Hirata 2005, Berg dan McLaugherty 2008, Zhang *et al.* 2008) yang berimplikasi pada lambatnya laju pengembalian hara pada ekosistem tersebut (Berg dan McLaugherty 2008). Selain komposisi kimia serasah, kondisi lingkungan juga akan mempengaruhi proses

dekomposisi seperti curah hujan. Curah hujan yang tinggi akan mempercepat proses dekomposisi (Singh *et al.* 1999, Singh *et al.* 2005), hal ini terkait dengan mikroorganisme tanah yang terdapat di dalamnya (Bernhard-Reversat dan Loumeto 2002). Mikroorganisme menyukai daerah dengan kelembapan udara tinggi (Keane 2008) dan kondisi aerobik (Sulistiyanto *et al.* 2005), selain itu kandungan N yang tinggi akan ikut menstimulasi aktivitas mikroorganisme dekomposer (Berg dan McLaugherty 2008). Semua hal tersebut saling terkait satu sama lainnya dalam menentukan laju dekomposisi serasah dan akar halus (Bernhard-Reversat dan Loumeto 2002, Lambers *et al.* 2008).



Gambar 2.2 Diagram fungsi utama serasah dan akar halus pada ekosistem teresterial (Bernhard-reversat dan Loumeto 2002)

Semua hal di atas akan mempengaruhi terjadinya dinamika hara termasuk dinamika N pada sistem transformasi hutan alam menjadi perkebunan termasuk perkebunan kelapa sawit.

Efisiensi Penggunaan Nitrogen (NUE). Konsep NUE dalam bidang pertanian didefinisikan sebagai rasio bobot produksi tumbuhan terhadap masukan N pada suatu ekosistem. Masukan N ini terkait dengan jumlah N tersedia di tanah (Hirel *et al.* 2007). Efisiensi penggunaan N (NUE) merupakan produk dari efisiensi absorpsi (kuantitas N yang diserap/kuantitas dari N tersedia) dan efisiensi penggunaan (produksi serasah/N yang diserap) (Hirel *et al.* 2007).

Nilai NUE akan berbeda pada ekosistem yang berbeda. Menurut Lambers *et al.* (2008) terdapat beberapa proses yang menyebabkan perbedaan NUE pada ekosistem yang berbeda yaitu: laju fotosintesis per unit hara dan proporsi hara yang diserap kembali selama senesen. Kedua hal tersebut dipengaruhi oleh faktor interaksi tumbuhan dengan lingkungan seperti penyinaran, curah hujan,

temperatur udara, kelembapan udara, dan interaksi dengan penyakit termasuk alelopati dan mikroorganisme serta bahan organik tanah (Lambers *et al.* 2008).

Bahan organik tanah menjaga kapasitas ikat air pada tanah dan kapasitas pertukaran K, Ca, dan Mg, dan juga mereduksi fiksasi P, pencucian hara dan penurunan keracunan Al dan Mn. Pengelolaan yang baik seperti penambahan residu tumbuhan, pupuk hayati, kompos, pupuk hewan, dan aplikasi tanaman penutup serta pencegahan pembakaran tanaman dapat meningkatkan bahan organik tanah dan memperbaiki NUE tanaman pada ekosistem perkebunan (Baligar *et al.* 2001).

Efisiensi penggunaan hara tanaman (NUEc) pada perkebunan dapat dioptimalkan dengan efisiensi aplikasi pupuk yakni dengan memperhatikan kandungan hara tanah, efisiensi penyerapan oleh tanaman, iklim, jenis pupuk, dan mikoriza. Pengelolaan yang baik terhadap pemupukan seperti sumber, metode, dan pembagian pupuk yang benar harus dioptimalkan dan disesuaikan berdasarkan tanah, tanaman, dan faktor iklim untuk mereduksi kehilangan hara melalui pencucian, denitrifikasi, dan fiksasi, sehingga dapat mengoptimalkan NUE pada perkebunan (Baligar *et al.* 2001).

Efisiensi penggunaan hara N pada tanaman (NUEc) ini terkait dengan proses senesensi daun. Sekitar setengah dari kandungan N dan P daun diresorpsi selama senesensi daun, dan digunakan untuk pertumbuhan selanjutnya. Nilai efisiensi resorpsi ini pada tanaman berkisar antara 0–80%, hal ini tergantung pada jenis dan kondisi lingkungan. Resorpsi terjadi karena beberapa proses antara lain: perombakan enzimatis dari komponen N dan P di daun, pembentukan permukaan absisi daun, dan pemotongan lintasan transpor yang menyebabkan daun jatuh. Resorpsi pada daun ini dipengaruhi oleh kandungan hara tanah. Penurunan resorpsi terjadi pada lahan yang memiliki ketersediaan hara rendah (Lambers *et al.* 2008).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

3 AREA PENELITIAN

Pendahuluan

Taman Nasional Bukit Duabelas (TNBD) merupakan salah satu taman nasional yang ada di Provinsi Jambi, Indonesia. Taman nasional ini merupakan hutan dataran rendah dengan topografi berbukit pada ketinggian 50-200 m dpl. Banyak hulu anak sungai yang terdapat pada kawasan ini menjadikannya sangat berperan penting sebagai daerah resapan air. TNBD menjadi tempat perlindungan bagi berbagai macam satwa diantaranya harimau (*Panthera tigris sumatrae*), siamang (*Hylobates syndactylus*), beruk (*Macaca nemestrina*), kelinci sumatera (*Nesolagus netscheri*) dan elang ular bido (*Spilornis cheela malayensis*) termasuk juga tumbuhan diantaranya bulian (*Eusideroxylon zwagerii*), petaling (*Ochanostachys amentacea*), Rotan (*Calamus sp.*). Selain itu TNBD juga merupakan tempat bernaung bagi suku anak dalam yang tergolong kepada masyarakat terasing (BKSDA Provinsi Jambi 2004).

Kawasan TNBD pada mulanya dikenal dengan nama Hutan Bukit Duabelas, kemudian berubah fungsi menjadi Taman Nasional dengan adanya gagasan Pemerintah Daerah Kabupaten Sarolangun untuk menjadikan kawasan ini sebagai hutan lindung dan cagar biosfer yang difungsikan sebagai Cagar Budaya Komunitas Anak Rimba. Kemudian pada tanggal 23 Juni 2000 Menteri Kehutanan dan Perkebunan melalui SK Nomor 258/Kpts-II/2000 membentuk TNBD dengan luas kawasan 60,500 ha. Selanjutnya pada tanggal 26 Januari 2001 Presiden RI mendeklarasikan terbentuknya TNBD di Jambi (BKSDA Jambi 2004). TNBD memiliki 5 stasiun yaitu: 2 stasiun terletak di Kabupaten Sarolangun dan 3 stasiun lagi terletak di Kabupaten Batanghari. Dua stasiun di Kabupaten Sarolangun masing masing terdapat di Pematang Kabau (Stasiun 1) dan di Dusun Baru Kecamatan Air Hitam (Stasiun 2). Fokus penelitian ini adalah pada Kabupaten Sarolangun sebagai salah satu daerah yang mengalami transformasi lahan.

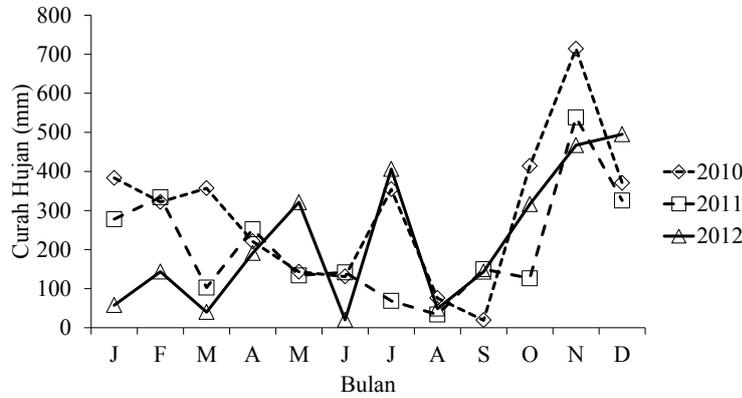
Secara geografis Kabupaten Sarolangun berada antara 01°53'39" sampai 02°46'02" Lintang Selatan dan antara 102°03'39" sampai 103°13'17" Bujur Timur dan merupakan dataran rendah dengan luas wilayah 6,174 km². Kabupaten Sarolangun terdiri dari dataran rendah 5,248 km² (85%) dan dataran tinggi 926 km² (15%).

Kabupaten Sarolangun ini telah banyak mengalami perubahan akibat pengembangan sektor perkebunan terutama perkebunan kelapa sawit yang menjadi potensi ekonomi terbesar bagi Kabupaten Sarolangun, Jambi. Transformasi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit ini terus meningkat sehingga mengurangi luasan hutan termasuk hutan TNBD.

Iklm di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi

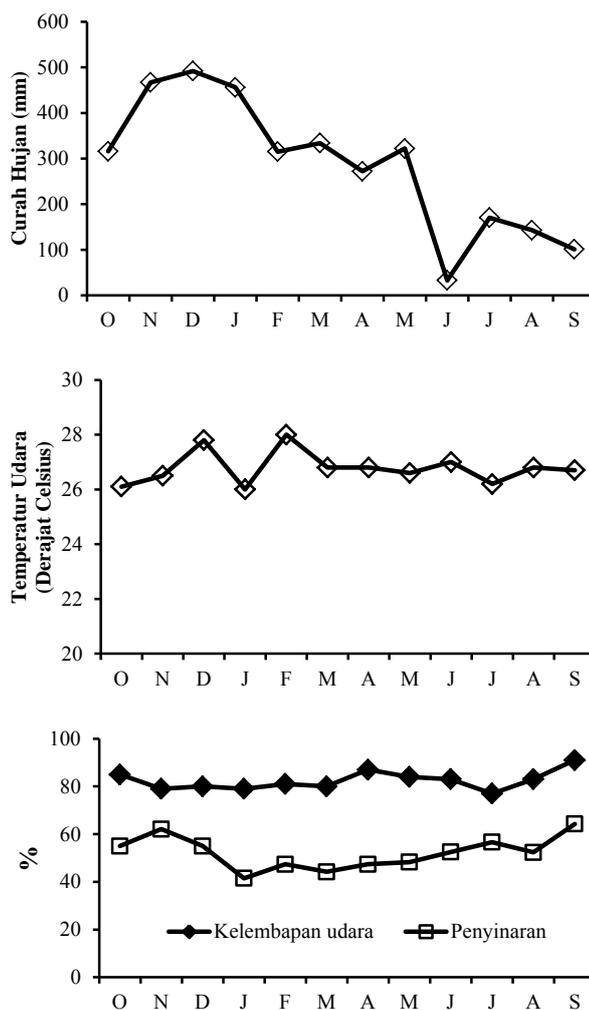
Berdasarkan data yang dikoleksi dari Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Klimatologi (BMKG) Provinsi Jambi, bahwa curah hujan tahunan di Kabupaten Sarolangun, Kecamatan Air Hitam selama tiga tahun terakhir berkisar antara 2484 – 3503 mm/tahun. Pada umumnya curah hujan tertinggi terjadi pada

bulan November, dan menurun di bulan Desember, kecuali pada tahun 2012, terjadi kenaikan curah hujan pada bulan Desember. Curah hujan terendah terjadi pada bulan yang berbeda untuk tiap tahunnya yakni bulan September (2010), bulan Agustus (2011), dan bulan Juni (2012). Namun secara umum memperlihatkan pola yang hampir sama (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Curah hujan di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi pada tahun 2010 sampai 2012 (BMKG stasiun klimatologi Provinsi Jambi)

Iklim makro pada area penelitian bulan Oktober 2012 sampai bulan September 2013 terlihat pada Gambar 3.2. Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember 2013 yang mencapai 491.8 mm dan terendah pada bulan Juni 2014 hanya mencapai 33 mm. Sedangkan temperatur udara hampir relatif sama untuk setiap bulannya yakni berkisar antara 26.1°C sampai 28°C. Kelembapan udara juga demikian yakni berkisar antara 77% sampai 91% dan yang tertinggi terjadi pada bulan September 2014. Curah hujan terendah pada bulan Juli 2014 yakni mencapai 77%. Persen penyinaran mencapai puncak nilai tertinggi pada bulan September 2013, yakni pada saat kelembapan udara tertinggi dan terendah pada bulan Januari 2013 (Gambar 3.2).



Gambar 3.2 Iklim (curah hujan, temperatur udara, kelembapan udara, dan penyinaran) pada Kabupaten Sarolangun, Jambi selama satu tahun periode penelitian (Oktober 2012 sampai September 2013) (BMKG stasiun klimatologi Provinsi Jambi)

Lokasi Penelitian dan Informasi Lingkungan pada Lokasi Penelitian

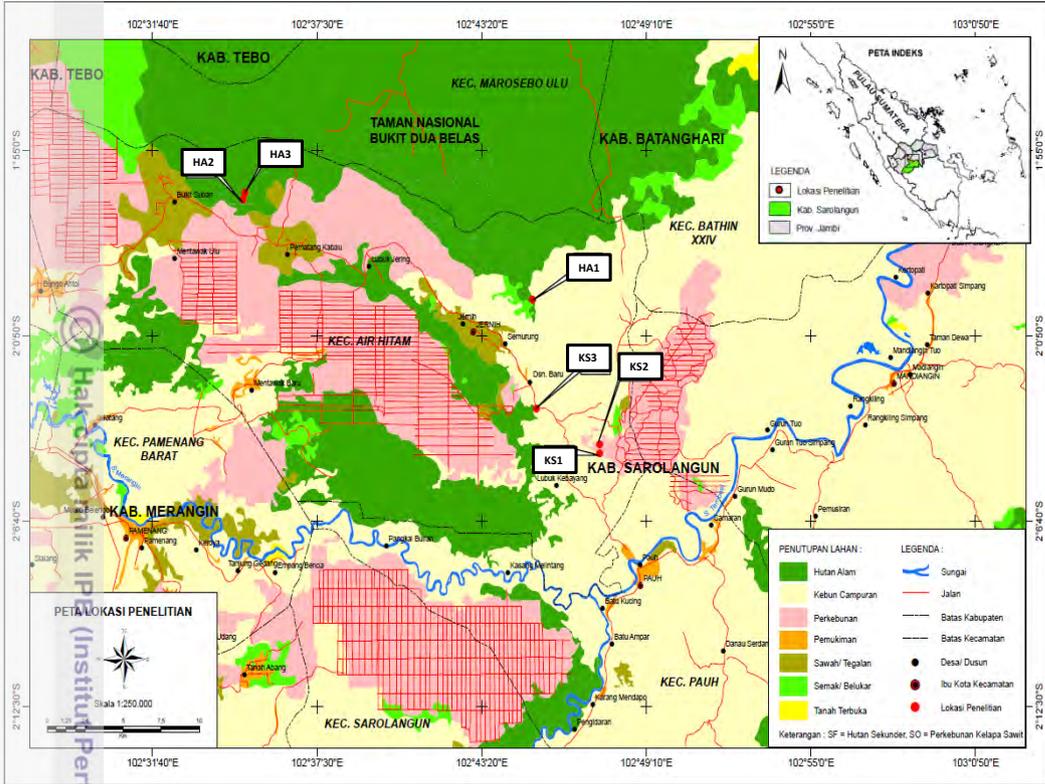
Penelitian ini dilakukan di hutan alam TNBD sebanyak 3 lokasi (3 ulangan) yakni di daerah dusun baru sebanyak 1 lokasi (HA1) dan daerah Pematang Kabau sebanyak 2 lokasi (HA2 dan HA3). Pada perkebunan kelapa sawit juga sebanyak 3 lokasi berada di daerah yang tidak terlalu jauh dari TNBD yakni satu lokasi di daerah Dusun Baru (KS3) dan dua lokasi di desa Lubuk Kepayang (KS1 dan KS2) (Gambar 3.3). Perkebunan kelapa sawit yang digunakan pada penelitian ini adalah perkebunan kelapa sawit milik PT Sinarmas dengan umur tanaman berkisar antara 8-12 tahun yang terletak di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Masing-masing lokasi penelitian dibuat dengan ukuran 50 m x 50 m dan di dalam setiap lokasi penelitian dibuat sub plot dengan ukuran 10 m x 10 m 25 sub plot untuk pengambilan sampel tanah dan akar halus, serta penempatan *litter bag*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 3.3 Peta lokasi penelitian dan tutupan lahan di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Hutan alam (HA1, HA2, dan HA3) dan perkebunan kelapa sawit (KS1, KS2, dan KS3) (CRC990 EFForTS 2014)

Pada Tabel 3.1 dan 3.2 terlihat perbedaan kerapatan pohon antar lokasi, kerapatan tertinggi terjadi pada HA3 dan terendah pada KS1. Basal area tertinggi terjadi pada KS3 dan terendah pada KS2. Perbedaan kemiringan terjadi antar lokasi hutan (HA). Kemiringan tertinggi terjadi pada HA1, sedangkan pada KS relatif sama (Tabel 3.1 dan 3.2). Ketinggian tempat pada masing-masing lokasi penelitian relatif sama yakni berkisar antara 71-87 m dpl, kecuali pada KS3, yakni berada pada ketinggian 34 m dpl. Selain itu pH cukup bervariasi, yakni antara 3.1 sampai 5.4 dan dikategorikan rendah (Tabel 3.1 dan 3.2). Perbedaan kondisi lokasi HA dan KS dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Tabel 3.1 Informasi lingkungan pada hutan alam (HA) Taman Nasional Bukit Duabelas

Parameter	Hutan Alam 1 (HA1)	Hutan Alam 2 (HA2)	Hutan Alam 3 (HA3)
Kerapatan pohon (jumlah individu/ha)	500	436	552
Total basal area (m ² /ha)	28.2	27.2	37.9
Koordinat	S 01°59'42.5" E 102°45'08.1"	S 01°56'33.9" E 102°34'52.7"	S 01°56'31.9" E 102°34'50.3"
Kemiringan (%)	37	4	11
Ketinggian (m dpl)	83	87	87
pH tanah	3.1	4.2	3.7
Jenis pohon yang dominan	<i>Voacanga sp.</i>	<i>Ochanostachys amentacea</i> Mast	<i>Ochanostachys amentacea</i> Mast

Tabel 3.2 Informasi lingkungan pada perkebunan kelapa sawit (KS)

Parameter	Perkebunan Kelapa Sawit 1 (KS1)	Perkebunan Kelapa Sawit 2 (KS2)	Perkebunan Kelapa Sawit 3 (KS3)
Kerapatan pohon (jumlah individu/ha)	120	144	144
Total Basal area (m ² /ha)	62.2	50.6	67.2
Koordinat	S 02°04'32.0" E 102°47'30.7"	S 02°04'15.2" E 102°47'30.6"	S 02°04'15.2" E 102°47'30.6"
Kemiringan (%)	4	3	1
Ketinggian (m dpl)	84	71	34
pH tanah	4.9	4.8	5.4
Jenis pohon yang dominan	<i>Olaesis guineensis</i>	<i>Olaesis guineensis</i>	<i>Olaesis guineensis</i>



Gambar 3.4 Perbedaan kondisi pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Vegetasi Pohon pada Lokasi Penelitian

Keragaman pohon. Hasil analisis vegetasi pohon diperoleh 109, 136, and 125 individu pohon yang terdiri dari 30, 19, dan 26 famili dan 70, 41, 56 jenis tumbuhan yang teridentifikasi dan 3, 4, dan 2 jenis tumbuhan yang tidak teridentifikasi pada masing-masing HA1, HA2, dan HA3, sedangkan pada KS ditemukan 30, 36, dan 36 individu pohon dengan satu jenis tanaman masing-masing pada KS1, KS2, dan KS3 (Tabel 3.3).

Euphorbiaceae menjadi famili dengan jenis tumbuhan terbanyak diantara famili yang lain, ditemukan 17 jenis tumbuhan HA1, 9 jenis tumbuhan HA2, dan 7 jenis tumbuhan HA3, sedangkan famili lainnya berkisar dibawah 6 jenis tumbuhan (Tabel 3.3). Euphorbiaceae merupakan salah satu famili besar dan beragam pada tumbuhan berbunga. Setidaknya terdapat 7,500 spesies di dalamnya dan tersebar di hutan Indonesia khususnya di Sumatera (Tjitrosoepomo 2002).

Loacanga sp ditemukan sebagai jenis tumbuhan dominan pada HA1 dan *Ochanostachys amentacea* Mast sebagai jenis tumbuhan dominan pada HA2 dan HA3 (Tabel 3.4). *Ochanostachys amentacea* Mast ini biasanya ditemukan pada hutan hujan tropis dataran rendah (Wong 2002). Jenis tumbuhan ini tumbuh subur pada hutan campuran Dipterocarp pada daerah dengan tanah yang berombak atau tanah yang berbukit-bukit, tanah lempung/liat atau tanah berpasir, biasanya dengan pengairan tanah yang baik. Kita ketahui bahwa Kabupaten Sarolangun khususnya pada TNBD memiliki daerah yang berbukit-bukit, disepanjang jalan taman nasional maupun daerah sekitarnya dipenuhi oleh kontur tanah yang bergelombang.

Pada perkebunan kelapa sawit ditemukan *Elaeis guineensis* sebagai jenis dominan pada KS1, KS2, dan KS3 (Tabel 3.4). Perkebunan kelapa sawit termasuk perkebunan monokultur yang hanya memiliki satu jenis tanaman, karena tanaman kelapa sawit tidak tahan naungan, sehingga tidak bisa diselingi oleh tanaman lain pada area perkebunan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 3.3 Kelompok pohon pada hutan alam (HA) di Taman Nasional Bukit Duabelas dan perkebunan kelapa sawit (KS) di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi

Famili	Jumlah jenis pohon					
	Hutan alam 1 (HA1)	Hutan alam 2 (HA2)	Hutan alam 3 (HA3)	Perkebunan kelapa sawit 1 (KS1)	Perkebunan kelapa sawit 2 (KS2)	Perkebunan kelapa sawit 3 (KS3)
Anacardiaceae	0	2	3	0	0	0
Arecaceae	2	2	0	0	0	0
Alangiaceae	1	0	0	0	0	0
Anacardiaceae	1	0	0	0	0	0
Annonaceae	1	1	2	0	0	0
Apocynaceae	2	0	0	0	0	0
Burceraceae	4	2	3	0	0	0
Connaraceae	1	0	0	0	0	0
Dipterocarpaceae	2	3	4	0	0	0
Ebenaceae	2	0	1	0	0	0
Elaeocarpaceae	0	1	1	0	0	0
Euphorbiaceae	17	9	7	0	0	0
Fabaceae	1	2	4	0	0	0
Fagaceae	2	2	0	0	0	0
Furaceae	5	4	3	0	0	0
Malvaceae	0	0	1	0	0	0
Melastomataceae	2	0	1	0	0	0
Meliaceae	4	0	1	0	0	0
Moraceae	2	1	1	0	0	0
Myristicaceae	3	2	3	0	0	0
Myrtaceae	2	2	6	0	0	0
Olacaceae	1	1	1	0	0	0
Palmae	1	0	0	1	1	1
Rosaceae	2	0	1	0	0	0
Rubiaceae	1	0	0	0	0	0
Rhizophoraceae	1	1	1	0	0	0
Rutaceae	0	0	1	0	0	0
Sapotaceae	2	1	3	0	0	0
Sapindaceae	2	0	1	0	0	0
Sterculiaceae	0	1	2	0	0	0
Strombosiaceae	0	0	1	0	0	0
Styracaceae	1	2	0	0	0	0
Theaceae	0	0	1	0	0	0
Thymelaeaceae	1	0	2	0	0	0
Tiliaceae	1	0	0	0	0	0
Urticaceae	2	0	0	0	0	0
Violaceae	1	2	1	0	0	0
tidak teridentifikasi	3	4	2	0	0	0
Total	73	45	58	1	1	1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

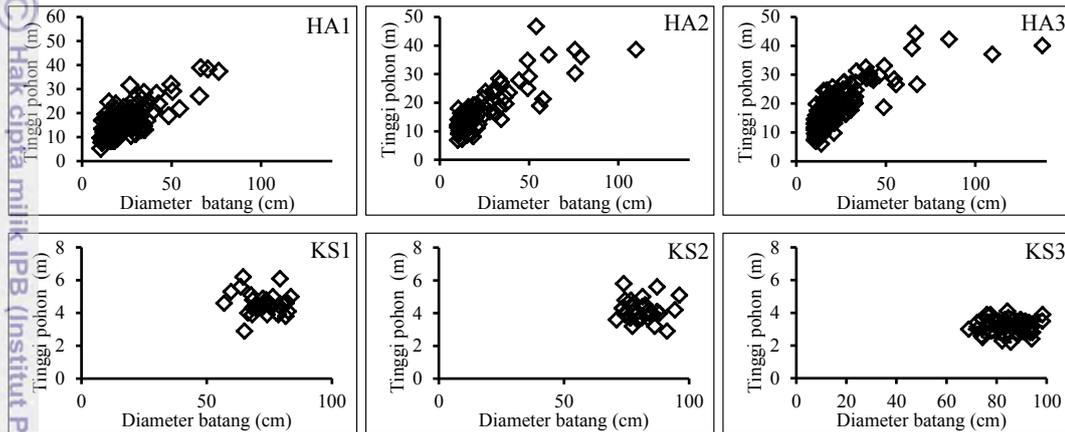
Tabel 3.4 Tujuh jenis pohon dominan pada tiap lokasi di hutan alam (HA) Taman Nasional Bukit Duabelas dan satu jenis pohon dominan di perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Jenis pohon	Famili	INP
Hutan Alam 1 (HA1)			
1	<i>Voacanga sp.</i>	Apocynaceae	15.0
2	<i>Ficus variegata BL.</i>	Moraceae	11.6
3	<i>Villebrunea sp.2</i>	Urticaceae	11.6
4	<i>Santiria sp.2</i>	Burceraceae	11.2
5	<i>Meliaceae sp</i>	Meliaceae	11.0
6	<i>Diospyros sp.1</i>	Ebenaceae	8.2
7	<i>Endospermum malaccense</i> Muell.Arg	Euphorbiaceae	6.4
Hutan Alam 2 (HA2)			
1	<i>Ochanostachys amentacea</i> Mast	Olacaceae	28.2
2	<i>Baccaurea sp.2</i>	Euphorbiaceae	23.9
3	<i>Rinorea sp.1</i>	Violaceae	23.4
4	<i>Eugenia sp.8</i>	Myrtaceae	22.1
5	<i>Canarium sp.1</i>	Burceraceae	16.9
6	<i>Archidendron microcarpum</i>	Fabaceae	16.5
7	<i>Aporosa bracteosa</i> Pax & K. Schum.	Euphorbiaceae	14
Hutan Alam 3 (HA3)			
1	<i>Ochanostachys amentacea</i> Mast	Olacaceae	38.4
2	<i>Strombosia ceylanica</i>	Strombosiaceae	35.7
3	<i>Archidendron microcarpum</i>	Fabaceae	20.2
4	<i>Scaphium macropodum</i> (Miq.) Beumee	Sterculiaceae	12.7
5	<i>Rinorea sp.1</i>	Violaceae	11.9
6	cf. <i>Kompassia sp</i>	Fabaceae	11.5
7	<i>Eugenia sp.4</i>	Myrtaceae	9.5
Perkebunan Kelapa Sawit 1 (KS1)			
	<i>Elaeis gueneensis</i>	Palmae	300
Perkebunan Kelapa Sawit 2 (KS2)			
	<i>Elaeis gueneensis</i>	Palmae	300
Perkebunan Kelapa Sawit 3 (KS3)			
	<i>Elaeis gueneensis</i>	Palmae	300

Penyebaran tumbuhan berdasarkan diameter dan tinggi pohon. Penyebaran tumbuhan berdasarkan pada diameter dan tinggi tumbuhan dapat dilihat pada Gambar 3.5. Pola penyebaran yang sama terlihat pada semua lokasi HA. Pada lokasi HA jumlah pohon tertinggi didominasi oleh kelompok pohon dengan diameter 10-30 cm yakni sekitar 77.6-80%, diikuti oleh, 30-50 cm yakni sekitar 12.7-17.6%, kemudian, 50-70 cm sebesar 3.2%-3.6%, 70-90 cm pada 2.73% dan 90 cm antara 0-1.4% (Gambar 3.5). Pada HA1 pohon tertinggi

mencapai 37.4 m dengan diameter 76.3 cm, sedangkan HA dan HA3 masing-masing 46.7 m dan 109.8 cm, 44.3 m dan 137.3 cm (Gambar 3.5).

Pola yang sama juga terjadi antar lokasi KS. Namun berbeda antara HA dan KS. Semua lokasi HA menunjukkan penurunan jumlah tumbuhan seiring dengan peningkatan ukuran diameter dan tinggi pohon. Sedangkan pada KS lebih merata, jumlah individu tanaman tidak seiring dengan peningkatan diameter dan tinggi tanaman, karena diketahui bahwa pada KS, pohon ditanam secara monokultur dan seragam dengan umur yang relatif sama (Gambar 3.5).



Gambar 3.5 Penyebaran pohon berdasarkan diameter dan tinggi pohon pada hutan alam (HA1, HA2, dan HA3) dan perkebunan kelapa sawit (KS1, KS2, dan KS3)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

4 PRODUKTIVITAS DAN DEKOMPOSISI SERASAH PADA HUTAN TAMAN NASIONAL BUKIT DUABELAS DAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI KABUPATEN SAROLANGUN, JAMBI

(Litter Productivity and Decomposition at Natural Forest of Bukit 12 National Park and Oil Palm Plantation in Sarolangun District, Jambi)

Abstract

Leaf litter plays an important role for the availability of nutrients in ecosystems. Conversion of tropical rainforest into different land-use systems may largely alter nutrient cycling through changes in litter production and decomposition. In Indonesia, particularly on Sumatra and Kalimantan, large areas of natural lowland forest cover is replaced by oil palm monocultures with fast increasing. However, how the transformation of lowland rainforest to oil palm plantation changes litterfall production and decomposition in Sumatera, Indonesia is unknown. Here we investigated the leaf litter production, decomposition rate, and seasonal litter fall patterns in oil palm plantation (KS) and natural forest (HA) in Bukit 12 National Park Jambi, Sumatra. The annual litter productivity was higher in HA than that of in KS. However oil palm fruits as the dominant component of oil palm (77.8%) of total litterfall production and oil palm production were removed from the system causing nutrient lost. Litter production was influenced by climatic factor mainly by rainfall and humidity. Leaf litter nitrogen as well as C/N ratio was the main factors that influenced of leaf litter decomposition. Our data showed that decomposition rate constant was significantly higher in HA than that of in KS, it means that nutrient turn-over through leaf litter of KS was slower than that of in HA.

Keywords: land use change, leaf litter, nitrogen and C/N ratio, nutrient turn-over.

Pendahuluan

Pada saat ini hutan hujan tropis mengalami perubahan penggunaan lahan secara cepat dan penebangan hutan secara luas (FAO 2011). Indonesia termasuk negeri dengan laju penebangan pohon tertinggi dari semua negara tropis lainnya (Hansen *et al.* 2009, Margono *et al.* 2014). Perluasaan lahan kelapa sawit menjadi salah satu perubahan penggunaan lahan utama di Indonesia (Abood *et al.* 2014). Perubahan ini terjadi secara cepat di kebanyakan provinsi di pulau Sumatera (seperti; Jambi, Riau dan Sumatera Selatan) dengan transformasi terus menerus dari hutan sekunder dan sistem agroforestri kedalam bentuk perkebunan monokultur kelapa sawit (Villamor *et al.* 2014).

Perubahan penggunaan lahan dari hutan khususnya menjadi perkebunan kelapa sawit memiliki pengaruh negatif terhadap keragaman makhluk hidup terutama tumbuhan (Sodhi *et al.* 2004, Fitzherbert *et al.* 2008, Wilcove *et al.*

2013) dan mempengaruhi proses biologi pada ekosistem seperti produksi dan dekomposisi serasah melalui perubahan komposisi tumbuhan (Hättenschwiler *et al.* 2011). Produksi serasah berperan dalam siklus biogeokimia bahan organik dari vegetasi ke permukaan tanah dan berperan penting dalam pengembalian hara melalui proses dekomposisi (Vitousek 1982, Vitousek dan Sanford 1986, Berg dan McLaugherty 2008). Selain itu serasah merupakan kontributor utama terhadap produksi primer total netto (NPP) pada hutan hujan tropis (Clark *et al.* 2001) termasuk fungsi utamanya dalam siklus karbon dan fungsi ekosistem (Dixon *et al.* 1994, Houghton 2005, Del Grosso *et al.* 2008, Pan *et al.* 2011).

Serasah merupakan komponen penting dalam ekosistem hutan. Jumlah dan konsentrasi hara yang terkandung di dalam serasah diketahui sebagai sumber energi dalam berlangsungnya siklus hara (Vitousek 1982). Serasah yang berasal dari daun, ranting, dan bagian reproduksi tumbuhan akan mengalami proses dekomposisi. Dekomposisi ini merupakan proses kunci dalam daur ulang hara. Transfer bahan organik dari suatu vegetasi melalui proses dekomposisi ke permukaan tanah ditentukan oleh jumlah dan kualitas serasah (Moraes *et al.* 1999, Hättenschwiler *et al.* 2011). Serasah dapat membantu memenuhi kebutuhan N melalui proses dekomposisi dan dapat mengurangi pemupukan N dan mencegah kehilangan N pada perkebunan (Kang *et al.* 1999).

Proses dekomposisi serasah ini ditentukan oleh tipe ekosistem. Dekomposisi pada hutan alam akan berbeda dengan dekomposisi pada perkebunan. Perbedaan ini akan menimbulkan dinamika hara termasuk dinamika N pada ekosistem tersebut (Taylor *et al.* 1989). Selain tipe ekosistem, kuantitas dan kualitas serasah juga mempengaruhi proses dekomposisi (Hättenschwiler *et al.* 2011). Kandungan nitrogen dari serasah dan rasio C/N berkorelasi dengan laju dekomposisi (Taylor *et al.* 1989), dan introduksi pohon naungan pada perkebunan akan dapat meningkatkan ketersediaan hara tanaman melalui proses dekomposisi (Triadiati *et al.* 2011).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan penggunaan lahan menurunkan produksi serasah, terutama pada perkebunan monokultur, seperti pergantian hutan hujan tropis menjadi perkebunan monokultur kayu jati (*Tectona grandis* Lim) (Ojo *et al.* 2010) dan monokultur *Cunninghamia lanceolata* (Wang *et al.* 2008) akan menurunkan bobot serasah. Perbedaan produksi serasah ini bervariasi sesuai dengan kondisi lingkungan (Pausas 1997) dan jenis tumbuhan pada ekosistem (Kaye *et al.* 2000). Hal ini juga akan mempengaruhi proses dekomposisi sebagai proses utama dalam menghasilkan bahan organik tanah (Jacob *et al.* 2009).

Perubahan penggunaan lahan dari bentuk hutan yang memiliki keragaman pohon menjadi perkebunan kelapa sawit monokultur mengakibatkan perubahan pada jenis komposisi tumbuhan dan mengarah kepada perubahan kuantitas, kualitas, dan proses dekomposisi (Vitousek 1982) yang dapat mempengaruhi fungsi ekosistem (Triadiati *et al.* 2011). Untuk memahami dinamika N pada ekosistem hutan ataupun pada perkebunan diperlukan analisis secara kuantitas dan kualitas terhadap serasah termasuk dekomposisi serasah. Pengetahuan tentang produktivitas dan dekomposisi serasah sebagai faktor dasar dalam siklus biogeokimia dari bahan organik perlu diperluas, khususnya dalam memperkirakan pengembalian hara, aliran C dan N dan perubahan aliran energi pada sistem transformasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penelitian tentang produktivitas dan dekomposisi serasah pada perubahan penggunaan lahan telah banyak dilakukan. Namun informasi tentang kualitas dan kuantitas serasah yang terdapat pada hutan hujan tropis dataran rendah dan perkebunan kelapa sawit masih belum ada, terutama di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian ini yang bertujuan untuk menentukan produktivitas dan dekomposisi serasah pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat. Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2012 sampai bulan September 2013 di hutan alam dan perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi (untuk pengambilan sampel) dan dilanjutkan di laboratorium Fisiologi Tumbuhan Biologi MIPA IPB.

Bahan dan Alat. Bahan yang digunakan adalah sampel serasah dari hutan alam dan perkebunan kelapa sawit. Alat yang digunakan adalah: alat penangkap serasah (*litter trap* dengan ukuran: 0.75 m x 0.75 m), *litter bag* (30 cm x 30 cm) dengan ukuran lubang 0.5 mm x 0.5 mm, timbangan analitik, dan oven.

Pengambilan Sampel Serasah dan Pengukuran Produktivitas Serasah dan buah sawit. Pengambilan sampel serasah dilakukan dengan menggunakan *litter trap* (alat penangkap serasah) yang ditempatkan pada lokasi pengamatan. Alat penangkap serasah dibuat dengan kasa dari nylon dengan rangka tabung PVC, ukuran permukaan penangkap 0.75 m x 0.75 m. Alat ini dipasang pada ketinggian sekitar 50 cm dari permukaan tanah, masing-masing dipasang secara acak sebanyak 16 buah untuk setiap lokasi pengamatan pada hutan alam. Serasah yang telah dikumpulkan dipisahkan komponen daun, ranting, dan bagian reproduksi untuk dikeringkan dengan oven pada suhu 80°C sampai bobot konstan dan dihitung produktivitas serasahnya per satuan luas. Pengambilan serasah ini dilakukan setiap satu bulan selama setahun pengamatan.

Pada perkebunan kelapa sawit produktivitas serasah dilihat dari pelepah yang dipotong oleh petani yang dilakukan pada saat panen termasuk buah yang dipanen pada setiap bulannya per satuan luas. Pelepah dan buah yang dipanen di timbang bobot basah dan kemudian diambil subsampel dari pelepah dan buah masing-masing sebanyak 100 g untuk ditentukan bobot keringnya, dengan cara memanaskan sampel tersebut dalam oven 80°C selama 48 jam. Bobot kering total dihitung dengan rumus (Contreras *et al.* 2012):

$$B_{Kt} = \frac{(BBt \times BKs)}{BBs}$$

BKt adalah bobot kering total, BBt adalah bobot basah total, BBs adalah bobot basah subsampel dan BKs adalah bobot kering subsampel.

Pengukuran Dekomposisi Serasah. Bahan serasah segar ditempatkan pada *litter bag*. Untuk setiap lokasi ditempatkan 24 buah kantong serasah selama setahun waktu penelitian. Kantong serasah ditempatkan secara acak di permukaan lantai hutan dan untuk menghindari terjadinya perpindahan atau pertukaran tempat, kantong serasah diikat pada paku yang telah ditancapkan di tanah. Setiap sebulan sekali dilakukan pengambilan kantong serasah. Serasah yang telah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

diperoleh dikeringkan dengan oven pada suhu 80°C sampai bobot konstan. Sampel serasah yang telah kering dan telah ditimbang, kemudian disimpan di dalam plastik untuk ditentukan kandungan unsur hara yaitu: N-total (metode Kjeldahl) dan C-organik (metode Walkley dan Black) dan dilihat rasio C/N yang dihasilkan, yang akan menentukan kemampuan dekomposisi serasah.

Konstanta laju dekomposisi serasah ditentukan dengan menggunakan pendekatan regresi dan persamaan eksponensial (Olson 1963), dengan rumus berikut:

$$\ln \left(\frac{X_t}{X_0} \right) = -kt$$

X_t adalah bobot serasah setelah waktu t, t adalah waktu (hari), X₀ adalah bobot serasah segar dan k adalah konstanta laju dekomposisi.

Laju dekomposisi ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Laju dekomposisi} = \frac{\text{Kehilangan bobot kering (\%)}}{\text{Waktu inkubasi (hari)}}$$

Pelepasan Hara Serasah. Pelepasan hara serasah diukur berdasarkan metode Guo dan Sim (1999) yaitu dengan melihat hilangnya bobot serasah yaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$R (\%) = \frac{(BoCo - BtCt)}{BoCo} \times 100$$

R adalah pelepasan hara, Bo adalah bobot kering awal sebelum eksperimen dimulai, Bt adalah bobot kering pada waktu t, dan Co adalah konsentrasi hara pada serasah awal, Ct adalah konsentrasi hara pada sisa serasah.

Kurva periodik. Kurva periodik diperoleh berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Little dan Hills (1977). Data perbulan yang diperoleh selama 1 tahun yang dikaitkan dengan faktor iklim (curah hujan, temperatur udara, kelembapan udara, penyinaran). Kurva periodik membutuhkan dua nilai P yaitu PU_i (ΣU_iY) dan PV (ΣV_iY), Y adalah data variabel bulanan dan data iklim bulanan, U_i adalah cos CX, V_i adalah sin CX (X adalah bulan, bulan pertama dianggap bulan ke-0, dan bulan selanjutnya bulan ke-1, begitu seterusnya, C=1/12 x 360). Selain itu diperlukan nilai PU₁, PV₁ untuk kurva derajat pertama dan PU₂, PV₂ untuk derajat kurva ke-2. Kurva periodik dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Derajat pertama:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 \cos CX + b_1 \sin CX$$

$$a_0 = \sum Y/n$$

$$a_1 = 2 PU_1/n$$

$$b_1 = 2 PV_1/n$$

Derajat kedua:

$$\hat{Y} = a_0 + a_1 \cos CX + b_1 \sin CX + a_2 \cos 2CX + b_2 \sin 2CX$$

$$a_2 = 2 PU_2/n$$

$$b_2 = 2 PV_2/n$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

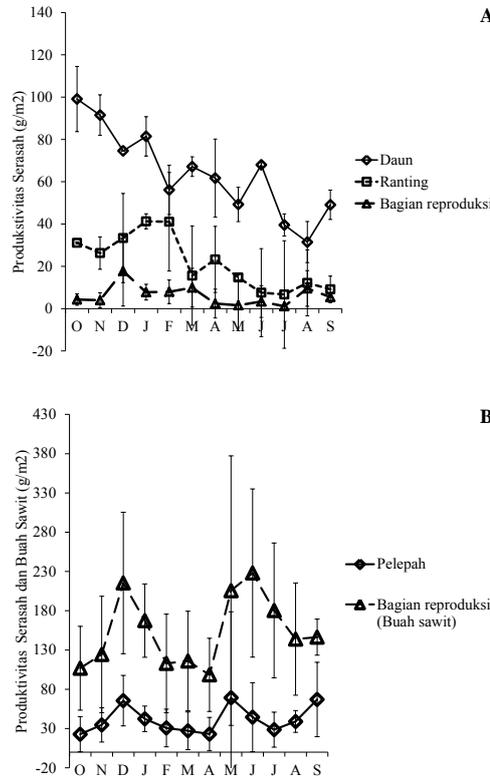
Kurva periodik terdiri dari sumbu X (bulan) dan sumbu Y (rerata deviasi). Rerata deviasi adalah nilai derajat kedua dari tiap parameter.

Analisis data. Data produksi serasah, dekomposisi serasah, pelepasan N dan C dianalisis dengan menggunakan *Independence sample T-test*. Untuk menentukan korelasi antara masing-masing parameter digunakan analisis regresi dan korelasi Pearson's. Semua diuji pada tingkat signifikan adalah $p < 0.05$. Semua data dianalisis dengan menggunakan SPSS 17.0 software.

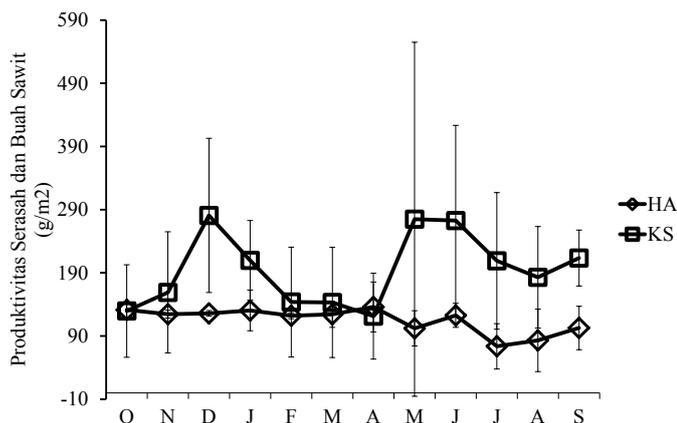
Hasil

Produktivitas serasah dan buah sawit. Pola produktivitas serasah dan buah sawit berbeda antara HA dan KS (Gambar 4.1 dan 4.2). Daun menjadi komponen serasah yang berkontribusi besar terhadap produktivitas serasah dan diikuti oleh ranting dan bagian reproduksi pada lokasi HA (Gambar 4.1.A), sedangkan pada lokasi KS, buah sawit menjadi komponen paling besar diproduksi dibandingkan serasah pelepah (Gambar 4.1.B). Pada umumnya terdapat perbedaan signifikan ($p < 0.05$) dan perbedaan pola produksi pada masing-masing bagian serasah untuk kedua lokasi (HA dan KS) dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2.

Produktivitas serasah pada KS lebih rendah dibandingkan dengan HA (Gambar 4.2 dan Tabel 4.1). Produktivitas serasah tertinggi pada HA terjadi pada bulan April 2013, sedangkan pada KS terjadi pada bulan Desember 2012, Mei dan Juni 2013 (Gambar 4.2).



Gambar 4.1 Produktivitas setiap bagian serasah dan buah sawit dari Oktober 2012 sampai September 2013 pada hutan alam (A) dan perkebunan kelapa sawit (B). Data menunjukkan nilai rata-rata±SD



Gambar 4.2 Produktivitas serasah pada hutan alam (HA) dan total produktivitas serasah pelepah dan buah sawit pada perkebunan kelapa sawit (KS) (g/m^2) dari Oktober 2012 sampai September 2013 pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS). Data menunjukkan nilai rata-rata \pm SD

Tabel 4.1. Produktivitas serasah dan buah sawit ($\text{kg/m}^2/\text{tahun}$) pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Produktivitas serasah dan buah sawit tahunan ($\text{kg/m}^2/\text{tahun}$)
Hutan Alam (HA)	1.4 \pm 0.2
Perkebunan Kelapa Sawit (KS)	
Serasah pelepah	0.5 \pm 0.3
Buah sawit	1.8 \pm 0.8

Data menunjukkan nilai rata-rata \pm SD

Analisis korelasi pada produksi serasah terhadap kepadatan pohon dan terhadap total basal area menunjukkan bahwa tidak terdapat korelasi pada keduanya, kecuali pada lokasi HA terhadap kepadatan pohon, namun korelasi ini sangat lemah pada $p < 0.05$ (Tabel 4.2).

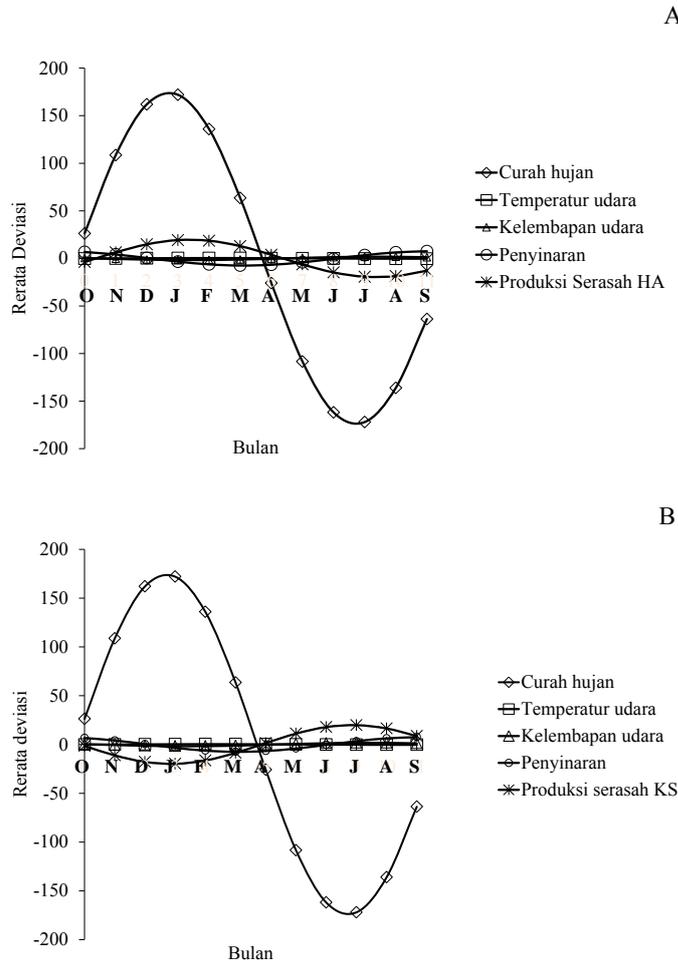
Tabel 4.2 Hubungan produksi serasah (g/m^2) terhadap basal area dan kepadatan pohon pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Parameter	Sumber	Korelasi	
			r (pearson's)	p
Hutan Alam (HA)	Produksi serasah (g/m^2)	Kepadatan pohon (jumlah/ha)	-0.35*	0.03
		Total Basal area (m^2/ha)	-0.25	0.15
Perkebunan Kelapa Sawit (KS)	Produksi serasah (g/m^2)	Kepadatan pohon (jumlah/ha)	0.05	0.79
		Total Basal area (m^2/ha)	-0.15	0.19

*Signifikan pada $p < 0.05$

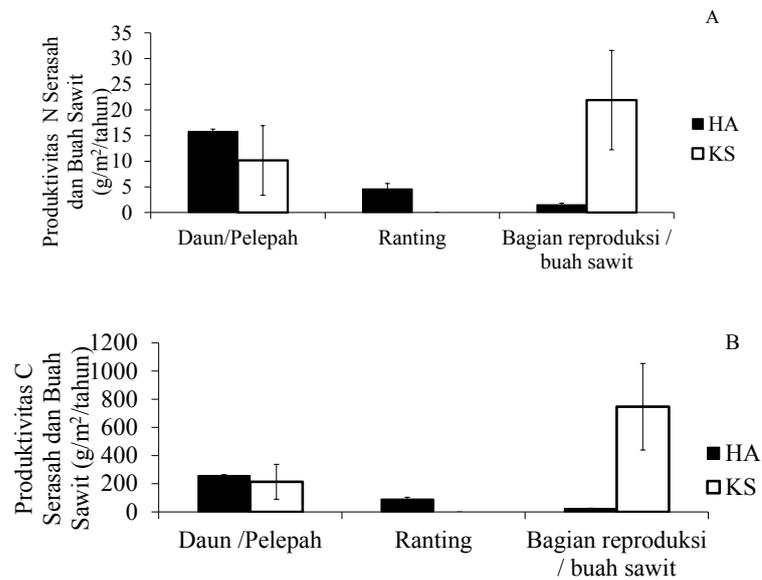
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Kurva periodik produksi bulanan serasah dan beberapa faktor iklim (curah hujan, temperatur udara, kelembapan udara, dan penyinaran) memperlihatkan pola yang berbeda antara KS dan HA (Gambar 4.3). Berdasarkan kurva periodik ini dapat diketahui beberapa hal: a) periode curah hujan tinggi (Oktober sampai April) dan periode curah hujan rendah (April sampai September); b) periode temperatur udara tinggi (Desember sampai Mei) dan periode temperatur udara rendah (Mei sampai Desember); c) Periode kelembapan udara rendah (Oktober sampai April) dan periode kelembapan udara tinggi (April sampai September); d) periode penyinaran tinggi (Desember sampai Mei) dan periode penyinaran rendah (Mei sampai Desember) (Gambar 4.3); e) produksi serasah tinggi (November sampai April) dan produksi serasah rendah (April sampai Oktober) pada HA (Gambar 4.3.A); f) produksi serasah rendah (Oktober sampai Maret) dan tinggi (April sampai September) pada KS (Gambar 4.3.B). Produksi serasah tertinggi pada HA terjadi pada periode curah hujan tinggi, temperatur udara tinggi, kelembapan udara rendah, dan penyinaran rendah (Gambar 4.3.A), namun pada KS produksi serasah tinggi terjadi pada periode curah hujan rendah, temperatur udara rendah, kelembapan udara tinggi, dan penyinaran tinggi (Gambar 4.3.B).



Gambar 4.3 Kurva periodik produksi serasah pada bulan Oktober 2012 sampai September 2013 pada hutan alam (A) dan perkebunan kelapa sawit (B) dan beberapa faktor lingkungan (curah hujan, temperatur udara, kelembapan udara, dan penyinaran)

Produktivitas N tertinggi terjadi pada bagian reproduksi (buah sawit) pada KS, diikuti oleh serasah pelepah sawit dan memperlihatkan perbedaan signifikan ($p < 0.05$) antar bagian serasah lainnya. Pada HA produktivitas N tertinggi terjadi pada serasah daun, diikuti oleh ranting dan bagian reproduksi (Gambar 4.4.A). Pada umumnya terjadi perbedaan signifikan ($p < 0.05$) antara kedua lokasi penelitian kecuali pada bagian daun/pelepah (Gambar 4.4.A). Hal yang sama juga terjadi pada produktivitas C serasah. Produktivitas C tertinggi terjadi pada buah sawit diikuti oleh serasah pelepah sawit pada KS. Pada HA, produktivitas C didominasi oleh serasah daun yang diikuti oleh ranting, sedangkan bagian reproduksi menghasilkan kandungan C yang sedikit dan memperlihatkan perbedaan signifikan ($p < 0.05$) antara ketiganya (Gambar 4.4.B).



Gambar 4.4 Produktivitas N dan C dari serasah dan buah sawit pada hutan (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS). Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

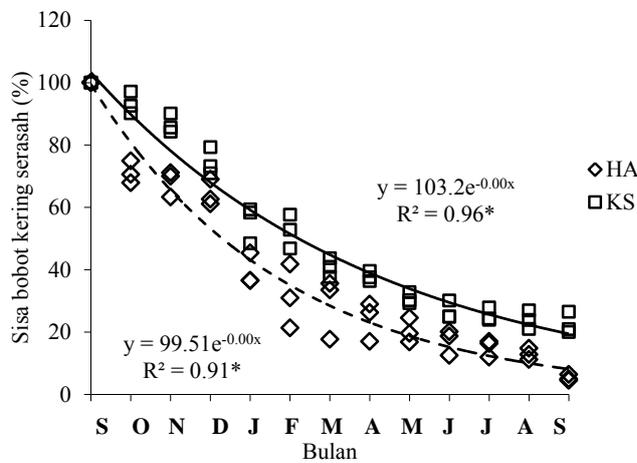
Dekomposisi dan Pelepasan hara serasah. Kandungan N serasah daun sebelum dekomposisi pada HA lebih tinggi dari pada KS, sedangkan kandungan C dan rasio C/N serasah daun sebelum dekomposisi pada HA lebih rendah dari pada KS (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 Kandungan N dan C awal serasah daun/pelepah sebelum dekomposisi pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Bagian tumbuhan	Kandungan N dan C sebelum dekomposisi		
		C (%)	N (%)	C:N
Hutan alam (HA)	Serasah daun	40.2±1.0	1.7±0.3	24.2±4.6
Perkebunan kelapa sawit (KS)	Serasah Pelepah	41.1±0.7	1.5±0.1	27.8±5.9

Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Penurunan bobot kering serasah dan perbedaan konstanta laju dekomposisi (*k*) pada serasah daun HA dan serasah pelepah KS terjadi selama 12 bulan pengamatan (Gambar 4.5 dan 4.6). Penurunan bobot kering terjadi seiring dengan lamanya dekomposisi pada HA dan KS (Gambar 4.5). Pengurangan bobot kering serasah daun/pelepah berlangsung cepat pada HA dibandingkan KS. Pada bulan pertama pengamatan terjadi penurunan bobot kering pada HA secara drastis yakni mencapai 28.8%, sedangkan pada KS hanya mencapai 6.7%. Penurunan tajam kembali terjadi antara bulan Desember dan Januari. Pada KS, penurunan cukup tajam terjadi diantara bulan Desember dan Januari (Gambar 4.5). Penurunan bobot kering serasah terus terjadi sampai periode satu tahun pengamatan. Pada akhir pengamatan terlihat sisa bobot kering serasah daun (%) yang diperoleh pada HA lebih rendah dibandingkan dengan KS yakni masing-masing 5.3% dan 22.5% (Gambar 4.5 dan Tabel 4.4).



Gambar 4.5 Kurva eksponensial dari bobot kering serasah daun/pelepah (%) pada proses dekomposisi selama 12 bulan pengamatan, dari bulan September 2012 sampai bulan September 2013 pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Konstanta laju dekomposisi dan laju dekomposisi serasah setelah 1 tahun periode dekomposisi pada HA lebih tinggi dibandingkan dengan KS dan terlihat signifikan antara keduanya (Tabel 4.4).

Tabel 4.4 Sisa bobot kering (%), konstanta laju dekomposisi, dan laju dekomposisi serasah daun setelah 1 tahun periode dekomposisi pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Sisa bobot kering (%) serasah daun setelah 1 tahun periode dekomposisi	Konstanta laju dekomposisi (<i>k</i>) serasah daun setelah 1 tahun periode dekomposisi	Laju dekomposisi (%/hari) serasah daun setelah 1 tahun periode dekomposisi
Hutan alam (HA)	5.3±1.0	2.9±0.2	0.3±0.0
Perkebunan kelapa sawit (KS)	22.5±3.5	1.5±0.2	0.2±0.1

Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Bogor Agricultural University
 Hal ini adalah milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

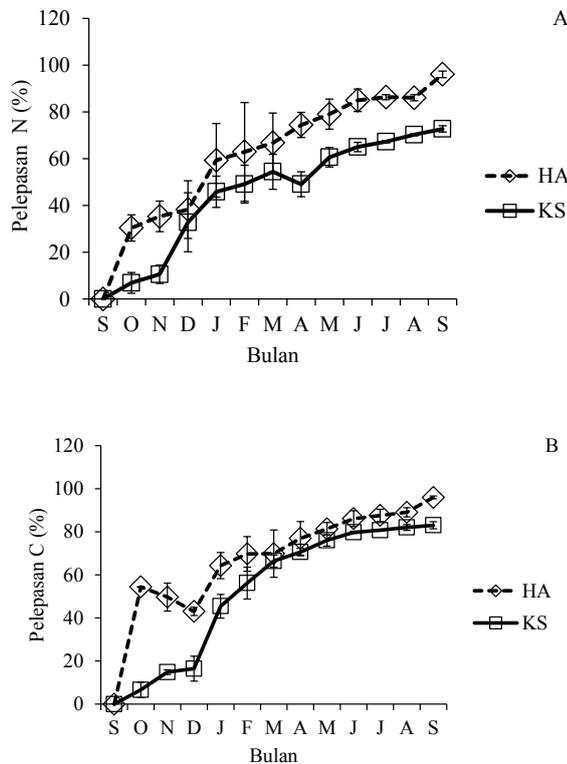
Korelasi positif terjadi antara konstanta laju dekomposisi dan kandungan N awal (sebelum dekomposisi) dan korelasi negatif terjadi antara konstanta laju dekomposisi dan kandungan C serta konstanta laju dekomposisi dan rasio C/N (Tabel 4.5). Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa pada umumnya terdapat hubungan signifikan pada $p < 0.01$, kecuali pada C (Tabel 4.5).

Tabel 4.5 Korelasi antara konstanta laju dekomposisi dan kandungan N, C, dan rasio C/N awal serasah

Parameter	Sumber	Korelasi	
		r (pearson's)	P
Konstanta laju dekomposisi (<i>k</i>)	Kandungan N (%)	0.77**	0.00
	Kandungan C (%)	-0.32	0.31
	Rasio C/N	-0.79**	0.00

**signifikan pada $p < 0.01$ (pearson's)

Pelepasan hara (N dan C) meningkat seiring dengan lamanya waktu dekomposisi. Pelepasan hara tertinggi terjadi pada HA untuk keduanya hara N dan C, masing-masingnya mencapai 96.1 % dan 96.0% (Gambar 4.7), sedangkan pada KS masing-masing 72.8% dan 83.0%. Pada umumnya terjadi perbedaan signifikan ($p < 0.05$) antara pelepasan hara N dan C pada tiap bulan proses dekomposisi antara HA dan KS (Gambar 4.7).



Gambar 4.6 Pelepasan N (A), dan C (B) serasah daun pada hutan (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS) selama 12 bulan waktu dekomposisi. Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Pembahasan

Produktivitas serasah. Secara keseluruhan produktivitas serasah tahunan pada HA mencapai $1.4 \text{ kg/m}^2/\text{tahun}$. Hasil yang sama diperoleh oleh Triadiati *et al.* (2011), bahwa produktivitas serasah tahunan pada hutan hujan tropis di Sulawesi Tengah, Indonesia mencapai $1.4 \text{ kg/m}^2/\text{tahun}$. Lain halnya dengan hasil penelitian Lowman (1988), bahwa produktivitas serasah pada hutan hujan tropis di Australia mencapai $0.7 \text{ kg/m}^2/\text{tahun}$. Perbedaan produktivitas serasah ini terjadi karena perbedaan keragaman tumbuhan dan iklim pada masing-masing lokasi penelitian (Lowman 1988). Pada KS, produktivitas serasah lebih rendah dari pada HA yakni mencapai $0.5 \text{ kg/m}^2/\text{tahun}$. Rendahnya produktivitas serasah pada KS ini disebabkan karena buah sawit yang seharusnya dikembalikan ke sistem sebagai serasah, keluar dari sistem.

Daun menjadi komponen serasah yang berkontribusi terbesar terhadap produktivitas serasah pada HA yang diikuti oleh ranting dan bagian reproduksi. Hal ini sesuai dengan penelitian Smith *et al.* (1998), bahwa produksi serasah tertinggi terjadi pada serasah daun, dan umumnya diikuti oleh bagian batang dan atau cabang, dan bagian reproduksi baik itu pada hutan alam dan pada tiga jenis perkebunan yaitu perkebunan *Pinus caribae*, *Carapa guianensis* dan *Euxylophora paraensis*. Tingginya produksi serasah daun ini disebabkan karena siklus hidup daun lebih singkat dibandingkan dengan ranting dan bagian reproduksi (Aerts 1996).

Tidak demikian yang terjadi pada KS, buah sawit yang menjadi bagian yang memiliki produksi tinggi dibandingkan dengan produksi serasah pelepah yakni mencapai 79.6% dari total produksi serasah dan buah sawit, namun buah sawit ini tidak dikembalikan ke sistem, sehingga banyak hara yang hilang pada KS. Hal ini juga terlihat pada produktivitas N dan C serasah pelepah dan buah sawit KS. Produksi N dan C pada buah sawit ini mencapai masing-masing 68.3% dan 77.8% dari total produksi N dan C serasah pelepah dan buah sawit yang dihasilkan, namun buah sawit ini tidak dikembalikan ke sistem. Lain halnya dengan HA, semua serasah yang dihasilkan dikembalikan ke sistem, sehingga dapat berfungsi sebagai sumber hara (seperti: N, P, K, Mg, dan Ca) bagi tumbuhan melalui proses dekomposisi.

Perkebunan kelapa sawit yang ditanam secara monokultur memiliki tingkat produksi serasah yang lebih rendah dibandingkan dengan hutan alam dengan keragaman tinggi. Buah sawit seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, diambil dan tidak mengalami pengembalian hara yang dianggap sebagai hara yang hilang.

Produksi serasah pelepah pada KS ini lebih dipengaruhi oleh pemanenan yang dilakukan oleh para petani, selain juga oleh faktor lingkungan. Pemetongan pelepah sawit selama proses panen dan juga pembersihan pelepah kuning akibat senesen dan akibat terkena semprotan hama, menambah banyak produksi serasah pada KS. Produksi serasah pelepah dan buah sawit ini dipengaruhi oleh pemupukan yang diberikan secara intensif. Menurut Witt *et al.* (2005) dan Danyo (2013) pemupukan diberikan pada perkebunan kelapa sawit berguna untuk mengimbangi kehilangan hara akibat pemanenan, hal ini menjadi faktor utama yang menentukan tingginya produksi pada perkebunan kelapa sawit. Pada KS, terjadi pemetongan pelepah setiap pemanenan dilakukan. Pada kondisi tertentu petani tidak memotong bagian pelepah pohon saat pemanenan dilakukan,

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

sehingga terjadi penurunan produksi serasah. Berdasarkan siklus hidup pelepah kelapa sawit, dibutuhkan waktu selama 4 tahun dari mulai muncul pucuk daun sampai senesen, sementara pada daun pohon di hutan siklus hidup daun lebih singkat (Aerts 1996). Oleh karena itu serasah daun pada lokasi KS pada penelitian ini bukan daun senesen, tetapi pelepah yang dipotong oleh petani. Pada kondisi tertentu petani memotong pelepah dalam skala besar. Pada saat banyak pelepah yang menguning pada bulan September 2013, produksi buah sawit rendah, sementara produksi pelepah tinggi.

Produksi serasah dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya oleh kepadatan pohon. Produksi serasah meningkat seiring dengan penurunan kepadatan pohon. Hal ini terjadi kemungkinan karena rendahnya keragaman pohon pada lokasi penelitian, namun pengaruh ini sangat lemah. Pada penelitian ini banyaknya jumlah pohon pada suatu ekosistem tidak dapat meningkatkan produksi serasah. Kemungkinan jenis tumbuhan yang berada pada suatu ekosistem lebih berpengaruh besar terhadap tingginya produksi serasah (Rosleine *et al.* 2006), selain faktor lingkungan lainnya seperti faktor iklim. Menurut Bernhard-Reversat and Loumeto (2002) dan Andivia *et al.* (2012), bahwa faktor iklim seperti: curah hujan menjadi faktor penentu dalam produksi serasah.

Produksi serasah dipengaruhi oleh faktor iklim terutama curah hujan dan kelembapan udara. Hal ini sesuai dengan pendapat Zheng *et al.* (2006) dan Triadiati *et al.* (2011), bahwa produksi serasah dipengaruhi oleh faktor iklim terutama kelembapan udara, temperatur udara dan curah hujan (Sukardjo 1996; Triadiati *et al.* 2011), sedangkan produksi serasah kelapa sawit meningkat ketika periode curah hujan dan temperatur udara rendah, kelembapan udara dan penyinaran tinggi. Menurut Zhu *et al.* (2008), pohon kelapa sawit tumbuh dan menghasilkan produksi yang optimal pada kondisi lingkungan panas (intensitas cahaya tinggi), dengan temperatur udara optimal berkisar antara 24-27°C dan curah hujan tahunan berkisar antara 2000 - 3000 mm. Tumbuhan kelapa sawit yang tidak tahan terhadap naungan, membutuhkan penyinaran sekitar 4-5 jam sehari untuk meningkatkan produksi, hal ini menjadi penyebab tingginya produksi serasah KS pada periode penyinaran tinggi. Bagaimanapun juga ekosistem yang berbeda akan dipengaruhi oleh variabel iklim yang berbeda pula (Yuan dan Chen 2010).

Dekomposisi dan Pelepasan hara serasah. Penurunan bobot kering dan konstanta laju dekomposisi serasah daun pada HA jauh lebih cepat dibandingkan dengan KS, terutama pada 30 hari pertama dekomposisi. Penurunan bobot kering terjadi cukup drastis pada periode ini terutama pada HA. Pada tahap ini bobot serasah menurun mengikuti hilangnya bahan-bahan yang mudah larut dalam air, yaitu yang memiliki struktur sederhana dan ukuran molekul kecil seperti; glukosa, asam amino dan senyawa fenol lainnya. Setelah bahan ini habis terdekomposisi (yakni sampai 6 bulan dekomposisi) (McClagherty 2001), yang tersisa adalah bahan yang memiliki struktur yang lebih kompleks dan ukuran molekul yang jauh lebih besar seperti lignin dan selulosa. Pada tahap ini penurunan bobot kering serasah berlangsung mulai melambat (Berg dan McClagherty 2008). Perubahan secara fisika dan kimia terjadi pada proses dekomposisi. Proses perubahan fisika pada umumnya terjadi pada tahap awal proses dekomposisi. Pada proses kimia mikroorganisme akan merombak serasah secara enzimatik untuk menghasilkan karbon, hara lainnya dan energi untuk pertumbuhan dan reproduksi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

(McClaugherty 2001). Pada proses kimia ini terjadi proses oksidasi dan kondensasi serasah selama dekomposisi (Berg dan McClaugherty 2008).

Pada akhir pengamatan (12 bulan inkubasi) terlihat sisa bobot kering serasah daun pada KS masih tinggi, yakni mencapai 20%. Menurut Haron and Anderson (2000) bahwa persen sisa bobot kering pada dekomposisi pelepah kelapa sawit berkisar antara 5-20% selama 12 bulan dekomposisi. Konstanta laju dekomposisi serasah meningkat seiring dengan lamanya periode dekomposisi. Menurut Berg dan McClaugherty (2008) bahwa konstanta laju dekomposisi menjadi indikator pengembalian hara pada ekosistem terestrial. Hutan alam memiliki laju dekomposisi lebih tinggi dari pada KS, sehingga dapat dikatakan bahwa pengembalian hara yang bersumber dari serasah daun/pelepah pada KS lebih lambat dari pada HA.

Penurunan bobot kering selama proses dekomposisi berlangsung lambat pada KS dibandingkan HA. Hal ini salah satunya disebabkan karena perbedaan kandungan hara pada serasah. Menurut Vitousek (1982) bahwa perbedaan kandungan hara pada serasah akan mempengaruhi penurunan bobot kering serasah selama proses dekomposisi. Kandungan N yang tinggi sebelum dekomposisi akan meningkatkan konstanta laju dekomposisi serasah, sebaliknya peningkatan rasio C/N serasah sebelum dekomposisi akan menurunkan konstanta laju dekomposisi serasah. Hasil yang sama diperoleh oleh Singh *et al.* (1999), Semwal *et al.* (2003), Scherer-Lorenzen *et al.* (2007), Zhang *et al.* (2008) bahwa konstanta laju dekomposisi meningkat ketika N serasah tinggi dan rasio C/N serasah rendah. Tambahan lagi menurut Wenyou *et al.* (2000), Xu and Hirata (2005) bahwa kandungan N dan lignin serta rasio lignin/N pada serasah daun merupakan faktor penentu proses dekomposisi dibandingkan dengan parameter kualitas serasah lainnya. Taylor *et al.* (1989), Bosire *et al.* (2005) menyatakan bahwa selain rasio lignin/N, rasio C/N juga merupakan parameter kualitas serasah yang menentukan proses dekomposisi serasah.

Perkebunan kelapa sawit menghasilkan sejumlah produk sekunder perkebunan antara lain pelepah dan tandan buah kosong. Produk sekunder ini dapat membantu pengembalian hara pada perkebunan kelapa sawit melalui proses dekomposisi (Salétes *et al.* 2004). Namun pada lokasi penelitian ini petani sawit tidak mengaplikasikan tandan kosong sawit ke lahan sawit, sehingga banyak hara yang keluar dari sistem. Jika limbah yang ada pada perkebunan kelapa sawit dikelola dengan baik dengan membuat kompos sebagai tambahan hara bagi tumbuhan, maka akan menurunkan besarnya kehilangan hara dan meningkatkan kandungan hara tanah termasuk N melalui proses dekomposisi, sehingga diharapkan dapat mengatasi berbagai permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh perkebunan kelapa sawit. Menurut Isaac dan Nair (2005) bahwa proses dekomposisi dapat memperbaiki ketersediaan status hara tanah terutama NPK tanah.

Selain kualitas serasah, faktor lingkungan juga akan mempengaruhi laju dekomposisi. Terlihat bahwa pada bulan Desember ketika curah hujan tinggi, penurunan bobot kering terjadi cukup tajam mencapai 60.5% pada HA dan 53.2% pada KS dari bobot kering awal. Menurut Cusack *et al.* (2009) bahwa proses dekomposisi sensitif terhadap iklim pada hutan tropis. Dekomposisi serasah semakin cepat dengan meningkatnya curah hujan dan temperatur udara (Li-Xin *et al.* 2003). Singh *et al.* (1999) menambahkan bahwa rerata konstanta laju

dekomposisi serasah daun maksimum terjadi pada musim hujan dan minimum pada musim panas. Curah hujan, temperatur udara (Pausas 1997, Singh *et al.* 1999), dan kelembapan udara (Keane 2008) menjadi faktor utama yang mempengaruhi konstanta laju dekomposisi serasah.

Pelepasan hara serasah meningkat seiring dengan lamanya dekomposisi pada kedua lokasi penelitian HA dan KS. Menurut Gosz *et al.* (1973) bahwa jumlah peningkatan pelepasan hara ini dipengaruhi oleh rasio C/unsur dalam jaringan daun. Rasio C/Unsur pada dekomposisi serasah bervariasi antar jenis tumbuhan. Jacob *et al.* (2009) menambahkan bahwa, jumlah jenis pohon bukanlah faktor utama yang menentukan pelepasan hara dan proses dekomposisi, tapi fauna dekomposer dan sifat khas dari individu pohon lebih menentukan. Jadi dapat dikatakan bahwa tidak hanya kualitas serasah yang menentukan proses dekomposisi, tetapi didukung oleh faktor lingkungan lainnya seperti faktor iklim. Menurut Gosz *et al.* (1973) bahwa beberapa faktor yang berkontribusi terhadap dekomposisi adalah kandungan hara serasah, kondisi lingkungan, dan kondisi jaringan tumbuhan.

Simpulan

Pola produktivitas serasah pada hutan alam berbeda dengan pola produktivitas serasah pelepah dan buah sawit pada perkebunan kelapa sawit. Produktivitas serasah pelepah pada KS lebih rendah dari pada HA. Buah sawit yang memiliki produktivitas tertinggi tidak dikembalikan ke sistem, yakni mencapai 79.6% dari total produksi serasah pelepah dan buah sawit.

Iklim mempengaruhi produksi serasah pada kedua tipe ekosistem (HA dan KS), terutama curah hujan dan kelembapan udara. Selain faktor iklim, kepadatan pohon juga mempengaruhi produksi serasah terutama pada HA, namun pengaruhnya relatif kecil.

Konstanta laju dekomposisi pada HA lebih tinggi dari pada KS yang mengindikasikan bahwa pengembalian hara pada KS lebih lambat dari pada HA. Kualitas serasah (terutama kandungan N dan rasio C/N serasah) mempengaruhi konstanta laju dekomposisi. Konstanta laju dekomposisi meningkat seiring dengan tingginya N dan rendahnya rasio C/N serasah.

5 PRODUKTIVITAS DAN DEKOMPOSISI AKAR HALUS PADA HUTAN TAMAN NASIONAL BUKIT DUABELAS DAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI KABUPATEN SAROLANGUN, JAMBI

(Fine Root Productivity and Decomposition at Bukit 12 National Park and Oil
Palm Plantation in Sarolangun, Jambi)

Abstract

Transformation of tropical rainforest into oil palm plantation not only has impacts on biodiversity, but also on ecosystem functions such as production and decomposition of fine root as a nutrient source for plant. The objective of the research was to evaluate fine root productivity and decomposition rate of oil palm plantation (KS) and natural forest (HA) in Bukit 12 National Park Sarolangun, Jambi. The soil core and litter bag methods were used in this research. The result showed that generally, there was same pattern in fine root production between KS and HA. The annual fine root productivity was found to be higher in HA than that of KS. Rainfall in HA and temperatur udarae in HA and KS were the most significant climate factors affecting fine root production. The remaining fine root biomass decreased as the incubation time increased. The decomposition rate constant (k) was significantly higher in HA than that of KS. Our data showed that the nutrient turn-over of HA fine root was faster than KS fine root. Nitrogen, carbon content and C/N ratio were the main factors that influenced fine root decomposition.

Key words: fine root, land use change, N and C content, C/N ratio, nutrient turn-over

Pendahuluan

Transformasi hutan hujan tropis menjadi sistem perkebunan tidak hanya mengakibatkan kehilangan keragaman makhluk hidup (Koh dan Wilcove 2008), tetapi juga berpengaruh besar terhadap fungsi ekosistem (Triadiati *et al.* 2011) seperti ketersediaan nitrogen yang salah satunya bersumber dari akar halus. Akar halus memegang peranan penting dalam pemenuhan siklus hara pada ekosistem hutan (Santantonio dan Hermann 1985). Akar halus diketahui sebagai penampung dari karbon melalui fotosintesis (Jackson *et a.* 1997). Akar memberikan lintasan untuk pergerakan karbon dan energi dari kanopi ke tanah, karena itu produksi akar dan pengembalian akar secara langsung mempengaruhi siklus biogeokimia dari karbon dan nitrogen (Jackson *et al.* 1997). Akar halus dengan ukuran diameter yang kecil (≤ 2 mm), masa hidup yang pendek, dan rendahnya rasio C/N dari akar halus akan mempengaruhi pengembalian hara dan laju dekomposisi (Hendrick dan Pregitzer 1993). Tingginya kecepatan pertumbuhan dan pengembalian hara pada akar halus ini sangat penting dalam siklus hara termasuk siklus N. Oleh karena itu

sistem transformasi akan mempengaruhi sistem akar halus, pengembalian hara, dan siklus hara pada ekosistem (Silver *et al.* 2005).

Transformasi hutan alam menjadi perkebunan telah terjadi secara besar-besaran yang mengakibatkan perubahan siklus hara termasuk perubahan produksi dan dekomposisi akar halus pada ekosistem di Sumatera termasuk di provinsi Jambi. Yang *et al.* (2004) menyatakan bahwa perubahan hutan alam menjadi perkebunan pohon akan menurunkan produksi akar halus, khususnya pada lapisan tanah paling atas (kedalaman 10 cm), penurunan produksi akar halus, termasuk penurunan produksi serasah di permukaan tanah akan mengakibatkan penurunan bahan organik tanah dan keberadaan hara tanah (Yang *et al.* 2004). Selain itu Barbhuiya *et al.* (2012), menyatakan bahwa produksi dan biomassa akar halus di hutan akan berubah dengan adanya kerusakan hutan, seperti kerusakan karena adanya penebangan secara selektif, penebangan pohon secara besar-besaran (Barbhuiya *et al.* 2012, Gautam dan Mandal 2012) dan alih fungsi lahan (Yang *et al.* 2004, Leuschner *et al.* 2006).

Hutan hujan tropis di Provinsi Jambi telah banyak mengalami alih fungsi menjadi perkebunan, dan yang terluas adalah perkebunan kelapa sawit. Salah satu kawasan yang banyak mengalami sistem alih fungsi ini adalah daerah hutan lindung Taman Nasional Bukit Duabelas (TNBD).

Pentingnya akar halus sebagai sumber hara di TNBD perlu dipertimbangkan, khususnya dalam konteks perubahan penggunaan lahan yang akan mempengaruhi proses pengembalian hara dan ketersediaan hara di ekosistem terestrial termasuk TNBD. Untuk memprediksi pengaruh perubahan penggunaan lahan pada ekosistem *belowground*, khususnya pada akar halus, perlu untuk memahami produktivitas dan dekomposisi akar halus termasuk pengaruh faktor lingkungan dan kualitas serasah terhadap proses tersebut. Oleh karena itu penelitian tentang produksi dan dekomposisi akar halus pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit ini dibutuhkan dengan tujuan untuk menentukan produktivitas dan dekomposisi akar halus pada pohon hutan alam dan perkebunan kelapa sawit.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat. Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2012 sampai bulan September 2013 di hutan alam dan perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi dan dilanjutkan di laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Departemen Biologi, MIPA IPB.

Bahan dan Alat. Bahan yang digunakan adalah sampel akar halus dari hutan alam dan perkebunan kelapa sawit. Alat yang digunakan adalah: *litter bag* (18 cm x 18 cm) dengan ukuran lubang 0.25 mm x 0.25 mm, bor tanah, meteran, timbangan analitik, sekop, dan oven.

Produktivitas Akar Halus. Pengambilan akar halus dilakukan pada perkebunan kelapa sawit dan hutan alam. Sampel akar halus diambil dengan bor tanah dari setiap lokasi penelitian pada kedalaman 20 cm dari 20 titik. Titik pengambilan sampel akar halus ditentukan secara acak pada lokasi penelitian. Akar halus dengan diameter ≤ 2 mm dipilah berdasarkan akar halus mati dan hidup, serta tipe vegetasi (McClagherty *et al.* 1982), kriteria pemilahan berdasarkan McClagherty *et al.* (1982). Akar halus yang dikoleksi adalah akar

halus dari kelapa sawit dan pohon hutan. Semua sampel akar halus dioven pada suhu 80°C sampai bobot konstan dan dihitung bobot akar halus persatuan luas.

Dekomposisi akar halus. Dekomposisi akar halus ditentukan dengan menggunakan metode *litter bag*. Akar halus dikoleksi dari setiap tegakan pohon hingga kedalaman tanah 20 cm. Akar dicuci dengan air untuk menghilangkan partikel tanah yang melekat dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam (McClagherty *et al.* 1984), kemudian dipilih akar dengan diameter ≤ 2 mm. Akar yang hidup pada waktu dikoleksi dimasukkan ke dalam *litter bag* (Yang *et al.* 2004). Sebanyak 10 g sampel akar kering udara ditempatkan masing-masing pada daerah lokasi pengamatan tempat pengambilan sampel sebanyak 24 *litter bag* pada kedalaman 10 cm selama periode 12 bulan. Penempatan *litter bag* dilakukan secara acak pada lokasi penelitian. Pengamatan bobot sisa akar halus dilakukan dengan mengambil akar dari *litter bag* kemudian dibersihkan dari tanah yang menempel dan dikeringkan dengan oven pada 80°C hingga bobot konstan. Akar halus yang telah diketahui bobot konstannya kemudian dianalisis kandungan C-organik (metode Walkley dan Black) dan kandungan N total (metode Kjeldahl).

Konstanta laju dekomposisi serasah ditentukan dengan menggunakan pendekatan regresi dan persamaan eksponensial (Olson 1963), dengan rumus berikut:

$$\ln \left(\frac{X_t}{X_0} \right) = -kt$$

X_t adalah bobot serasah setelah waktu t , t adalah waktu (hari), X_0 adalah bobot serasah segar dan k adalah konstanta laju dekomposisi.

Laju dekomposisi ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Laju dekomposisi} = \frac{\text{Kehilangan bobot kering (\%)}}{\text{Waktu inkubasi (hari)}}$$

Pelepasan Hara akar halus. Pelepasan hara akar halus diukur berdasarkan metode Guo dan Sim (1999) yaitu dengan melihat hilangnya bobot serasah yaitu dengan rumus sebagai berikut:

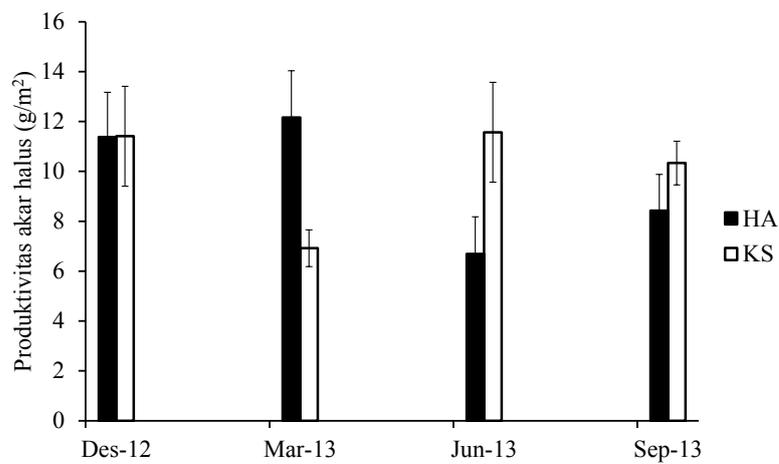
$$R (\%) = \frac{(BoCo - BtCt)}{BoCo} \times 100$$

R adalah pelepasan hara, Bo adalah bobot kering awal sebelum eksperimen dimulai, Bt adalah bobot kering pada waktu t , dan Co adalah konsentrasi hara pada serasah awal, Ct adalah konsentrasi hara pada sisa serasah.

Analisis data. Data produksi dan dekomposisi akar halus, pelepasan N dan C dianalisis dengan menggunakan *Independence sample T-test*. Semua data diuji dengan tingkat signifikan adalah $p < 0.05$. Untuk menentukan korelasi antara masing-masing parameter digunakan analisis regresi dan korelasi Pearson's. Semua data dianalisis dengan menggunakan SPSS 17.0 software.

Hasil

Produktivitas akar halus. Pada umumnya produktivitas akar halus antara HA dan KS memperlihatkan pola yang sama, kecuali pada bulan Maret dan Juni 2013. Pada bulan Maret produktivitas akar halus pada HA mencapai nilai tertinggi yakni 12.2 g/m², sebaliknya produktivitas akar halus pada KS mencapai nilai terendah yakni 6.9 g/m² (Gambar 5.1). Pada bulan Juni produktivitas akar halus pada KS mencapai nilai tertinggi yakni mencapai 11.6 g/m², sedangkan pada HA produktivitas akar halus mencapai nilai terendah yakni mencapai 6.7 g/m² dan terlihat signifikan ($p < 0.05$) antara kedua tipe ekosistem (Gambar 5.1). Produksi akar halus tahunan pada HA lebih rendah dari pada KS dan terlihat signifikan ($p < 0.05$) (Tabel 5.1).



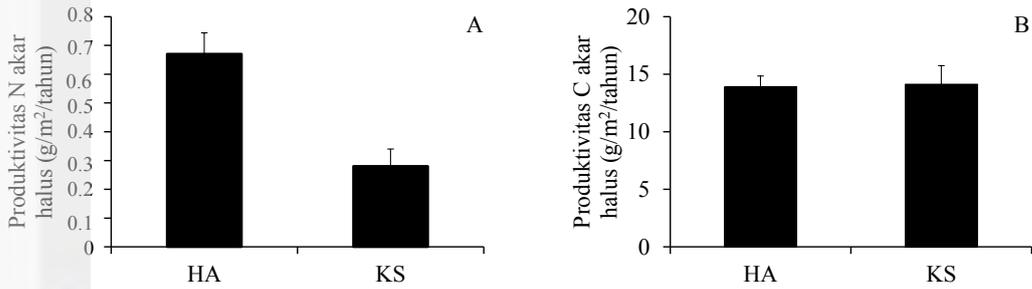
Gambar 5.1 Produktivitas akar halus (g/m²) pada bulan Desember 2012, Maret 2013, Juni 2013, dan September 2013 pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS). Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Tabel 5.1 Produktivitas tahunan akar halus (g/m²/tahun) pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Produktivitas akar halus (g/m ² /tahun)
Hutan alam (HA)	38.7±1.6
Perkebunan kelapa sawit (KS)	40.2±5.3

Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Produktivitas N akar halus pada ekosistem HA lebih tinggi dari pada KS yakni masing-masing mencapai nilai 0.7 g N/m²/tahun dan 0.3 g N/m²/tahun. Lain halnya dengan produktivitas C akar halus, terlihat tidak signifikan ($p > 0.05$) antara HA dan KS, yakni mencapai masing-masing 13.9 dan 14.1 g N/m²/tahun (Gambar 5.2).



Gambar 5.2 Produktivitas N dan C akar halus (g/m²/tahun) pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS). Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Produksi akar halus pada HA dipengaruhi oleh curah hujan dan temperatur udara, sedangkan produksi akar halus pada KS dipengaruhi oleh temperatur udara (Tabel 5.2). Faktor iklim lainnya seperti kelembapan udara dan penyinaran tidak menunjukkan adanya korelasi dengan produksi akar halus pada $p < 0.05$ (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Hasil analisis korelasi dan regresi linear pada pengaruh faktor iklim (curah hujan, temperatur udara, kelembapan udara, dan penyinaran) terhadap produksi akar halus pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Parameter	Sumber	Regresi		Korelasi	
			Persamaan	r ²	r (pearson's)	p
Hutan Alam (HA)	Produksi akar halus (g/m ²)	Curah hujan	$y = 0.01x + 9.44$	0.48	0.69*	0.01
		Temperatur udara	$y = 4.83x - 118.20$	0.39	0.62*	0.03
		Kelembapan udara	$y = -0.36x + 42.92$	0.24	-0.49	0.11
		Penyinaran	$y = -0.09x + 17.36$	0.04	-0.19	0.55
Perkebunan Kelapa Sawit (KS)	Produksi akar halus (g/m ²)	Curah hujan	$y = 0.004x + 10.65$	0.04	0.21	0.51
		Temperatur udara	$y = 6.77x - 171.40$	0.46	0.68*	0.01
		Kelembapan udara	$y = 0.02x + 10.30$	0.00	0.02	0.95
		Penyinaran	$y = 0.28x - 3.44$	0.22	0.47	0.12

*Signifikan pada $p < 0.05$

Produksi akar halus pada kedua lokasi penelitian (HA dan KS) tidak dipengaruhi oleh kepadatan pohon dan basal area ($p > 0.05$) (Tabel 5.3).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 5.3 Korelasi produksi akar halus terhadap kepadatan pohon dan total basal area pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Parameter	Sumber	Korelasi	
			r (pearson's)	P
Hutan Alam (HA)	Produksi akar halus (g/m ²)	Kepadatan pohon (jumlah/ha)	-0.02	0.95
		Total basal area (m ² /ha)	-0.24	0.44
Perkebunan Kelapa Sawit (KS)	Produksi akar halus(g/m ²)	Kepadatan pohon (jumlah/ha)	0.27	0.40
		Total basal area (m ² /ha)	0.19	0.55

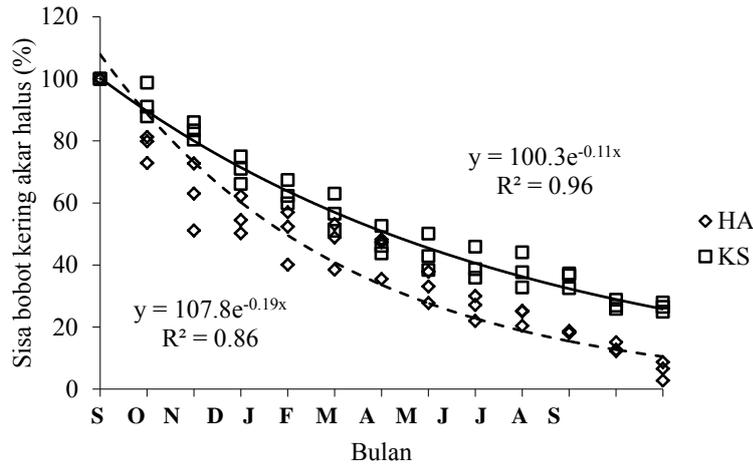
Dekomposisi dan Pelepasan Hara Akar Halus. Kandungan N akar halus sebelum dekomposisi pada HA lebih tinggi dari pada KS, sedangkan kandungan C dan rasio C/N akar halus pada HA lebih rendah dari pada KS (Tabel 5.4).

Tabel 5.4 Kandungan N dan C awal akar halus sebelum dekomposisi pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Bagian tumbuhan	Kandungan N dan C sebelum dekomposisi		
		C (%)	N (%)	C:N
Hutan Alam (HA)	Akar halus	35.9±1.01	1.5±0.29	24.0±4.62
Perkebunan Kelapa Sawit (KS)	Akar halus	35.4±2.69	0.7±0.15	49.4±6.19

Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Penurunan sisa bobot kering akar halus pada HA lebih cepat dibandingkan dengan KS. Penurunan tajam terjadi pada bulan pertama setelah inkubasi, sisa bobot kering akar halus mencapai 78% pada HA sedangkan pada KS hanya mencapai 92.5% (Gambar 5.3). Penurunan bobot kering ini terus berlangsung seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi. Persentase bobot kering akhir yang tersisa pada akhir pengamatan hanya sekitar 6.0% dan 26.4% masing-masing untuk HA dan KS (Gambar 5.3 dan Tabel 5.5).



Gambar 5.3 Kurva exponential dari bobot kering akar halus (%) pada proses dekomposisi selama 12 bulan pengamatan, dari bulan September 2012 sampai bulan September 2013 pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Konstanta laju dekomposisi (*k*) pada HA dan KS dapat dilihat pada Tabel 5.5. Konstanta laju dekomposisi akar halus setelah 1 tahun periode dekomposisi mencapai nilai 2.9, sedangkan pada KS hanya mencapai nilai 1.3. Perbedaan signifikan ($p < 0.05$) terjadi antara keduanya (Tabel 5.5).

Tabel 5.5 Sisa bobot kering (%), konstanta laju dekomposisi, dan laju dekomposisi serasah daun setelah 1 tahun periode dekomposisi pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Sisa bobot kering (%) akar halus setelah 1 tahun periode dekomposisi	Konstanta laju dekomposisi (<i>k</i>) akar halus setelah 1 tahun periode dekomposisi	Laju dekomposisi (%/hari) akar halus setelah 1 tahun periode dekomposisi
Hutan Alam (HA)	6.0±3.0	2.9±0.6	0.3±0.01
Perkebunan Kelapa Sawit (KS)	26.4±1.5	1.3±0.04	0.2±0.06

Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Korelasi antara konstanta laju dekomposisi (*k*) terhadap kandungan N awal, C awal, dan rasio C/N dapat dilihat pada Tabel 5.6. Korelasi positif terjadi antara konstanta laju dekomposisi dan kandungan N akar halus. Semakin tinggi kandungan N awal maka konstanta laju dekomposisi semakin tinggi. Lain halnya dengan kandungan C awal dan rasio C/N awal akar halus, semakin tinggi kandungan C awal dan rasio C/N akar halus, maka konstanta laju dekomposisi semakin menurun (Tabel 5.6).

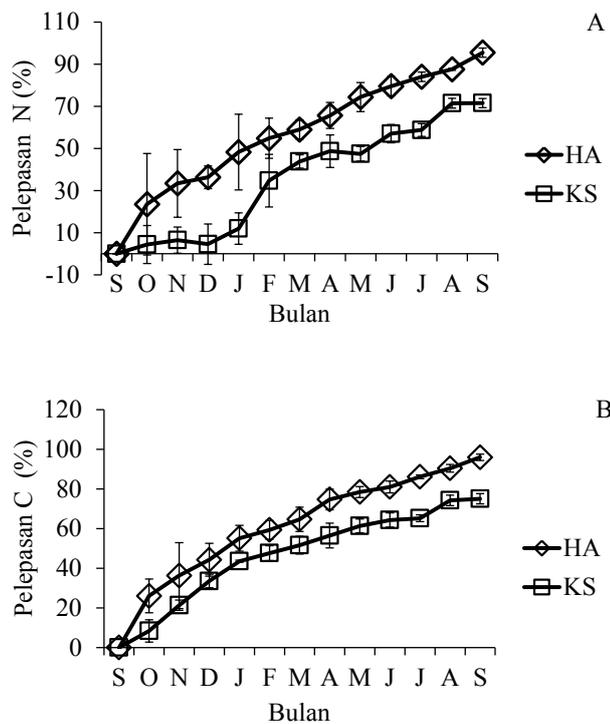
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 5.6 Korelasi antara konstanta laju dekomposisi dan kandungan N dan C awal akar halus sebelum dekomposisi

Parameter	Sumber	Korelasi	
		r (pearson's)	p
Konstanta laju dekomposisi (<i>k</i>)	Kandungan N (%)	0.95**	0.00
	Kandungan C (%)	-0.69*	0.01
	Rasio C/N	-0.91**	0.00

**signifikan pada $p < 0.01$ dan *signifikan pada $p < 0.05$

Pelepasan hara akar halus naik seiring dengan lamanya waktu inkubasi (Gambar 5.4). Pelepasan hara akar halus tertinggi terjadi pada HA untuk kedua hara N dan C, masing-masingnya mencapai 95.5% dan 96.0%, sedangkan pada KS hanya mencapai masing-masing 71.6% dan 75.1% (Gambar 5.4). Pelepasan hara N dan C akar halus saat dekomposisi di kedua lokasi penelitian berbeda signifikan ($p < 0.05$) pada setiap bulan inkubasi.



Gambar 5.4 Pelepasan N (A) dan C (B) akar halus pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS) selama 12 bulan waktu dekomposisi. Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Pembahasan

Produktivitas Akar Halus. Secara keseluruhan produktivitas akar halus antara HA dan KS selama 4 kali pengamatan dalam setahun periode penelitian

mencapai nilai masing-masing 39.0 g/m² dan 40.1 g/m². Produktivitas akar halus yang tinggi pada KS dibandingkan dengan HA disebabkan karena sekitar 50% dari total akar pada tanaman kelapa sawit di dominasi oleh akar halus (diameter ≤ 2 mm) (Haron *et al.* 1999). Tumbuhan kelapa sawit yang termasuk tumbuhan monokotil dengan akar serabut, memungkinkan pertumbuhan akar halus yang menyebar di permukaan tanah terutama sampai kedalaman 30–60 cm dari permukaan tanah (Haron *et al.* 1999).

Produktivitas akar halus pada HA pada bulan Juni 2013 menurun tajam dibandingkan produktivitas akar halus pada bulan lainnya. Pada bulan yang sama produktivitas serasah pada HA meningkat yakni mencapai nilai 122.7 g/m². Pada kondisi ini energi yang tersedia di tajuk tidak cukup untuk memenuhi pertumbuhan akar halus, sehingga produktivitas akar halus pada HA menurun. Hal yang berbeda terjadi pada produktivitas akar halus pada KS. Produktivitas akar halus pada KS terendah terjadi pada bulan Maret 2013. Pada bulan ini produksi serasah pelepah dan buah sawit pada lokasi KS menurun jika dibandingkan dengan produksi serasah pelepah dan buah sawit KS pada bulan lainnya. Rendahnya produksi serasah pelepah dan buah sawit KS yang diikuti oleh rendahnya produksi akar halus KS mengindikasikan menurunnya metabolisme di dalam tumbuhan kelapa sawit, sehingga pertumbuhan akar tidak optimal begitu juga dengan produksi serasah pelepah dan buah sawit. Hal ini dapat dimengerti, karena produksi serasah pelepah dan buah sawit pada KS dipengaruhi oleh pemanenan oleh petani (tidak terjadi secara alami). Perbedaan pola produksi akar halus antara HA dan KS disebabkan karena perbedaan tipe ekosistem (Leuchner *et al.* 2006, Hertel *et al.* 2009) dan perbedaan jenis tanaman yang terdapat pada ekosistem tersebut (Barbhuiya *et al.* 2012).

Produktivitas N dan C akar halus memperlihatkan pola yang berbeda. Produktivitas N akar halus pada HA jauh lebih tinggi dari pada KS, sedangkan produktivitas C pada HA dan KS menunjukkan nilai yang tidak signifikan ($p > 0.05$). Menurut Leuschner *et al.* (2009), bahwa produktivitas N akar halus pada hutan primer mencapai 2.7 g N/m². Pada penelitian ini diperoleh produktivitas N akar halus pada hutan alam mencapai 0.7 g N/m². Hasil ini lebih rendah dari pada Leuschner *et al.* (2009). Hal ini dapat dipahami mengingat hutan pada TNBD didominasi oleh hutan sekunder yang telah mengalami perubahan vegetasi dibandingkan dengan hutan primer. Pada perkebunan kelapa sawit produktivitas N akar halus hanya mencapai 0.3 g N/m². Hasil yang berbeda pada Haron *et al.* (1999), bahwa produktivitas N akar halus mencapai 1.3 g N/m². Perbedaan ini terjadi karena perbedaan kondisi lingkungan antara kedua lokasi penelitian. Menurut Gill dan Jackson (2000), bahwa kondisi lingkungan yang berbeda akan mempengaruhi produksi akar halus.

Produksi akar halus dipengaruhi oleh temperatur udara pada HA dan KS, dan curah hujan pada HA. Produksi akar halus meningkat dengan peningkatan temperatur udara pada HA dan KS dan produksi akar halus meningkat dengan peningkatan curah hujan pada HA. Produksi akar halus salah satunya dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti faktor iklim terutama oleh temperatur udara dan kelembapan udara (Yuan dan Chen 2010). Menurut Jiménez *et al.* (2009), perubahan iklim terutama curah hujan akan mempengaruhi produksi akar halus pada ekosistem hutan. Laju pertumbuhan akar halus rendah selama musim kering, dan meningkat selama musim hujan. Tingginya produksi akar halus pada KS pada

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

bulan Desember, disebabkan oleh tingginya temperatur udara. Hal ini terjadi karena, pada kondisi lingkungan seperti ini memungkinkan terjadinya transpirasi dan evaporasi yang mengakibatkan terjadinya gradien potensial air antara udara, daun, batang, akar, dan tanah, sehingga mempercepat penyerapan hara dan pertumbuhan akar (Taiz dan Zeiger 2010). Selain itu jika dilihat produksi panen dari kelapa sawit pada bulan Desember ini, cukup tinggi, walaupun bukan yang tertinggi diantara bulan lainnya. Tingginya panen sawit ini membuktikan proses metabolisme yang terjadi pada kelapa sawit berlangsung optimal, sehingga pertumbuhan akar halus meningkat. Lain halnya dengan hutan alam, pada hutan alam produksi akar halus tertinggi terjadi pada bulan Maret. Pada bulan ini produksi serasah menurun, hal ini terjadi karena pada kondisi ini tumbuhan memiliki cukup energi dari daun untuk melakukan metabolisme, termasuk dalam memproduksi akar halus. Menurut Gill dan Jackson (2000), peningkatan produksi akar halus dengan peningkatan curah hujan masih belum jelas, karena ekosistem yang berbeda dipengaruhi oleh variabel iklim yang berbeda pula. Selain itu suhu tanah yang hangat mengakibatkan peningkatan produksi dan kematian akar halus karena pemenuhan kebutuhan hara untuk pertumbuhan ke dalam tanah (Majdi dan Ohrvik 2004). Menurut Yuan dan Chen (2010), lingkungan akan sangat mempengaruhi produksi akar halus di hutan. Pada penelitian ini diperoleh bahwa iklim bukanlah faktor utama yang mempengaruhi produksi akar halus, kecuali temperatur udara di HA dan KS, dan curah hujan pada HA. Bagaimanapun juga ekosistem yang berbeda memperlihatkan pengaruh variabel iklim yang berbeda pula (Yuan dan Chen 2010).

Produksi akar halus tidak dipengaruhi oleh basal area dan kepadatan pohon. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Leuschner *et al.* (2009), bahwa diameter, basal area, kepadatan pohon dan pH tanah merupakan faktor minor yang mempengaruhi produksi akar halus. Menurut Barbhuiya *et al.* (2012), akumulasi dan pertumbuhan akar halus bervariasi dengan kepadatan pohon, basal area, dan komposisi spesies. Hal yang berbeda disampaikan oleh Kucbel *et al.* (2011), bahwa akar halus berhubungan dengan kepadatan. Total akar halus meningkat dengan peningkatan kepadatan. Namun hal ini masih dalam perdebatan.

Dekomposisi dan Pelepasan Hara Akar Halus. Kandungan N awal sebelum proses dekomposisi pada HA lebih tinggi dari pada KS, sedangkan kandungan C awal dan rasio C/N lebih tinggi pada KS dari pada HA. Pengetahuan mengenai kandungan hara awal pada akar halus sebelum proses dekomposisi perlu diketahui untuk memprediksi seberapa besar laju kehilangan bobot dan pengembalian hara pada ekosistem (Berg dan McClougherty 2008). Menurut Chen *et al.* (2002), bahwa rasio C/N awal merupakan parameter kualitas akar halus yang paling utama dalam memprediksi laju dekomposisi.

Perlakuan dekomposisi akar halus dilakukan dengan menempatkan *litter bag* pada kedalaman 10 cm. Menurut Egbe *et al.* (2013), pelepasan hara pada dekomposisi akar halus tertinggi terjadi pada kedalaman 10-15 cm dibandingkan kedalaman 30 cm. Egbe *et al.* (2013) menambahkan bahwa kedalaman tanah dan ukuran akar merupakan faktor utama yang mempengaruhi dekomposisi dan mineralisasi hara.

Penurunan bobot kering akar halus pada proses dekomposisi berlangsung seiring dengan lamanya waktu inkubasi. Penurunan berlangsung cepat pada HA dibandingkan KS. Hal ini didukung oleh penelitian Haron and Anderson (2000)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

bahwa penurunan bobot kering selama proses dekomposisi pada akar kelapa sawit berjalan sangat lambat, selama 6 bulan inkubasi, hanya sekitar 70% sisa bobot kering dan 30% setelah 12 bulan inkubasi yang mengindikasikan lambatnya pengembalian hara pada KS melalui dekomposisi akar halus, dari hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa pengembalian hara pada HA lebih cepat dibandingkan KS.

Pelepasan hara berupa N dan C pada akar halus dalam proses dekomposisi lebih tinggi pada HA dibandingkan KS. Pada penelitian ini laju pelepasan hara sudah dimulai pada bulan pertama setelah inkubasi, yakni pada saat penurunan bobot kering sekitar 20 % pada HA dan 10% pada KS. Menurut Chen *et al.* (2002), bahwa pelepasan N pada dekomposisi akar halus tumbuhan berkayu dimulai setelah 20-30% penurunan bobot kering akar halus.

Konstanta laju dekomposisi akar halus meningkat seiring dengan tingginya kandungan N awal akar halus, dan sebaliknya konstanta laju dekomposisi akar halus menurun dengan tingginya kandungan C dan rasio C/N awal akar halus sebelum dekomposisi. Konsentrasi hara pada jaringan tumbuhan berkorelasi dengan kehilangan bobot serasah daun dan akar halus (Nahwari *et al.* 2011). Tingginya rasio C/N pada jaringan tumbuhan mengakibatkan lambatnya dekomposisi pada akar kelapa sawit. Selain itu Tong *et al.* (2012) menyatakan bahwa kehilangan bobot akar halus berbeda untuk tiap jenis tumbuhan selama proses dekomposisi terjadi. Kandungan senyawa kimia yang terkandung di dalam akar halus merupakan kunci penting yang mempengaruhi konstanta laju dekomposisi, sebagian lagi dipengaruhi oleh kualitas tanah. Pada penelitian ini kandungan N akar halus pada HA lebih tinggi dari pada KS. Konstanta laju dekomposisi HA lebih tinggi dari pada KS, selain itu rasio C/N yang tinggi pada KS diperlihatkan dengan lambatnya konstanta laju dekomposisi, rendahnya rasio C/N pada HA mengakibatkan tingginya konstanta laju dekomposisi akar halus. Menurut Zhang *et al.* (2008), konstanta laju dekomposisi meningkat dengan meningkatnya N dan menurunnya C/N, lignin, dan lignin/N, dan bahwa kandungan awal N, lignin, dan rasio lignin/N menjadi faktor yang menentukan konstanta laju dekomposisi pada banyak ekosistem terestrial (Taylor *et al.* 1989). Nitrogen dan lignin merupakan faktor penentu dalam berjalannya proses dekomposisi akar halus. Nitrogen dan lignin berperan berlawanan terhadap laju dekomposisi. Nitrogen merupakan penstimulasi dekomposisi, sedangkan lignin merupakan penghambat dekomposisi (Lin *et al.* 2011). Lignin resisten terhadap dekomposisi. Mikroorganisme dekomposer bekerja lambat pada konsentrasi lignin tinggi, tetapi kondisi ini dapat berubah dengan meningkatnya N pada akar halus (Berg dan McClougherty 2008). Oleh karena itu kandungan N, lignin, dan lignin/N awal menentukan konstanta laju dekomposisi pada banyak tipe ekosistem (Taylor *et al.* 1989). Taylor *et al.* (1989) menambahkan bahwa rasio C/N merupakan parameter yang ikut menentukan konstanta laju dekomposisi akar halus. Dapat disimpulkan bahwa kandungan N awal, C awal, dan rasio C/N merupakan faktor penting yang menentukan konstanta laju dekomposisi akar halus.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Simpulan

Produktivitas akar halus pada KS memperlihatkan pola yang sama dengan HA kecuali pada bulan Maret 2013 dan Juni 2013. Produktivitas N pada HA lebih tinggi dari pada KS, sedangkan produksi C akar halus tidak berbeda antara HA dan KS.

Faktor iklim seperti curah hujan (pada HA), temperatur udara (pada HA dan KS), menjadi faktor penentu produksi akar halus. Produksi akar halus tidak dipengaruhi oleh kelembapan udara, penyinaran, basal area, dan kepadatan pohon.

Pengembalian hara pada KS lebih lambat dibandingkan dengan HA, yakni dengan rendahnya konstanta laju dekomposisi pada KS dibandingkan dengan HA. Perbedaan kandungan N awal, C awal, dan rasio C/N mempengaruhi proses dekomposisi. Konstanta laju dekomposisi menurun dengan penurunan kandungan N awal dan sebaliknya meningkat dengan menurunnya kandungan C awal dan rasio C/N.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



6 EFISIENSI PENGGUNAAN NITROGEN (NUE) DAN RESORPSI NITROGEN PADA HUTAN TAMAN NASIONAL BUKIT DUABELAS DAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DI KABUPATEN SAROLANGUN, PROVINSI JAMBI

(Nitrogen Use Efficiency (NUE) and Nitrogen Resorption at Bukit 12 National Park and Oil Palm Plantation in Sarolangun, Jambi Province)

Abstract

Nitrogen use efficiency (NUE) plays an important role on plant adaptation to the low nutrient conditions. Transformation system from natural forest to oil palm plantation changed the NUE and soil nutrition in ecosystem. However, how the transformation system affects NUE, N resorption, and soil nutrition in Sarolangun, Jambi province still unknown. The aims of the study were (1) to quantify NUE and N resorption and its correlation to N soil content (2) to determine nitrogen loss of litterfall in natural forest (HA) and oil palm plantation (KS) in Sarolangun, Jambi. The result showed that NUE in plant scale (NUE_c) influenced by N resorption. NUE_c increased with increasing of N resorption. Nitrogen and carbon content of the soil in HA was higher than that of in KS. There was no correlation between N soil content with foliar N content, N resorption, and NUE_c. NUE in ecosystem scale (NUE_{ES}) was higher in HA than that of in KS. There was 68.3% of total N production loss or out from the system in KS.

Key words: NUE, N soil content, N resorption, transformation system

Pendahuluan

Nitrogen merupakan unsur hara paling penting bagi tumbuhan. Nitrogen dibutuhkan dalam berbagai proses metabolisme tubuh tumbuhan khususnya pada proses fotosintesis, yakni sebagai unsur penting penyusun klorofil. Proses fotosintesis berperan besar dalam pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Peningkatan laju fotosintesis tumbuhan akan dapat meningkatkan pertumbuhan tumbuhan termasuk pertumbuhan daun (Taiz dan Zeiger 2010).

Daun dapat dijadikan sebagai indikator dalam melihat defisiensi N pada tumbuhan. Kebutuhan N berbeda-beda pada setiap jenis tumbuhan, hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor salah satunya ketersediaan N tanah (Hirel *et al.* 2007). Nitrogen yang terdapat di dalam tanah tersedia dengan adanya kontribusi serasah sebagai salah satu sumber hara terbesar dalam ekosistem teresterial. Serasah merupakan salah satu komponen ekosistem yang berperan penting dalam berlangsungnya siklus hara.

Siklus hara merupakan proses utama dalam menjaga ketersediaan hara pada ekosistem hutan termasuk agro-ekosistem untuk pertumbuhan tumbuhan. Secara umum terdapat tiga aspek penting dari siklus hara pada ekosistem hutan yaitu produksi dan dekomposisi serasah tumbuhan serta efisiensi penggunaan hara (NUE) termasuk N (Lambers *et al.* 2008).

Menurut Baligar *et al.* (2001), NUE dapat dikatakan sebagai kemampuan tumbuhan dalam menggunakan hara yang disediakan oleh tanah untuk pertumbuhan. Interaksi tumbuhan terhadap perubahan kondisi lingkungan memiliki pengaruh besar terhadap NUE tumbuhan. Efisiensi penggunaan N (NUE) itu sendiri, penting untuk diketahui, karena NUE menunjukkan adaptasi tumbuhan terhadap kondisi hara. Hal tersebut dipengaruhi oleh karakteristik spesifik dari jenis tumbuhan termasuk pohon (Rosleine *et al.* 2006). Jenis pohon menjadi faktor utama yang berperan penting dalam siklus hara. Masing-masing jenis pohon memiliki karakter tersendiri dalam menghasilkan serasah, dengan kandungan hara, kontribusi serasah dan NUE tumbuhan (NUE_c) yang berbeda-beda. Menurut Rosleine *et al.* (2006), bahwa tidak semua tumbuhan yang menghasilkan serasah banyak berkontribusi besar terhadap siklus hara, ketersediaan hara tanah dan NUE dalam skala ekosistem (NUE_{ES}).

Transformasi lahan hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit yang menyebabkan perubahan vegetasi tentunya akan mempengaruhi nilai NUE_c dan NUE_{ES}. Kontribusi tumbuhan terhadap ketersediaan hara tanah melalui serasah akan menentukan nilai NUE_c dan NUE_{ES}. Jenis pohon hutan yang ditanam diantara tegakan pohon perkebunan dapat memperbaiki NUE_c maupun NUE_{ES} (Triadiati *et al.* 2007).

Perkebunan kelapa sawit yang menggunakan sistem monokultur (tanpa pohon hutan) mengakibatkan perubahan pada pengembalian hara dibandingkan dengan hutan, dan tentunya akan mempengaruhi nilai NUE_c maupun NUE_{ES}. Pengembalian hara yang rendah dibandingkan dengan pengambilan hara yang jauh lebih besar, membuat alternatif pemupukan menjadi hal yang sangat diharapkan. Pemberian pupuk N dalam jumlah besar akan turut memenuhi kebutuhan N tumbuhan dan memperbaiki NUE suatu tumbuhan. Menurut Baligar *et al.* (2001) sekitar 50% dari pemberian pupuk adalah pupuk N untuk meningkatkan produksi dan ketersediaan hara tanah.

Informasi mengenai nilai NUE dan resorpsi N pada perkebunan kelapa sawit dengan hutan alam sebagai pembanding masih belum diketahui terutama di Kabupaten Sarolangun. Informasi ini diperlukan untuk melihat seberapa besar kerusakan yang terjadi akibat dari perubahan penggunaan lahan dari hutan menjadi perkebunan kelapa sawit yang dilihat dari aspek efisiensi penggunaan N tumbuhan dan ketersediaan N tanah. Oleh karena itu dilakukanlah penelitian tentang NUE dan resorpsi N pada perkebunan kelapa sawit dan hutan alam sebagai pembanding. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan NUE, resorpsi N serta keterkaitannya dengan perubahan N tanah pada perkebunan kelapa sawit dan hutan alam.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat. Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2012 sampai bulan September 2013 di Perkebunan Kelapa Sawit dan hutan alam di Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi (untuk pengambilan sampel) dan dilanjutkan di laboratorium Fisiologi dan Genetika Tumbuhan Biologi MIPA IPB.

Bahan dan Alat. Bahan yang digunakan adalah sampel daun tanaman kelapa sawit di perkebunan kelapa sawit dan sampel daun dari pohon yang ada di hutan alam. Alat yang digunakan adalah: oven dan alat pemotong.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Pengambilan Sampel Daun. Pengambilan sampel daun dilakukan pada setiap lokasi. Untuk tiap lokasi diambil 3–5 (daun dewasa dan daun senesen) sampel daun dari 3 jenis pohon yang memiliki nilai INP tertinggi dan 3 jenis dengan INP terendah pada lokasi HA, sedangkan pada KS diambil tiap 5 pohon pada masing-masing lokasi KS. Daun dewasa yang diambil pada KS adalah daun yang ke-17 dan daun senesen yang diambil pada KS adalah antara daun yang ke-45 sampai daun yang ke-48. Pengambilan sampel ini dilakukan setiap periode pengamatan setiap 3 bulan selama satu tahun. Sampel daun dicuci, kemudian dikering udarakan dan dioven pada suhu 80°C selama 48 jam.

Efisiensi Penggunaan Hara Nitrogen (NUE). Nilai NUE pada tumbuhan (NUE_c) kelapa sawit dan pada hutan alam, dihitung berdasarkan Vitousek (1982), Tateno dan Kawaguchi (2002) dengan rumus sebagai berikut:

$$NUE_c = 1 / \text{Konsentrasi N daun senesen (\%)}$$

Efisiensi penggunaan nitrogen pada skala ekosistem (NUE_{ES}) pada perkebunan monokultur kelapa sawit dan hutan alam dihitung berdasarkan Vitousek (1982):

$$NUE_{ES} = \frac{\text{Produksi tumbuhan (g m}^{-2}\text{tahun}^{-1})}{\text{Pemasukan N pada ekosistem (g m}^{-2}\text{tahun}^{-1})}$$

Hutan alam digunakan sebagai kontrol ekosistem yang tidak mengalami gangguan dibandingkan dengan NUE sistem monokultur kelapa sawit. Produksi tumbuhan yang dimaksud adalah produksi serasah yakni mencakup daun, ranting, dan bagian reproduksi. Pemasukan N pada hutan alam diperoleh dari total produksi N pada serasah. Pada KS, produksi tumbuhan mencakup produksi tahunan serasah pelepah dan buah sawit, sedangkan pemasukan N pada perkebunan KS diperoleh dari penjumlahan antara produksi N serasah pelepah dan pupuk N (30 g N/m²/tahun) yang diberikan selama satu tahun penelitian. Hal ini dilakukan mengingat bahwa sumber N tidak hanya berasal dari serasah pelepah tetapi juga dari pupuk yang diberikan petani pada perkebunan KS, selain itu untuk produksi N buah KS, tidak dimasukkan kedalam perhitungan, karena bagian tersebut tidak dikembalikan ke sistem.

Resorpsi N. Proporsi resorpsi N dihitung berdasarkan Sharma dan Pande (1986) yaitu sebagai berikut:

$$\text{Resorpsi N (\%)} = \frac{\text{N daun dewasa} - \text{N daun senesen}}{\text{N daun dewasa}} \times 100\%$$

Pengukuran kandungan N tanah. Pengambilan contoh tanah dilakukan sebanyak 4 kali periode pengamatan. Contoh tanah diambil dengan menggunakan bor tanah pada kedalaman 0–20 cm. Contoh tanah yang diperoleh dibagi menjadi 2 bagian yaitu pada kedalaman 0–10 cm dan 10–20 cm. Masing-masing sampel tanah yang diperoleh dikering anginkan dan disaring dengan lobang pori 2 mm x 2 mm yang selanjutnya oven pada suhu 60°C sampai bobot konstan untuk kemudian dianalisis kandungan N-total (metode Kjeldahl) dan C-organik (metode Walkley and Black). Pengambilan contoh tanah ini dilakukan untuk mengetahui

kandungan N tanah sebagai data pendukung yang terkait dengan produksi dan dekomposisi serasah serta akar halus (Bab 4 dan 5). Selain itu dosis pupuk yang diberikan petani pada perkebunan kelapa sawit juga dijadikan sebagai data tambahan, terhadap kandungan N tanah di perkebunan kelapa sawit.

N yang hilang. Kehilangan N pada perkebunan kelapa sawit ditentukan dengan mengukur kandungan N dari tandan buah segar kelapa sawit pada saat pemanenan.

Analisis data. Data NUEc dan resorpsi N dianalisis dengan menggunakan *Multivariate-test*, uji lanjut dengan menggunakan *Tukey-Test*, sedangkan data kandungan N dan C tanah, NUE_{ES} , dan produksi N dan C bagian tumbuhan dianalisis dengan menggunakan *Independence sample T-test*. Semua data diuji dengan tingkat signifikan adalah $p < 0.05$. Untuk menentukan korelasi antara masing-masing parameter digunakan analisis regresi dan korelasi Pearson's. Semua data dianalisis dengan menggunakan software SPSS 17.0.

Hasil

Pada umumnya NUE bervariasi pada setiap jenis tumbuhan yang diamati (Tabel 6.1). Nilai NUEc tertinggi diperoleh pada jenis *Baccaurea sp. 2* sedangkan nilai NUEc terendah diperoleh pada *Scutinanthe brunnea Thwaites* (Tabel 6.1).

Nilai resorpsi N tertinggi diperoleh pada jenis *Ochanostachys amentacea Mast* dan yang terendah diperoleh pada jenis *Baccaurea sp.2* dan terlihat signifikan ($p < 0.05$) antara keduanya (Tabel 6.1).

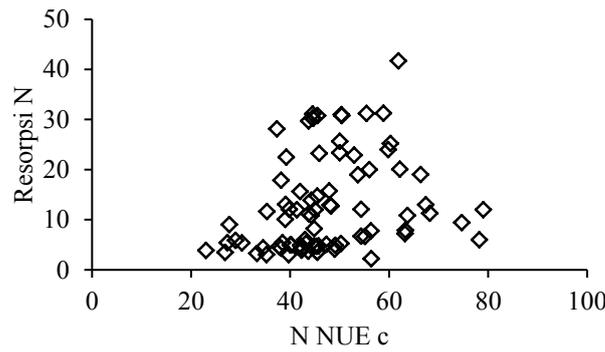
Tabel 6.1 Efisiensi penggunaan nitrogen (NUE) dan resorpsi N pada perkebunan kelapa sawit (KS) dan beberapa jenis pohon dengan nilai INP tinggi dan rendah di hutan (HA)

Lokasi	Nama jenis	INP	NUEc	Resorpsi N
Perkebunan Kelapa Sawit (KS)	<i>Elaeis guenensis</i>	300	45.7 ^{ab}	13.7 ^{bc}
	<i>Baccaurea sp.2</i>	23.9	52.1 ^b	5.8 ^a
Hutan Alam (HA)	<i>Ochanostachys amentacea Mast</i>	38.4	50.9 ^{ab}	29.0 ^d
	<i>Rinorea sp.1</i>	23.4	49.6 ^{ab}	18.2 ^c
	<i>Baccaurea wallichii Hook.F.</i>	2.2	51.8 ^b	10.0 ^{ab}
	<i>Scutinanthe brunnea Thwaites</i>	1.9	37.5 ^a	6.4 ^{ab}
	<i>Santiria rubiginosa BL.</i>	1.6	46.3 ^{ab}	6.0 ^a

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak signifikan (Tukey-test $p < 0.05$)

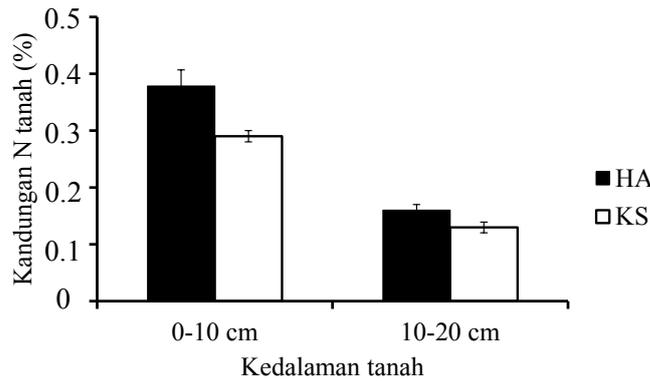
Analisis korelasi dan regresi antara NUEc dan resorpsi N menunjukkan adanya korelasi positif yang signifikan pada $p < 0.05$. Peningkatan NUEc seiring dengan peningkatan resorpsi N (Gambar 6.1).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 6.1 Korelasi dan regresi antara efisiensi penggunaan N tumbuhan (NUEc) dan resorpsi N. * signifikan pada $p < 0.05$

Pada Gambar 6.2, terlihat kandungan N tanah (%) pada HA dan KS. Kandungan N tertinggi terjadi pada HA dan signifikan ($p < 0.05$) dengan KS. Selain itu terjadi perbedaan kandungan hara pada kedalaman yang berbeda. Kandungan hara tertinggi terjadi pada kedalaman tanah 0-10 cm dibandingkan dengan kedalaman 10-20 cm dan signifikan ($p < 0.05$) antara keduanya (Gambar 6.2).



Gambar 6.2 Kandungan N tanah (%) pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS). Data menunjukkan nilai rata-rata \pm SD

Kandungan N tanah tidak berkorelasi dengan kandungan N daun dewasa, resorpsi N dan NUEc (Tabel 6.2). Korelasi tidak signifikan terjadi pada semua sumber parameter yang dianalisis pada $p < 0.05$ (Tabel 6.2).

Tabel 6.2 Korelasi kandungan N tanah dengan kandungan N daun dewasa, resorpsi N, dan NUEc pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Parameter	Sumber	Korelasi	
			r (Pearson's)	p
Hutan Alam (HA)	Kandungan N tanah (%)	Kandungan N daun dewasa (%)	0.31	0.27
		Resorpsi N (%)	0.17	0.61
		NUEc	-0.38	0.23
Perkebunan Kelapa Sawit (KS)	Kandungan N tanah (%)	Kandungan N daun dewasa (%)	0.51	0.09
		Resorpsi N (%)	0.18	0.12
		NUEc	-0.03	0.92

Produksi serasah dan produksi N pada KS lebih tinggi dari pada HA (Tabel 6.3). Nilai NUE_{ES} pada KS lebih rendah dari pada HA dan terlihat signifikan ($p < 0.05$) antara keduanya (Tabel 6.3).

Tabel 6.3 Efisiensi penggunaan nitrogen pada skala ekosistem (NUE_{ES}) pada hutan alam (HA) dan perkebunan kelapa sawit (KS)

Lokasi	Produksi tahunan serasah dan buah sawit ($kg/m^2/tahun$)	Pemasukan N ($g/m^2/tahun$)	NUE_{ES}
Hutan Alam (HA)	1.4±1.6	15.7±0.5	87.3±7.5
Perkebunan Kelapa Sawit (KS) (serasah pelepah dan buah sawit)	2.3±1.1	40.8±4.9	57.0±25.8

Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Pada Tabel 6.4 terlihat produksi N dan C dari serasah pelepah dan buah sawit pada KS, namun hanya bagian serasah pelepah saja yang diaplikasikan ke tanah perkebunan, sedangkan buah sawitnya diambil dan tidak dikembalikan pada ekosistem perkebunan. Pada Tabel 6.4 ini dapat dilihat bahwa sekitar 68.3% dari total hara N dihasilkan pada KS sedangkan untuk C sekitar 77.8% dari total C.

Tabel 6.4 Produksi N dan C dari bagian tanaman kelapa sawit pada perkebunan kelapa sawit

Bagian tumbuhan	Produksi hara ($g/m^2/tahun$)	
	N	C
Serasah pelepah	10.3±4.9	213.3±124.0
Buah sawit	21.9±9.7	746.8±307.3

Data menunjukkan nilai rata-rata±SD

Pembahasan

Nilai NUEc dan resorpsi N bervariasi pada HA. Variasi nilai NUEc dan resorpsi N ini terjadi karena perbedaan jenis pohon. Menurut Hirel *et al.* (2007) keragaman nilai NUEc dipengaruhi oleh jenis tumbuhan, faktor lingkungan dan genetik. Hal ini lebih terkait dengan kemampuan dan kebutuhan tumbuhan akan N (Hirel *et al.* 2007). Yuan *et al.* (2005c) menambahkan bahwa terjadinya perbedaan resorpsi N pada tumbuhan tergantung pada jenis tumbuhan, bentuk hidup dan faktor lingkungan tempat tumbuh tumbuhan.

Peningkatan resorpsi N seiring dengan peningkatan NUEc. Resorpsi N berperan penting dalam menentukan nilai NUEc tumbuhan (Aerts dan Chapin 2000). Li *et al.* (2012) menambahkan bahwa tingginya resorpsi N berkorelasi dengan tingginya nilai NUEc, yakni semakin tinggi resorpsi N maka NUEc juga semakin tinggi. Pada proses resorpsi N, hara N ditranslokasi selama senesen dan digunakan untuk pertumbuhan tumbuhan. Hara yang tidak ditranslokasi selama senesen akan jatuh ke tanah bersama serasah. Hara yang terkandung di dalam serasah ini akan kembali digunakan oleh tumbuhan sebagai hara tersedia melalui proses dekomposisi (Aerts 1996).

Kandungan N tanah pada kedua tipe ekosistem (KS dan HA) berbeda. Kandungan N tanah pada KS lebih rendah dari pada HA. Selain itu semakin dalam tanah maka semakin menurun kandungan N tanah (Chen *et al.* 2011). Hal ini terkait dengan dekomposisi serasah dan akar halus pada hutan alam (Bellingham *et al.* 2013) dan aplikasi pupuk pada perkebunan (Chen *et al.* 2011). Aplikasi pupuk pada lahan perkebunan kelapa sawit diberikan pada kedalaman tanah sekitar 10 cm (Chen *et al.* 2011) dan penyerapan hara oleh akar paling banyak terjadi pada kedalaman tersebut. Pada hutan alam serasah dan akar halus menjadi sumber hara utama melalui proses dekomposisi, dan proses ini paling banyak terjadi pada kedalaman 0-10 cm (Jiménez *et al.* 2009).

Pada perkebunan kelapa sawit diberikan pupuk sebanyak 2 kali dalam setahun. Jenis pupuk yang diberikan yaitu urea. Rata-rata pemberian pupuk N yakni sebanyak 0.03 kg N/m²/tahun. Pemberian pupuk ternyata tidak berhasil meningkatkan kandungan N tanah melebihi pada lokasi HA baik pada kedalaman 0-10 cm maupun pada kedalaman 10-20 cm. Menurut Baligar *et al.* (2001), pengelolaan pupuk yang baik termasuk pemanfaatan sisa bagian tumbuhan sebagai pupuk seperti kompos, pupuk hewan, pemanfaatan tumbuhan penutup tanah dapat meningkatkan kandungan hara tanah dan berkontribusi terhadap NUE. Pada lokasi penelitian ini petani tidak memanfaatkan sisa tumbuhan sebagai kompos, yang digunakan sebagai pupuk hanya pupuk kimia yakni jenis urea seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Namun pemberian pupuk tersebut tidak mampu meningkatkan kandungan N tanah.

Kandungan N tanah tidak mempengaruhi kandungan N daun dewasa, resorpsi N, dan NUEc. Beberapa peneliti menyatakan bahwa kandungan N tanah menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi NUEc (Baligar *et al.* 2001, Chen *et al.* 2011). Kandungan N tanah ini tidak mempengaruhi resorpsi N pada kedua tipe ekosistem (KS dan HA). Menurut Aerts (1996), bahwa resorpsi hara termasuk N tidak responsif terhadap peningkatan ketersediaan hara, yakni tidak terdapat korelasi antara resorpsi N dengan kandungan N tanah. Penyerapan dan efisiensi penggunaan hara (termasuk N) tergantung kepada jenis tumbuhan yang terkait

dengan morfologi, proses fisiologi, dan biokimia dari tumbuhan dan termasuk interaksi tumbuhan tersebut dengan faktor lingkungan meliputi; iklim, tanah, dan pemberian pupuk (Baligar *et al.* 2001). Selain itu menurut Yuan *et al.* (2005a) dan Yuan *et al.* (2005b), menyatakan bahwa efisiensi resorpsi N tinggi pada daerah yang memiliki ketersediaan N tanah yang rendah, hal ini dilakukan tumbuhan sebagai sistem adaptasi tumbuhan pada kondisi rendah N. Efisiensi resorpsi N ini menentukan ketersediaan hara pada tanah. Konsentrasi N tanah tinggi umumnya terdapat pada ekosistem dengan keragaman tumbuhan tinggi dan produksi serasah tinggi. Hal ini tergantung pada jenis tumbuhan pada ekosistem tersebut. Walaupun begitu belum ada penjelasan yang jelas tentang pengaruh hara tanah terhadap resorpsi N (Aerts 1996).

Efisiensi penggunaan nitrogen dalam skala ekosistem (NUE_{ES}) diperlukan untuk melihat penggunaan N dalam ekosistem yang berbanding lurus dengan produksi serasah pada ekosistem tersebut. Nilai NUE_{ES} pada HA lebih tinggi dari pada KS. Hutan alam yang memiliki keragaman tumbuhan yang tinggi, memungkinkan untuk memperoleh nilai NUE_{ES} yang lebih tinggi dibandingkan dengan KS yang monokultur, yang mengindikasikan tingginya kesuburan tanah pada HA. Pemberian pupuk N pada perkebunan KS tidak mampu meningkatkan kandungan N tanah dan NUE_{ES} . Pemasukan N pada ekosistem yang lebih tinggi pada KS (berasal dari pupuk N dan serasah pelepah) tidak mampu meningkatkan NUE_{ES} pada KS, sehingga dapat dikatakan bahwa pada ekosistem perkebunan kelapa sawit belum dapat memanfaatkan N dengan optimal.

Bagian reproduksi yang berkontribusi besar terhadap produksi serasah pada perkebunan kelapa sawit tidak dikembalikan ke sistem, sehingga banyak hara yang keluar dari sistem. Hal ini mengakibatkan ketidakseimbangan antara pengambilan hara N tanah dengan pengembalian hara N ke tanah, sehingga NUE tidak optimal jika dibandingkan dengan hutan alam.

Tumbuhan membutuhkan unsur N ini dalam jumlah yang cukup besar terutama sebagai salah satu unsur penting penyusun klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis. Pohon hutan yang memiliki keragaman tinggi dan tumbuh secara alami memungkinkan terjadinya tumpang tindih antar kanopi pohon. Hal ini akan mempengaruhi proses fotosintesis. Peningkatan N pada kanopi pohon bagian atas akan meningkatkan laju fotosintesis. Menurut Tateno dan Kawaguchi (2002) bahwa pohon kanopi memiliki kandungan N yang lebih tinggi dari pada sub kanopi. Hal ini juga terjadi pada daun senesen. Tingginya kandungan N ini disebabkan karena tingginya laju fotosintesis ketika mendapatkan cahaya matahari penuh (Taiz dan Zeiger 2010).

Lain halnya pada KS yang memakai sistem monokultur dan ditanam pada jarak tertentu yang memungkinkan untuk tidak terjadinya tumpang tindih daun atau kanopi pohon memungkinkan nilai N yang lebih tinggi dibandingkan dengan HA yang heterogen. Produksi kelapa sawit meningkat dengan pengelolaan penanaman yang baik dengan sistem jarak yang menghindari tumbuhan kelapa sawit dari tumpang tindih pada pelepahnya (Witt *et al.* 2005). Hal ini terkait dengan laju fotosintesis tumbuhan. Laju fotosintesis pada kelapa sawit tinggi ketika mendapatkan cahaya matahari penuh yang mengakibatkan tingginya kandungan N daun dengan NUE_{ES} KS yang lebih tinggi dari pada HA. Hal ini disebabkan karena tingginya produksi serasah pada KS terutama dari bagian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

reproduksi, namun 68.3% dari total N yang dihasilkan pada KS tidak dikembalikan ke sistem. Hal ini mengakibatkan rendahnya N tanah pada KS.

Simpulan

Nilai NUEc dan resorpsi N bervariasi untuk setiap jenis tumbuhan pada lokasi penelitian. Peningkatan resorpsi N seiring dengan peningkatan NUEc. Kandungan N tanah tidak mempengaruhi kandungan N daun dewasa, resorpsi N dan NUEc.

Efisiensi penggunaan nitrogen pada skala ekosistem lebih tinggi pada HA dibandingkan KS. Pemberian pupuk N tidak mampu meningkatkan NUE_{ES} pada KS. Nitrogen yang keluar dari ekosistem melalui buah sawit selama satu tahun periode penelitian terjadi sebanyak 68.3% dari total hara N yang dihasilkan pada serasan pelepah dan buah sawit KS.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

7 PEMBAHASAN UMUM

Saat ini daerah Sumatera termasuk di Provinsi Jambi khususnya di wilayah TNBD Kabupaten Sarolangun, menjadi wilayah yang secara besar-besaran mengalami perubahan penggunaan lahan menjadi perkebunan terutama perkebunan kelapa sawit. Transformasi lahan dari hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit menurunkan komposisi tumbuhan. Penurunan komposisi tumbuhan ini diperlihatkan dengan ketiadaan jenis tumbuhan hutan atau pohon di area perkebunan, terutama perkebunan monokultur kelapa sawit (Danielsen *et al.* 2009). Hal ini mengakibatkan perubahan pada masukan hara melalui produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus. Serasah pada kelapa sawit hanya berupa pelepah, sedangkan buah sawit tidak dikembalikan ke ekosistem. Buah sawit yang memiliki produksi tinggi tidak dikembalikan ke tanah dan menjadi hara yang hilang, yakni mencapai 79.6% dari total bobot kering produksi serasah pelepah dan buah sawit di KS dan 68.3% dari total produksi N serasah pelepah dan buah sawit. Gambar 7.1 memperlihatkan gambaran jumlah hara N yang keluar dari perkebunan kelapa sawit dibandingkan dengan hutan alam melalui produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus, serta NUE dan resorpsi N.

Perlu juga diketahui bahwa selain N, terdapat unsur hara lainnya yang terdapat di dalam serasah maupun akar halus. Pada umumnya serasah hutan alam memiliki konsentrasi hara $N > Ca > K > Mg > P$ (Celentano *et al.* 2011). Hal yang sama juga terjadi pada akar halus, pada umumnya akar halus (diameter ≤ 2 mm) pada pohon di hutan alam memiliki konsentrasi hara, $N > Ca > K > Mg > P$ (Gordon dan Jackson 2000), sedangkan pelepah serasah dan akar halus pada kelapa sawit masing-masing memiliki konsentrasi hara $N > K > Ca > Mg > P$ dan $N > K > Mg > Ca > P$ (Haron *et al.* 1999). Namun konsentrasi unsur hara tersebut berbeda pada ekosistem yang berbeda, jenis tumbuhan, dan iklim (Ojo *et al.* 2010).

Serasah (Pouyat dan Carreiro 2003) dan akar halus (Chen *et al.* 2002) merupakan komponen ekosistem yang dapat menjaga keutuhan siklus hara dan menjadi kunci dinamika N pada ekosistem (Chen *et al.* 2002, Pouyat dan Carreiro 2003). Kandungan hara yang terkandung di dalam serasah dan akar halus memungkinkan untuk memenuhi hara tanah melalui proses dekomposisi (Raizada *et al.* 2013).

Pada hutan alam semua produksi serasah dikembalikan ke sistem melalui proses dekomposisi sebagai sumber hara tanah (Gambar 7.1). Dekomposisi yang terjadi pada serasah daun dan atau akar halus menjadi sumber hara yang diharapkan dalam ketersediaan hara pada suatu ekosistem. Banyak faktor yang mempengaruhi berlangsungnya proses dekomposisi, salah satunya adalah kandungan hara (N, C, dan rasio C/N) yang terkandung di dalam serasah ataupun akar halus. Pada penelitian ini rasio C/N serasah daun pada hutan alam hampir sama dengan rasio C/N akar halus pada hutan alam yakni masing-masing mencapai nilai 24.2 dan 24.0. Hal yang sama juga terjadi pada konstanta laju dekomposisi antara serasah dan akar halus yakni bernilai sama yaitu 2.9. Hal yang berbeda terjadi pada perkebunan kelapa sawit, pada perkebunan kelapa sawit rasio C/N serasah lebih rendah dari pada rasio C/N akar halus yakni masing-masing dengan mencapai nilai 27.8 dan 49.4 dengan konstanta laju dekomposisi lebih tinggi pada serasah kelapa sawit dari pada akar halus kelapa sawit, yakni masing-

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

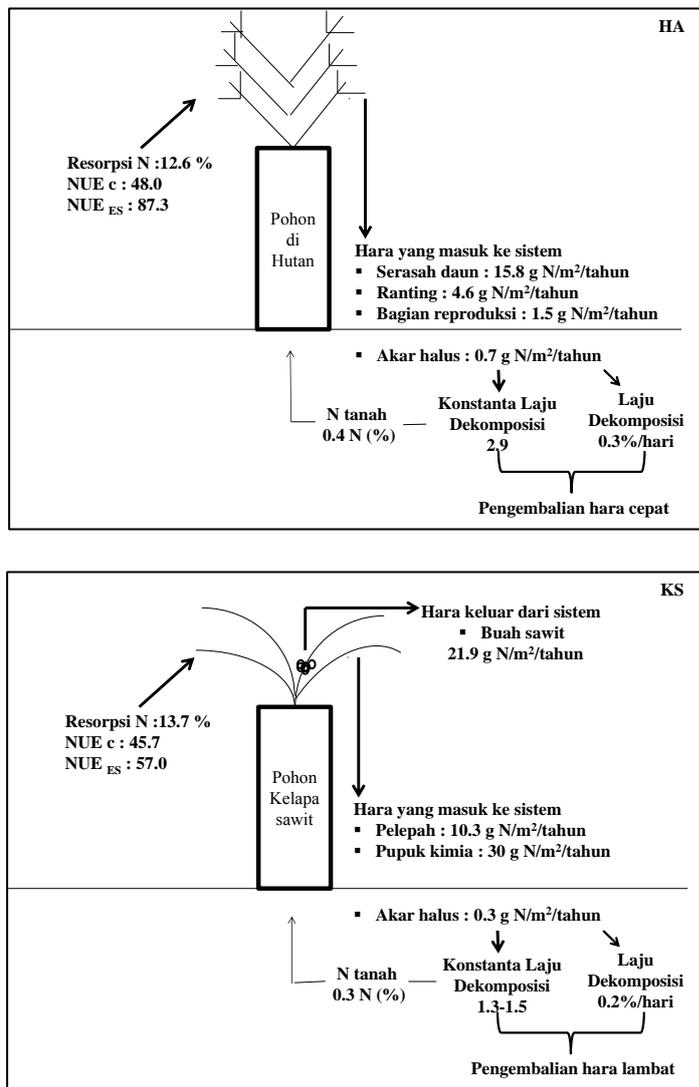
masing 1.5 dan 1.3. Berdasarkan hal tersebut di atas dapat dikatakan bahwa rasio C/N yang tinggi memperlambat proses dekomposisi walaupun berada pada kondisi hara tanah rendah. Kita ketahui bahwa perkebunan kelapa sawit memiliki kandungan N tanah yang lebih rendah dari pada hutan alam. Menurut Ostertag dan Hobbie (1999), dekomposisi akar lebih cepat dari pada dekomposisi daun pada daerah dengan kandungan tanah yang kurang subur, karena rendahnya rasio lignin/N pada akar dibandingkan pada serasah daun. Dekomposisi akar menghasilkan hara lebih banyak dari pada dekomposisi daun. Serasah dan akar halus ini memberikan peranan penting dalam menjaga hara tanah pada ekosistem (Ostertag dan Hobbie 1999). Setiap jenis tumbuhan memiliki kandungan N, C, dan rasio C/N yang berbeda sehingga menyebabkan perbedaan pada konstanta laju dekomposisi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University



Gambar 7.1 Perubahan N pada transformasi hutan alam (HA) menjadi perkebunan kelapa sawit (KS) berdasarkan kajian produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus, serta efisiensi penggunaan N dan resorpsi N

Pada penelitian ini dekomposisi pada hutan TNBD lebih cepat dari pada perkebunan kelapa sawit. Hal ini mengindikasikan pengembalian hara tanah pada hutan lebih cepat dari pada pengembalian hara pada perkebunan kelapa sawit. Menurut Aerts dan Chapin (2000), bahwa ekosistem yang memiliki kandungan hara tanah yang rendah didominasi oleh jenis tumbuhan dengan pertumbuhan lambat (*slow-growing*) dan pengembalian hara lambat, sedangkan ekosistem yang kaya akan hara tanah didominasi oleh tumbuhan dengan pertumbuhan cepat (*fast-growing*) dengan laju pengembalian hara yang tinggi (Aerts dan Chapin 2000). Ekosistem perkebunan kelapa sawit memiliki kandungan hara N yang lebih rendah dari pada ekosistem hutan alam. Selain itu jika dilihat siklus hidup daun mulai dari pertumbuhan primordia daun sampai dengan terbentuknya senesen, maka kelapa sawit mengalami siklus hidup daun yang jauh lebih lama (4 tahun) dari pada pohon pada hutan alam (< 1 tahun) (Aerts 1996, Aerts dan Chapin 2000). Hal ini menjadi salah satu penyebab lambatnya pengembalian hara pada perkebunan kelapa sawit.

Hara N merupakan hara yang paling banyak dibutuhkan tumbuhan untuk memenuhi siklus hidupnya. Ketersediaan N tanah mempengaruhi kemampuan penyerapan N tumbuhan pada ekosistem. Hal ini dapat diketahui dengan menghitung resorpsi N dan efisiensi penggunaan N (NUE) pada tumbuhan dan dalam skala ekosistem. Resorpsi N dan NUEc pada kedua tipe ekosistem (hutan dan perkebunan kelapa sawit) berbeda. Pada NUEc, rata-rata NUEc pada hutan alam dan perkebunan kelapa sawit masing-masing mencapai nilai 48.0 dan 45.7, sedangkan rata-rata resorpsi N pada KS lebih tinggi dari pada hutan alam masing-masing bernilai 13.7 % dan 12.6 % (Gambar 7.1). Namun jika dilihat resorpsi N untuk setiap jenis tumbuhan di hutan alam, terlihat bahwa jenis *Ochanostachys amentacea* dan *Rinorea sp.1* memiliki resorpsi N yang jauh lebih tinggi dari pada kelapa sawit (Tabel 6.1). Perbedaan ini terjadi karena resorpsi N dan NUEc tumbuhan dipengaruhi oleh kekuatan penampung dari organ tumbuhan dan laju transpor floem (terkait dengan interaksi antara organ penyumbang dan penampung) pada tumbuhan, dan setiap jenis tumbuhan memiliki kekuatan yang berbeda dalam proses tersebut (Aerts 1996).

Pada skala ekosistem NUE hutan alam lebih tinggi dari pada NUE_{ES} perkebunan kelapa sawit yakni masing-masing bernilai 87.3 dan 57.0 (Gambar 7.1). Efisiensi penggunaan N pada skala ekosistem ini dipengaruhi oleh bobot produksi tanaman dan masukan N tanah pada ekosistem tersebut (Hirel *et al.* 2007). Pada hutan alam sumber N berasal dari serasah yang jatuh ke tanah secara alami melalui proses dekomposisi, sedangkan pada perkebunan kelapa sawit selain dari serasah pelepah, sumber N juga berasal dari pupuk N yang diberikan petani setiap tahunnya, yakni mencapai 30 g N/m²/tahun (Gambar 7.1). Bagaimanapun juga NUE_{ES} ini dipengaruhi oleh banyak faktor, tidak hanya oleh ketersediaan hara tanah tapi juga dipengaruhi oleh keragaman tumbuhan pada suatu ekosistem, sedangkan pada perkebunan monokultur NUE_{ES} lebih dipengaruhi oleh jenis tanaman (Hiremath dan Ewel 2001).

Pada penelitian ini fokus kepada kontribusi pohon terhadap masukan hara pada ekosistem tanpa mempertimbangkan mikroorganisme tanah dan tumbuhan penutup, serta kehilangan N akibat pencucian dan penguapan. Namun beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa kehilangan N pada kedalaman tanah 120 cm akibat pencucian pada perkebunan kelapa sawit (umur 5–14 tahun) berkisar antara

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPIB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPIB.

1–1.6 % N inorganik dari pupuk yang diaplikasikan (Ahtung *et al.* 2009). Kehilangan N ini terkait dengan volume air tanah, pupuk, dan laju penyerapan hara tumbuhan (Ahtung *et al.* 2009). Selain itu karakteristik kimia tanah, termasuk mikroflora dan mikrofauna tanah tidak mempengaruhi proses dekomposisi terutama pada dekomposisi akar di perkebunan kelapa sawit. Hal ini dibuktikan dengan tidak adanya perbedaan antara dekomposisi pada tanah subur dan pada tanah yang kurang subur di perkebunan kelapa sawit (Haron and Anderson 2000).

Pemupukan yang diberikan oleh petani pada perkebunan kelapa sawit diharapkan mampu memenuhi kebutuhan hara tanah. Namun tidak bisa meningkatkan nilai N tanah pada perkebunan kelapa sawit. Hal ini terbukti dengan rendahnya nilai kandungan N tanah pada perkebunan kelapa sawit dibandingkan hutan alam (Gambar 7.1). Pemberian pupuk yang mengutamakan efisiensi penyerapan hara akan dapat membantu kebutuhan hara tanaman. Menurut Kheong *et al.* (2010), bahwa pemupukan akan lebih efektif jika diberikan pada daerah yang paling banyak pembentukan akarnya.

Selain pemupukan, dekomposisi akar halus juga dapat memenuhi hara tanah. Namun pada perkebunan kelapa sawit seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, dekomposisi akar halus berlangsung lambat dengan nilai konstanta laju dekomposisi yang rendah, sehingga memperlambat laju pengembalian hara. Hasil yang sama dibuktikan oleh Haron and Anderson (2000), bahwa dekomposisi akar halus kelapa sawit tidak mampu meningkatkan kandungan hara tanah pada tanah yang kurang subur. Hasil ini membuktikan bahwa pengembalian hara yang bersumber dari akar halus tanaman dan pemberian pupuk pada KS belumlah mampu mengatasi kekurangan hara tanah.

Pemanfaatan bagian reproduksi (berupa tandan kosong hasil limbah kelapa sawit) yang keluar dari sistem diperlukan untuk memenuhi ketersediaan hara tanah pada perkebunan kelapa sawit. Menurut Salétes *et al.* (2004) bahwa tandan buah kosong menghasilkan hara mineral dengan cepat, terutama untuk unsur kalium, magnesium dan boron.

Selain itu pengembalian hara yang lambat pada serasah pelepah kelapa sawit melalui proses dekomposisi dapat diatasi dengan mengelola serasah pelepah untuk dijadikan pupuk organik pada perkebunan kelapa sawit. Salah satu yang bisa dilakukan dalam mempercepat pengembalian hara melalui dekomposisi serasah pelepah ini adalah dengan melakukan pencacahan terhadap serasah pelepah sebelum di kembalikan ke sistem. Hal ini diharapkan dapat mempercepat proses dekomposisi, sehingga pengembalian hara lebih cepat. Menurut Haron and Anderson (2000) bahwa perlakuan mencacah serasah pelepah kelapa sawit dengan ukuran 10 cm merupakan yang paling efisien dalam pengembalian hara tanah pada perkebunan kelapa sawit.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

8 SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Transformasi hutan alam menjadi perkebunan kelapa sawit menyebabkan perubahan pada produksi dan dekomposisi serasah dan akar halus serta perubahan pada NUE dan resorpsi N yaitu sebagai berikut:

1. Produktivitas serasah pada hutan alam lebih tinggi dari pada perkebunan kelapa sawit, sedangkan produktivitas akar halus pada hutan alam lebih rendah dari pada perkebunan kelapa sawit.
2. Bagian daun menjadi komponen yang berkontribusi terbesar terhadap produksi serasah pada hutan alam, sedangkan pada perkebunan kelapa sawit hanya pelepah yang menjadi serasah.
3. Faktor iklim mempengaruhi produksi serasah dan akar halus terutama curah hujan, kelembapan udara, dan temperatur udara.
4. Pengembalian hara pada perkebunan kelapa sawit lebih lambat dari pada hutan alam, baik pada serasah maupun akar halus.
5. Kandungan N dan rasio C/N sebelum dekomposisi pada serasah dan N, C, dan rasio C/N pada akar halus mempengaruhi konstanta laju dekomposisi.
6. Kandungan N tanah tidak mempengaruhi N daun dewasa, resorpsi N, dan NUEc.
7. Resorpsi N meningkat seiring dengan peningkatan NUEc.
8. Sebanyak 68.3% N dari total N yang dihasilkan pada KS tidak dikembalikan ke sistem, sedangkan pada hutan alam semua N yang dihasilkan pada produksi serasah dikembalikan ke sistem.
9. Kandungan N tanah pada hutan alam lebih tinggi dari pada perkebunan kelapa sawit, pemberian pupuk tidak mampu meningkatkan kandungan N tanah pada perkebunan kelapa sawit.

Saran

Perlu dilakukan penelitian mengenai proses biologi dalam ekosistem lainnya seperti pencucian, penguapan, dan serapan hara pada akar, termasuk peran mikroorganisme tanah, sehingga dapat diketahui secara keseluruhan siklus hara yang terjadi pada perkebunan kelapa sawit dan hutan alam. Selain itu perlu dilakukan pengelolaan perkebunan kelapa sawit dengan memanfaatkan pelepah dan tandan kosong menjadi pupuk alami selain pupuk kimia dalam pemenuhan ketersediaan hara tanah, sehingga dapat mengurangi kehilangan hara pada perkebunan kelapa sawit. Pengelolaan dalam pemberian pupuk dengan mengedepankan efisiensi penggunaan pupuk diharapkan akan ikut membantu dalam pemenuhan hara tanah pada perkebunan kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abood SA, Lee JSH, Burivalova Z, Garcia-Ulloa J, Koh LP. 2014. Relative contributions of the logging, fiber, oil palm, and mining industries to forest loss in Indonesia. *Conserv Lett.* 30:1-10.
- Acosta-Martinez V, Zobeck TM, Allen V. 2004. Soil microbial, chemical and physical properties in continuous cotton and integrated crop-livestock systems. *Soil Sci Soc Am.* 68:1875-1884.
- Aerts R. 1996. Nutritional and plant-mediated controls on leaf litter decomposition of *Carex* species. *Ecology.* 78:244-260.
- Aerts R, Chapin FS III. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns. *Advances Ecol Res.* 30:1-67.
- Ahtung PG, Yusoff MK, Joo GK, Majid NM, Huang GH. 2009. Effect of N and K fertilizers on nutrient leaching and groundwater quality under mature oil palm in Sabah during the monsoon period. *Am J Applied Sci.* 6(10): 1788-1799.
- Andivia E, Vázquez-Piqué J, Fernández M, Alejano R. 2013. Litter production in Holm oak trees subjected to different pruning intensities in Mediterranean dehesas. *Agroforest Syst.* 87(3): 657-666.
- Aweto AO. 2001. Impact of single species tree plantations on nutrient cycling in West Africa. *Int J Sustainable Dev Word Ecol.* 8(4):356-368.
- [BBPPTP] Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. 2008. *Teknologi Budidaya Kelapa Sawit*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Agroinovasi. hlm 1-21; [diunduh 2012 04 November]. Tersedia pada: <http://lampung.litbang.deptan.go.id/ind/images/stories/publikasi/sawit.pdf>.
- Baligar FC, Fageria NK, He ZL. 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 32(7&8):921-950.
- Barbhuiya AR, Arunachalam A, Pandey HN, Khan ML, Arunachalam K. 2012. Fine root dynamics in undisturbed and disturbed stands of tropical wet evergreen forest in northeast India. *Trop Ecol.* 53(1):69-79.
- Bellingham PJ, Morse CW, Buxton RP, Bonner KI, Mason NWH, Wardle DA. 2013. Litterfall, nutrient concentrations and decomposability of litter in a New Zealand. *New Zealand J Ecol.* 37(2):162-171.
- Berg B, McClaugherty C. 2008. *Plant litter: Decomposition humus formation, carbon sequestration*. Ed ke-2. Germany: Springer. 338 hlm.
- Bernhard-Reversat F, Laclau JP, Loubana PM, Loumeto JJ, Mboukou-Kimbatsa IMC, Reversat G. 1999. Changes in biological factors of fertility in managed Eucalyptus plantations grown on a savanna soil in Congo, The International Workshop on the "Rehabilitation of Degraded Tropical Forestry Ecosystems", 24 November, 1999, CIFOR in Bogor, Indonesia.
- Bernhard-reversat F, Loumeto JJ. 2002. The litter system in African forest-tree plantations. Di dalam: Reddy MV, editor. *Management of Tropical Plantation-Forest and Their Soil Litter System*. America: Science Publishers. Inc. hlm 11-39.

- [BKSDA] Balai Konservasi Sumberdaya Alam, Provinsi Jambi. 2004. Rencana Pengelolaan Taman Nasional Bukit Duabelas (RPTNBD). Balai Konservasi Sumberdaya Alam Provinsi Jambi. Jambi.
- Bosire JO, Dahdouh-Guebas F, Kairo JG, Kazungu J, Dehairs F, Koedam N. 2005. Litter degradation and CN dynamics in reforested mangrove plantations at Gazi Bay, Kenya. *Biol Conserv.* 126:287–295.
- Brady NC, Weil RR. 2008. *The Nature and Properties of Soils*. Ed ke-14. New Jersey: Prentice-Hall.
- Bridgham SD, Pastor J, McLaugherty CA, Richardson CJ. 1995. Nutrient-use efficiency: a litterfall index, a model, and a test along a nutrient-availability gradient in north carolina peatlands. *Am Nat.* 145:1-21.
- Celentano D, Zahawi RA, Finegan B, Ostertag R, Cole RJ, Holl KD. 2011. Litterfall dynamics under different tropical forest restoration strategies in Costa Rica. *Biotropica.* 43(3): 279–287.
- Chen H, Harmon ME, Sexton J, Fasth B. 2002. Fine-root decomposition and N dynamics in coniferous forests of the Pacific Northwest, U.S.A. *Can J For Res.* 32:320–331.
- Chen L, Qi X, Zhang X, Li Q, Zhang Y. 2011. Effect of Agricultural Land Use Changes on Soil Nutrient Use Efficiency in an Agricultural Area, Beijing, China. *Chin Geogra Sci.* 21(4):392-402.
- Clark D, Brown S, Kicklighter DW, Chambers JQ, Thomlinson JR, Ni J, Holland EA. 2001. Net primary production in tropical forests: An evaluation and synthesis of existing field data. *Ecol Appl.* 11:371-384.
- Contreras B, Cayón S, Corchuelo R. 2012. Models to estimate the bunch dry weight in African oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.), American oil palm (*Elaeis oleifera* H.B.K. Cortes) and the interspecific hybrid (*E. Oleifera* x *E. guineensis*). *Agron Colomb.* 30(1):46-51.
- CRC990 EFForTS. 2014. Ecological and socioeconomic functions of tropical lowland rainforest transformation systems (Sumatra, Indonesia). <https://efforts-is.uni-goettingen.de>, 2014.
- Cusack DF, Chou WW, Yang WH, Harmon M, Silver W. 2009. Controls on long-term root and leaf litter decomposition in neotropical forests. *Glob Change Biol.* 15:1339-1355.
- Danielsen F, Beukema H, Burgess ND, Parish F, Brühl CA, Donald PF, Murdiyarso D, Phalan B, Reijnders L, Struebig M, *et al.* 2009. Biofuel plantations on forested lands: double jeopardy for biodiversity and climate. *Conserv Biol.* 23:348-358.
- Danyo G. 2013. Commercial oil palm cultivation in Ghana: an outline. *Projournal Agric Sci Res.* 1(3):22-43.
- Del Grosso S, Parton W, Stohlgren T, Zheng D, Bachelet D, Prince S, Hibbard K, Olson R. 2008. Global potential net primary production predicted from vegetation class, precipitation, and temperature [Abstract]. *Ecology.* 89:2117-2126.
- Dixon RK, Brown S, Houghton RA, Solomon AM, Trexler MC, Wisniewski J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science.* 263:185-190.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Edwards DP, Hodgson JA, Hamer KC, Mitchell SL, Ahmad AH, Cornell SJ, Wilcove DS. 2010. Wildlife-friendly oil palm plantations fail to protect biodiversity effectively. *Conserv Lett.* 3:236-242.
- Egbe EA, Nwoboshi LC, Ladipo D. 2013. Decomposition and macronutrients release of roots of *Millettia thonningii* placed at three soil depths in the tropics. *Oct Jour Env Res.* 1(3):177-186.
- Ewel J, Mazzarino MJ, Berish CW. 1991. Tropical soil fertility changes under monocultures and successional communities of different structure. *Ecol Appl* 3:289-302.
- Firm J, Erskine PD, Lamb ED. 2007. Woody species diversity influences productivity and soil nutrient availability in tropical plantations. *Oecologia* 154:521-533.
- FAO. 2011. *State of the forests 2011*. Rome: FAO. 179 hlm.
- Fitzherbert EB, Struebig MJ, Morel A, Danielsen F, Bruehl CA, Donald PF, Phalan B. 2008. How will oil palm expansion affect biodiversity?. *Trends Ecol Evol.* 23:538-545.
- Foster WA, Snaddon JL, Turner EC, Fayle TM, Cockerill TD, Elwood MDF, Broad GR, Chung AYC, Eggleton P, Khen CV, et al. 2011. Establishing the evidence base for maintaining biodiversity and ecosystem function in the oil palm landscapes of South East Asia. *Phil Trans R Soc B.* 366:3277–3291.
- [FWI] Forest Watch Indonesia. 2014. Lembar Informasi: Hutan Indonesia yang terus Tergerus. Jawa Barat. The Asia Foundation. 17 hlm.
- Gautam TP, Mandal TN. 2012. Effect of disturbance on fine root biomass in the Tropical moist forest of eastern Nepal. *Nepalese J Biosci.* 2:10-16.
- Gill RA, Jackson RB. 2000. Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems. *New Phytol.* 147:13–31.
- Gordon WS, Jackson RB. 2000. Nutrient concentrations in fine roots. *Ecology.* 81(1):275-280.
- Gosz JR, Likens GE, Bormann FH. 1973. Nutrient release from decomposing leaf and branch litter in the Hubbard Brook forest, New Hampshire [Abstract]. *Ecol Monographs.* 43:173–191.
- Guo LB, Sims REH. 1999. Litter decomposition and nutrient release and nutrient release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests. *Agric Ecosyst Environ.* 75:133–140.
- Haëttenschwiler S, Coq S, Barantal S, Handa IT. 2011. Leaf traits and decomposition in tropical rainforests: revisiting some commonly held views and towards a new hypothesis. *New Phytol.* 189:950-965.
- Hansen MC, Stehman SV, Potapov PV, Arunarwati B, Stolle F, Pittman K. 2009. Quantifying changes in the rates of forest clearing in Indonesia from 1990 to 2005 using remotely sensed data sets. *Environ Res Lett.* 4:1-12.
- Haron K, Zin ZZ, Anderson JM. 1999. Quantification of oil palm biomass and nutrient value in a mature plantation II. below-ground biomass. *J Oil Palm Res.* 11(2):63-71.
- Haron K, Zin ZZ, Anderson JM. 2000. Decomposition processes and nutrient release patterns of oil palm residues. *J Oil Palm Res.* 12(1):46-63.
- Hendrick RL, Pregitzer KS. 1993. Patterns of fine root mortality in two sugar maple forests. *Nature.* 361:59-61.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Dilarang mengumarkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Hertel D, Marieke AH, Leuschner C. 2009. Conversion of a tropical forest into agroforest alters the fine root-related carbon flux to the soil. *Soil Biol Biochem.* 41:481–490.
- Hirel B, Gouis JL, Ney B, Gallais A. 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *J Exp Bot.* 58:2369–2387.
- Hiremath AJ, Ewel JJ. 2001. Ecosystem Nutrient Use Efficiency, Productivity, and Nutrient Accrual in Model Tropical Communities. *Ecosystems.* 4:669-682.
- Hooper DU, Vitousek PM. 1997. The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science.* 227:1302-1305.
- Hooper DU, Chapin III FS, Ewel JJ, Hector A, Inchausti P, Lavorel S, Lawton JH, Lodge DM, Loreau M, Naeem S, *et al.* 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecol Monogr.* 75:3–35.
- Houghton RA. 2005. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Glob Change Biol.* 11:945-958.
- Isaac SR, Nair MA. 2005. Biodegradation of leaf litter in the warm humid tropics of Kerala, India. *Soil Biol Biochem.* 37:1656-1664.
- Jackson RB, Mooney HA, Schulze ED. 1997. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Ecology.* 94:7362-7366.
- Jacob M, Weland N, Platner C, Schaefer M, Leuschner C, Thomas FM. 2009. Nutrient release from decomposing leaf litter of temperate deciduous forest trees along a gradient of increasing tree species diversity. *Soil Biol Biochem.* 41(10):2122–2130.
- Jiménez EM, Moreno FH, Penuela MC, Patino S, Lloyd J. 2009. Fine root dynamics for forests on contrasting soils in the Colombian Amazon. *Biogeosciences.* 6:2809-2827.
- Jobbagy EG, Jackson RB. 2001. The distribution of soil nutrients with depth: Global patterns and the imprint of plants. *Biochemistry.* 53:51-77.
- Kang BT, Caveness FE, Tian G, Kolawole GO. 1999. Longterm alley cropping with four hedgrew species on an Alfisol in southwestern Nigeria-effect on crop performance, soil chemical properties and nematode population. *Nutr Cycl Agrosyst.* 54:145-155.
- Kaye JP, Resh SC, Kaye MW, Chimner RA. 2000. Nutrient and carbon dynamics in replacement series of *Eucalyptus* and *Albizia* trees. *Ecology.* 81:3267-3271.
- Keane RE. 2008. Surface fuel litterfall and decomposition in the northern Rocky Mountains, USA. Research Paper RMRS-RP-70. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. hlm:1-28.
- Kheong LV, Rahman ZA, Musa MN, Hussein A. Nutrient absorption by oil palm primary roots as affected by empty fruit bunch application. *J Oil Palm Res.* 22: 711-720.
- Knops JMH, Laungani R. 2009. Species-driven changes in nitrogen cycling can provide a mechanism for plant invasions. *PNAS.* 106:12400-12405.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- McClaugherty CA, Aber JD, Mellilo JM, 1984. Decomposition dynamics of fine roots in forested ecosystems. *Oikos*. 42:378–386.
- McClaugherty C. 2001. Soils and Decomposition. Encyclopedia of Life Sciences. Macmillan Publishers. USA. hlm 1-8.
- Moore TR, Trofymow JA, Prescott CE, Titus BD. 2010. Nature and nurture in the dynamics of C, N and P during litter decomposition in Canadian forests. *Plant Soil*. Published Online: 12 September 2010.
- Moraes RM de, Delitti WC braz, Vuono YS de. 1999. Litter and nutrient content in two Brazilian Tropical Forest. *Revista Brasilenu de Botca* 22:1. [3Februari 2012]. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84041999000100002>.
- Nahwari H, Husni MHA, Othman R, Bah A. 2011. Decomposition of Leaf and Fine Root Residues of Three Different Crop Species in Tropical Peat under Controlled Condition. *Malaysian J Soil Sci*. 15:63-74.
- Ojo AF, Kadeba TOS, Kayode J. 2010. Litter mass and nutrient dynamics in a transformed rainforest ecosystem in Southwestern Nigeria. *Bangladesh J Sci Ind Res*. 45(4):351-358.
- Olson JS. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*. 44:332-331.
- Ogunkunle CO, Awotoye OO. 2011. Soil Fertility Status under Different Tree Cropping System in a Southwestern Zone of Nigeria. *Not Sci Biol*. 3(2):123-128.
- Ostertag R, Hobbie SE. 1999. Early stages of root and leaf decomposition in Hawaiian forests: effects of nutrient availability. *Oecologia*. 121:564–573
- Owolarafe OK, Arumughan C. 2007. A Review of Oil Palm Fruit Plantation and Production under the Contract-Growers Scheme in Andhra Pradesh and Tamil Nadu States of India. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Invited Overview 4(9):1-18. March, 2007.
- Pan Y, Birdsey RA, Kurz WA, Ciais P, Rautiainen A, Philips OL, Jackson RB, Sitch S, Fang J, Houghton R, *et al*. 2011. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science*. 333:988-993.
- Pausas JG. 1997. Litter fall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees. *J Veg Sci*. 8:643-650.
- Pouyat RV, Carreiro MM. 2003. Controls on mass loss and nitrogen dynamics of oak leaf litter along an urban-rural land-use gradient. *Oecologia*. 135:288–298.
- Raizada A, Jayaprakash J, Rathore AC, Tomar JMS. 2013. Distribution of fine root biomass of fruit and forest tree species raised on old river bed lands in the north west Himalaya. *Trop Ecol*. 54(2):251-261.
- Rosleine D, Devi N, Choesin, Sulistyawati E. 2006. The contribution of dominant tree species to nutrient cycling in a mixed forest ecosystem on mount tangkuban perahu, West Java, Indonesia. *International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS)*. 29-30 November 2006. Bandung-Indonesia. hlm 378-380.
- Salétes S, Caliman JP, Raham D. 2004. Study of mineral nutrient losses from oil palm empty fruit bunches during temporary storage. *J Oil Palm Res*. 16(1):11-21.

- Santantonio D, Hermann RK. 1985. Standing crop, production, and turnover of fine roots on dry, moderate, and wet sites of mature Douglas-fir in western Oregon. *Ann Sci For.* 42:113-142.
- Scherer-Lorenzen M, Bonilla JL. 2007. Tree species richness affects litter production and decomposition rates in a tropical biodiversity experiment. *Oikos* 116:2108-2124.
- Semwal RL, Maikhuri RA, Rao KS, Sen KK, Saxena KG. 2003. Leaf litter decomposition and nutrient release patterns of six multipurpose tree species of central Himalaya, India. *Biomass Bioenerg.* 24(1):3-11.
- Sharma SC, Pande PK. 1986. Patterns of litter nutrient concentration in some plantation ecosystems. *For Ecol Manage.* 29:151-163.
- Sharma JC, Sharma Y. 2004. Effect of forest ecosystems on soil properties - a review. *Agri Rev.* 25(1):16- 28.
- Silver WL, Thompson AW, McGroddy ME, Varner RK, Dias JD, Silva H, Crill PM, Kellers M. 2005. Fine root dynamics and trace gas fluxes in two lowland tropical forest soils. *Glob Change Biol.* 11:290-360.
- Singh KP, Singh PK, Tripathi SK. 1999. Litterfall, litter decomposition, and nutrient release patterns in four native tree species raised on coal mine spoil at Singrauli, India. *Biol Fertil Soils* 29:371-379.
<http://link.springer.com/article/10.1007/s003740050567#page-1>
- Singh SP, Bargali K, Joshi A, Chaudhy S. 2005. Nitrogen resorption in leaves of tree and shrub seedlings in response to increasing soil fertility. Research Communications. *Current Sci.* 89:389-396.
- Smith K, Gholz HL, Oliveira Francisco de Assis. 1998. Litterfall and nitrogen-use efficiency of plantations and primary forest in the eastern Brazilian Amazon. *Forest Ecol Manage.* 109:209-220.
- Sodhi NS, Koh LP, Brook BW, Ng PK. 2004. Southeast Asian biodiversity: an impending disaster. *Trends Ecol Evol.* 19:654-660.
- Sulistiyanto Y, Rieley JO, Limin SH. 2005. Laju Dekomposisi dan Pelepasan Hara dari Serasah pada Dua Sub-Tipe Hutan Rawa Gambut di Kalimantan Tengah. *J Man Hut Trop.* 2:1-14.
- Sukardjo S. 1996. The relationship of litterfall to basal area and climate variables in the *Rhizophora mucronata* Lamarck plantation at Tritih, Central Java, Indonesia. *Southeast Asian Studies.* 34(2):424-432.
- Taiz L, Zeiger E. 2010. *Plant Physiology*. Sunderland: Sinauer Associates. 690 hlm.
- Tateno R, Kawaguchi H. 2002. Differences in nitrogen use efficiency between leaves from canopy and subcanopy trees. *Ecol Res.* 17:695-704.
- Taylor BR, Parkinson D, Parsons W. 1989. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microsom test. *Ecology.* 70:97-104.
- Tilman D, Downing JA. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature.* 367:363-364.
- Tilman D, Wedin D, Knops J. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature.* 379:718-721.
- Tjitrosoepomo G. 2002. Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta). Yogyakarta. Gadjah Mada University Press. 266 hlm.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Tong J, Xiang W, Liu C, Lei P, Tian D, Deng X, dan Peng C. 2012. Tree species effects on fine root decomposition and nutrient release in subtropical forest in Southern China. *Plant Ecol Divers.* 5(3): 323-331.
- Triadiati, Tjitrosemito S, Guhardja E, Sudarsono, Qayim I, Lueschner C. 2007. Nitrogen resorption and nitrogen use efficiency in cacao agroforestry systems managed differently in Central Sulawesi. *Hayati J Biosci.* 14:127-132.
- Triadiati, Tjitrosemito S, Guhardja E, Sudarsono, Qayim I, Lueschner C. 2011. Litterfall production and leaf-litter decomposition at natural forest and cacao agroforestry in Central Sulawesi, Indonesia. *Asian J Biol Sci.* 4:221-234.
- Tsialtas IT, Veresoglou DS. 2007. Nitrogen use efficiency in semi-arid community and its relationship with water use efficiency and soil water and nitrogen. *World J Agric Sci.* 3(4):485-488.
- Turner EC, Snaddon JL, Fayle TM, Foster WA. 2008. Oil palm research in context: identifying the need for biodiversity assesment. *PloS One.* 3(2): e1572. doi:10.1371/journal.pone.0001572.
- Uhl C, Jordan CF. 1984. Succession and nutrient dynamics following forest cutting and burning in Amazonia. *Ecology.* 65:1476–1490.
- Williamor GB, Pontius RG, Jr., Van Noordwijk M. 2014. Agroforest's growing role in reducing carbon losses from Jambi (Sumatra), Indonesia. *Regional Environ Change.* 14:825-834.
- Willela DM, Nascimento MT, de Aragão LEOC, da Gama DM. 2006. Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic forest. *J Biogeogr.* 33: 506-516.
- Vitousek PM. 1982. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. *Am Natur.* 119:553-572.
- Vitousek PM, Sanford RL Jr. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Ann Rev Ecol Syst.* 17:137—67.
- Vogt KA, Vogt DJ, Bloomfield J. 1991. Input of organic matter to the soil by tree roots. Di dalam: Persson H, McMichael BL, editor. *Plant Roots and Their Environments.* Amsterdam: Elsevier. hlm 171-190. Tersedia pada: <http://www.amazon.com/Plant-Roots-Their-EnvironmentMcMichael/dp/044456537X>.
- Wang Q, Wang S, Huang Y. 2008. Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. *Forest Ecol Manage.* 255:1210–1218.
- Wenyau L, John EDF, Zaifu Xu. 2000. Leaf litter decomposition of canopy trees, bamboo, and moss in a montane moist evergreen broad-leaved forest on Ailao Mountain, Yunnan South-Wast China. *Ecol Res.* 15:435-447.
- Wilcove DS, Koh LP. 2010. Addressing the threats to biodiversity from oil-palm agriculture. *Biodivers Conserv.* 19:999-1007.
- Wilcove DS, Giam X, Edwards DP, Fisher B, Koh LP. 2013. Navjot’s nightmare revisited: logging, agriculture, and biodiversity in Southeast Asia. Review. *Trends Ecol Evol.* 30(10):1-10.
- Witt C, Fairhurst TH, Griffiths W. 2005. Key principles of crop and nutrient management in oil palm. *Better crops.* 89(3):27-31.

- Wong TM. 2002. *A Dictionary of Malaysian Timbers*. Ed ke-2. Kuala Lumpur: Forest Research Institute Malaysia. 201 hlm.
- Xu XN, Hirata E. 2005. Decomposition patterns of litter of seven common canopy species in a subtropical forest: N and P dynamics. *Plant Soil*. 273:279-289. Tersedia pada: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-004-8069-5#page-1>.
- Yang YS, Chen GS, Lin P, Xi JS, Guo JF. 2004. Fine root distribution, seasonal pattern and production in four plantations compared with a natural forest in Subtropical China. *Ann For Sci*. 61: 617–627.
- Yuan ZY, Chen HYH. 2010. Fine Root Biomass, Production, Turnover Rates, and Nutrient Contents in Boreal Forest Ecosystems in Relation to Species, Climate, Fertility, and Stand Age: Literature Review and Meta-Analyses. [Critical Reviews]. *Plant Sci*. 29:204–221.
- Yuan Z-Y, Li L-H, Han X-G, Huang J-H, Wan S-Q. 2005a. Foliar nitrogen dynamics and nitrogen resorption of a sandy shrub *Salix gordejvii* in northern China. *Plant Soil*. 278:183-193.
- Yuan Z-Y, Wan S-Q, Li L-H, Han X-G, Huang J-H, Jiang G-M. 2005b. Soil characteristics and nitrogen resorption in *Stipa krylovii* native to northern China. *Plant Soil*. 273:257-268.
- Yuan Z-Y, Li L-H, Han X-G, Huang J-H, Jiang G-M, Wan S-Q, Zhang W-H, Chen Q-S. 2005c. Nitrogen resorption from senescing leaves in 28 plant species in a semi-arid region of northern China. *J Arid Environ*. 63:191-202.
- Zhang D, Hui D, Luo Y, Zhou G. 2008. Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems; global patterns and controlling factors. *J Plant Ecol*. 1(2):85-93.
- Zheng Z, Shanmughavel P, Sha L, Cao M, Warren M. 2006. Litter decomposition and nutrient release in a tropical seasonal rain forest of Xishuangbanna, Southwest China. *Biotropica*. 29(6):884-893.
- Zhu XC, Sun ZM, Tao YQ, Gao WH, Huang QA, Cang ZW, Zhou XW. 2008. Introduction of prior variety of *Elaeis guineensis* from Malaysia. *Guangdong For Sci Technol*. 24:84-86.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Payakumbuh, Sumatera Barat pada tanggal 04 Juli 1981. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Azwin, S.Sos dan Hildarnis. Pada tanggal 19 Desember 2009 penulis menikah dengan Vetho Sayuthi, ST, MT dan dikaruniai dua orang anak yaitu Altamis Fathurrahmaan Vetho dan Afkar Sholahuddin Vetho.

Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Biologi Universitas Andalas Padang, lulus pada tahun 2003 dengan predikat "dengan pujian". Pada tahun 2005 penulis diterima sebagai mahasiswa Pasca Sarjana Program Studi Biologi IPB dan menyelesaikan program Master pada tahun 2007. Pada tahun 2008 penulis diterima sebagai staf pengajar di Universitas Negeri Padang. Setahun kemudian yakni pada tahun 2009 penulis melanjutkan pendidikan doktor di Institut Pertanian Bogor.

Sebagian dari isi disertasi ini telah dipublikasikan di *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* Vol. 6, No. 1 dengan judul makalah *Transformation of Lowland Rainforest into Oil Palm Plantations Results in Changes of Leaf Litter Production and Decomposition in Sumatra, Indonesia* dan pada *Makara Journal of Sciences* dengan judul makalah *Fine Root Production and Decomposition at Bukit 12 National Park and Oil Palm Plantation in Jambi Province, Indonesia* [masih dalam tahap review].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.