

ISSN : 1829-6327
E-ISSN : 2442-8930

penelitian **HUTAN** tanaman

Vol. 13 No. 1, Juni 2016

HUBUNGAN ANTARA KONDISI TAJUK *Eucalyptus pellita* F. Muell DENGAN INFEKSI PENYAKIT BUSUK AKAR

PEMILIHAN JENIS HIBRID ULAT SUTERA YANG OPTIMAL UNTUK DIKEMBANGKAN DI DATARAN TINGGI DAN/ATAU DATARAN RENDAH

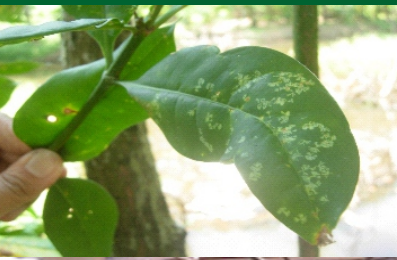
PERBEDAAN KOMPOSISI HUTAN ALAM PRODUKSI PADA BERBAGAI UMUR BEKAS TEBANGAN DAN LERENG

PENILAIAN KESEHATAN SUMBER BENIH *Shorea* spp. DI KHDTK HAURBENTES DENGAN METODE FOREST HEALTH MONITORING

DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP RESPON HIDROLOGIS DI DAS ASAHAN

UJI LABORATORIUM DAN LAPANG INSEKTISIDA NABATI BIOPROTEKTOR BP-1 TERHADAP TUNGAU PARASIT *Varroa destructor* Anderson & Trueman PADA LEBAH MADU *Apis mellifera* L.

PENDUGAAN BIOMASSA DAN KANDUNGAN KARBON KAYU AFRIKA (*Maesopsis emenif* EngL) DI KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARAT



**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HUTAN
BADAN PENELITIAN, PENGEMBANGAN DAN INOVASI
KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN**

Terakreditasi
SK Kepala LIPI No. 818/E/2015
677/AUE/P2MI-LIPI/07/2015

JURNAL PENELITIAN HUTAN TANAMAN

Vol. 13 No. 1, Juni 2016

Jurnal Penelitian Hutan Tanaman adalah media resmi publikasi ilmiah hasil penelitian dalam bidang aspek Hutan Tanaman, antara lain: Perbenihan, Pembibitan, Teknik Silvikultur, Pemuliaan Pohon, Perlindungan Hutan Tanaman (meliputi nama penyakit, gulma, kebakaran), Biometrika, Sistem Silvikultur, Sosial Ekonomi, Pengelolaan Lingkungan Hutan Tanaman dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dengan frekuensi tiga kali setahun (April, Agustus, Desember) sejak Vol. 13 No. 1 Juni 2016 Jurnal Penelitian Hutan Tanaman terbit dengan frekuensi dua kali setahun (Juni, Desember)

Penanggung Jawab

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan

Dewan Redaksi (Editorial Board)

Deputi Editor

Dr. Esrom Hamonangan, S.Si., MEE

Editor

Dr. Darwo

(*Silvikultur dan Biometrika Hutan - KLHK*)

Dewan Redaksi

Dr. Noor Farikhah Haneda

(*Hama dan Penyakit Tanaman - IPB*)

Dr. Tuti Herawati, S.Hut., M.Si

(*Kebijakan Hutan - KLHK*)

Prof. Dr. Hardjanto

(*Ekonomi dan Sosial Kehutanan - IPB*)

Prof. Dr. Tukirin Partomihardjo

(*Ekologi Hutan dan Botani - LIPI*)

Dr. Juang Rata Matangaran

(*Manajemen Hutan - IPB*)

Dr. Tedi Roosolono

(*Statistik dan Perencanaan - IPB*)

Dr. Basuki Wasis

(*Ilmu Tanah Hutan - IPB*)

Prof. Dr. Ujang Sumarwan

(*Hidrologi dan Konservasi Tanah dan Air - KLHK*)

Dr. Priyanto Pamungkas

(*Silvikultur - IPB*)

Dr. Lailan Syaufani

(*Perlindungan Hutan - IPB*)

Dr. Tania June

(*Iklim-Tanaman Mikrometeorologi, Fliks CO₂ - IPB*)

Asep Hidayat, S.Hut., M.Agr., Ph.D

(*Mikrobiologi - KLHK*)

Reviewer

Prof (Riset). Dr. Nina Mindawati

(*Silvikultur - KLHK*)

Dr. Arif Nirsatmanto

(*Pemuliaan Tanaman Hutan - KLHK*)

Dr. Yulianti Bramasto

(*Silvikultur/Perbenihan - KLHK*)

Dr. Made Hesti Lestari Tata, S.Si., M.Si

(*Silvikultur - KLHK*)

Ir. Atok Subiakto, M.App.Sc

(*Silvikultur - KLHK*)

Dr. Ir. Sri Suharti, M.Sc

(*Perhutanan Sosial - KLHK*)

Prof. Dr. Cahyono Agus D.K.

(*Ilmu Tanah Hutan - UGM*)

Dr. Tatang Tiryana

(*Perencanaan Pengelolaan Hutan - IPB*)

Prof. Dr. Iskandar Zulkarnaen Siregar

(*Pemuliaan Pohon dan Genetika Molekuler - IPB*)

Copy Editor

Hani S. Nuroniah, S.Si, M.Si, Ph.D.

(*Silvikultur - KLHK*)

Editor Bagian (Sec. Editor)

Lutfy Abdullah, S.Hut, M.Si

(*Biometrika - KLHK*)

Retno Agustarini, S.Hut, M.Si

(*Sosial Ekonomi - KLHK*)

Neo Endra Lelana, S.Si, M.Si

(*Perlindungan Hutan - KLHK*)

Henti Hendalastuti Rachmat, S.Hut, M.Si, Ph.D

(*Silvikultur, Genetik - KLHK*)

Drs. Ibnu Sidratul Muntaha, M.Si

(*Manajemen - KLHK*)

Retno Kusumastuti Rahajeng, SH., M.Hum

(*Manajemen - KLHK*)

Merry M. Dethan, SP

(*Ilmu Tanah - KLHK*)

Layout Editor

Zamal Wildan, S.Kom

Administrasi

Ari Wibowo, A.Md

Diterbitkan oleh:

Pusat Penelitian Pengembangan Hutan

Badan Penelitian Pengembangan dan Inovasi

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Terbit pertama kali September 1996 dengan judul Buletin Penelitian Pemuliaan Pohon (ISSN 1410-1165),
sejak April 2003 berganti judul menjadi Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan (ISSN 1693-7147),
dan sejak April 2004 berganti judul menjadi Jurnal Penelitian Hutan Tanaman (ISSN 1829-6327)

Alamat:

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan

Jl. Gunung Batu No. 5 Kotak Pos 165, Bogor 16610, Jawa Barat, Indonesia

Telp. + 62-8633234; Fax. +62-8638111

Email: pp_p3ht@yahoo.co.id

Jurnal elektronik (E-journal): <http://ejournal.forda-mof.org/ejournal-litbang/index.php/JPHT>

Terakreditasi

Berdasarkan SK Kepala LIPI No. 818/E/2015

(677/AUE/P2MI-LIPI/07/2015)

Accredited by the Indonesian Institute of Sciences No. 818/E/2015

(677/AU3/P2MI-LIPI/07/2015)

JURNAL PENELITIAN HUTAN TANAMAN

Vol. 13 No. 1, Juni 2016

DAFTAR ISI

1. **HUBUNGAN ANTARA KONDISI TAJUK *Eucalyptus pellita* F. Muell DENGAN INFEKSI PENYAKIT BUSUK AKAR**
Correlation Between Crown Condition of Eucalyptus pellita F. Muell and Root Rot Infection
Luciasih Agustini dan/and Ragil SB Irianto _____ **1-11**
2. **PEMILIHAN JENIS HIBRID ULAT SUTERA YANG OPTIMAL UNTUK DIKEMBANGKAN DI DATARAN TINGGI DAN/ATAU DATARAN RENDAH**
Selection of Silk Worm Hybrids for Silk Worm Rearing in Highland and/or Lowland
Lincih Andadari _____ **13-21**
3. **PERBEDAAN KOMPOSISI HUTAN ALAM PRODUKSI PADA BERBAGAI UMUR BEKAS TEBANGAN DAN LERENG**
The Composition Differentiate of Natural Forest Production at Some Time Cutting and Slope Class
Lutfy Abdulah dan/and Mira Yulianti _____ **23-35**
4. **PENILAIAN KESEHATAN SUMBER BENIH *Shorea* spp. DI KHDTK HAURBENTES DENGAN METODE FOREST HEALTH MONITORING**
The Health Assessment of Shorea spp. Seed Source in FASP Haurbentes Using Forest Health Monitoring Method
Kurniawati Purwaka, Supriyanto dan/and Lailan Syaufina _____ **37-48**
5. **DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP RESPON HIDROLOGIS DI DASASAHAN**
Landuse Change Impact on Hydrologic Responses in Asahan Watershed
Ahmad Dany Sunandar, Endang Suhendang, Hendrayanto, I Nengah Surati Jaya dan/and Marimin _____ **49-60**
6. **UJI LABORATORIUM DAN LAPANG INSEKTISIDA NABATI BIOPROTEKTOR BP-1 TERHADAP TUNGAU PARASIT *Varroa destructor* Anderson & Trueman PADA LEBAH MADU *Apis mellifera* L.**
Laboratory and Field Trials of Bio-Insecticide Bioprotektor BP-1 Against Parasitic Mites Varroa destructor Anderson & Trueman on Apis mellifera L. Honey Bees
Kuntadi _____ **61-72**
7. **PENDUGAAN BIOMASSA DAN KANDUNGAN KARBON KAYU AFRIKA (*Maesopsis emenii* Engl.) DI KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARAT**
Biomass and Carbon Stock of Maesopsis emenii Engl. at Sukabumi District, West Java
Ismayadi Samsodien, Harmastini Sukiman, Marfuah Wardani dan/and N.M. Heriyanto _____ **73-81**

JOURNAL OF PLANTATION FOREST RESEARCH

ISSN : 1829-6327

Vol. 13 No. 1, 2016

E-ISSN : 2442-8930

Keywords are extracted from articles. Abstract may be reproduced without permission

UDC/ODC 630*443

Luciasih Agustini and Ragil SB Irianto (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)

Correlation between Crown Condition of Eucalyptus pellita F. Muell and Root rot Infection

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 1-11

Functional disruption of cells and tissues within individual leaves due to pests and diseases infection subsequently causes in deterioration of crown, canopy contraction, and even tree death. Crown condition usually used as visual indicator for tree health assessment. Root-rot is considered as the most damaging disease for Eucalyptus pellita plantations. Therefore, methodology for the detection of rootrot at an early stage is required. In order to develop root rot detection method, this study investigates relationship between crown symptoms and root rot disease in E. pellita plantation. A visual assessment method to classify the crown condition of trees in plantations of E. pellita was developed. Repeatability, reproducibility and reliability of the developed method were examined by conducting repeated surveys. Applicability of the method to indicate root-rot incidence and severity at individual tree level was tested in seven plots. At the plot level, the crown-conditions were significantly correlated with the incidence and severity of root rot. At the tree level, the crown conditions were not significantly correlated with root-rot incidence and severity. Probability of these crown-indicators for estimating root-rot incidence and severity in individual tree is 61.4% and 41.6%, respectively. In order to prevent risks of massive productivity loss, root-rot site risk assessments are suggested to be conducted before plantation expansion.

Keywords: Crown condition, Eucalyptus pellita, incidence, root rot, severity

UDC/ODC 638.2

Lincih Andadari (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)

Selection of Silk Worm Hybrids for Silk Worm Rearing in Highland and/or Low Land

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 13-21

One constraints in natural silk industry in Indonesia is slow production and poor quality of cocoon. This is due to the use of same type of worm for diverse locations. This study aimed to obtain best silkworm for highlands and/or lowlands rearing. Four silkworm hybrids from Forest R&D Centre and one commercial hybrid from Perhutani were tested. The experimental design using a split plot design in a randomized block design. The main plot was location altitude (highland and lowland) and subplot was silkworm hybrids (P3H-1, P3H-2, P3H3, P3H-4, and C301). The results showed that the rate of hatching silkworms were not affected by the hybrids and altitudes with hatching percentages were above 96 %. Three hybrids namely P3H-1, P3H-2, and P3H-4 are suitable to be reared in lowlands. Two hybrids namely P3H-2 and P3H-3 are suitable for highlands. Hybrids P3H-2 are potentially reared in lowland and highland.

Keywords: Hybrid, productivity, silkworm

JOURNAL OF PLANTATION FOREST RESEARCH

ISSN : 1829-6327

Vol. 13 No. 1, 2016

E-ISSN : 2442-8930

Keywords are extracted from articles. Abstract may be reproduced without permission

UDC/ODC 630*232.31

Lutfy Abdullah and Mira Yulianti (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)

The Composition Differentiate of Natural Forest Production at Some Time Cutting and Slope Class

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 23-35

The management of natural forests production in Indonesia have been facing with the pressure to sustainability of growth and results. Number of tree and number of tree species have been dimishing after harvested for long time. That is effect to reduction of forest production value. The objective of the research was to determine the impact of logging on biodiversity and to calculate natural regeneration. The research method by transect survey on logged area at 2002, 2003, 2012 and 2013. Parameters consisted of individual density, frequency, dominance, species richness, diversity, and level of slope. The result showed that. there are 5 types of commercially namely S. selanica BI, C. soulatry, C. buruana Mig., E. papuana, Garcinia sp. and P. pinnata Forst. & Forst. with the different natural regeneration condition. The IVI of commercial species still good by dominated by non-commercial species. The richness index is moderate and diversity index is low. It is need to improve by silviculture treatment and biophysical consideration by development a plantation area in unproductive area with commercial species.

Keywords: Diversity, important value, log over area, species richness

UDC/ODC 630.232.31

Kurniawati Purwaka Putri (Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan)

The Health Assessment of Shorea spp. Seed Source in FASP Haurbentes Using Forest Health Monitoring Method

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 37-48

The healthy of forest ecosystem is one of the criteria for assessing sustainable forest management (SFM) The healthy stands is also general requirement of seed sources. Forest Health Monitoring (FHM) is an intensive method for monitoring and assessing ecosystem health. The indicators of FHM are site quality, tree vitality, productivity and biodiversity. The research aimed to assess the health status of seed sources stands of Shorea spp. in Forest Area for Special Purposes Haurbentes based on FHM method. The results showed that the site quality was high for CEC, pH was low, the distribution of diameter at breast height were 39.3-66.1 cm, the level of tree damage was low, the crown condition was unhealthy, and the diversity of tree species was low. The health status of Shorea spp. seed source stand in FASP Haurbentes was fair and could appointed as a seed source with identified seed stands level.

Keywords: Forest health, seed source, Shorea spp., sustainability

JOURNAL OF PLANTATION FOREST RESEARCH

ISSN : 1829-6327

Vol. 13 No. 1, 2016

E-ISSN : 2442-8930

Keywords are extracted from articles. Abstract may be reproduced without permission

UDC/ODC 630*116

Ahmad Dany Sunandar (Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Aek Nauli), Endang Suhendang (Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor), Hendrayanto (Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor), I Nengah Surati Jaya (Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor) and Marimin (Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor)

Landuse Change Impact on Hydrologic Responses in Asahan Watershed

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 49-60

Land use change is a dynamic process of human activity and these changes will affect hydrological response of a watershed. The research aimed to identify hydrological responses of Asahan watershed due to land use change. Post classification image analysis method was applied to analyze landsat image to detect land use change. SWAT model was built using land use data, soil type and daily climate data from 1985-2010. The results showed that landuse change were more prevalent in non forest land while the forest was relatively fixed. Optimum land use was shown in 2010, indicated with the lowest surface runoff and the highest water yield. Improved hydrological response of Asahan Watershed throughout 1985-2010 occurred due to relatively fixed area of forest cover, reduction of barrend land and shrubs and addition of plantation area.

Keywords: Surface run off, landuse, watershed, water yield

UDC/ODC 630*459

Kuntadi (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)

Laboratory and Field Trials of Bio-Insecticide Bioprotektor BP-1 Against Parasitic Mites Varroa destructor Anderson & Trueman on Apis mellifera L. Honey Bee

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 61-72

Bioprotektor BP-1 is a botanical pesticide formulated from clove, lemongrass, and temulawak oils. Previous studies concluded that the pesticide composed of eugenol, sitronellal, and xanthorrhizol is the most promising agent to control parasitic mite Varroa destructor compared to several essential oils and bio-insecticides. An experimental research was conducted to determine the effective dose and application method of BP-1 through laboratory and field trials. The efficacy trials in 2 phases followed by application test in the laboratory showed that 10% concentrations of the bio-insecticide given in a dose of 0.25 ml per liter volume resulted V. destructor mortality rate above 50% with low rate on honey bee mortality. Field trials indicated that 10% concentration and spray method were the most prospective procedure in applying BP-1 to control V. destructor in Apis mellifera honey bee colonies.

Keywords: Apis mellifera, application test, botanical insecticide, efficacy test

JOURNAL OF PLANTATION FOREST RESEARCH

ISSN : 1829-6327

Vol. 13 No. 1, 2016

E-ISSN : 2442-8930

Keywords are extracted from articles. Abstract may be reproduced without permission

UDC/ODC 630*331.1

Ismayadi Samsuedin (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan); Harmastini Sukiman (Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI); Marfuah Wardani and N.M. Heriyanto (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)

Biomass and Carbon Stock of Maesopsis emenii Engl. at Sukabumi District, West Java

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 73-81

Maesopsis emenii Engl. is one of the fast growing species that can grow on marginal soils with a high enough increment. This study aims to develop allometry equation and predict carbon content in every part of tree and forest stands of M. emenii at the age of eight years. Data was collected using a destructive sampling method through selection of sample trees, 10 out of 450 trees were selected that best represent the stand. Results showed that dry weight of the average oven plant organs are, consecutively stem sections 122.54 kg, 42.94 kg of roots, branches and twigs of 7.15 kg and 6.03 kg of leaves. Allometry equation between the above-ground dry weight of diameter is $Y = 0,0363X^{2,5131}$ ($R^2 = 0.96$), logs with diameter of $Y = 0,0347X^{2,4926}$ ($R^2 = 0.95$), root with diameter of $Y = 0,0205X^{2,3267}$ ($R^2 = 0.90$) and between total dry weight with diameter of $Y = 0,0559X^{2,464}$ ($R^2 = 0.97$). Carbon content obtained at the highest part of the trunk that is as much as 68,07%, respectively roots as much as 23,87%, branches and twigs of 3,97% and the leaves as much as 3,35%. Total carbon content in the stands at M. emenii 30.65 tonnes C per ha.

Keywords : Biomass, carbon content and Maesopsis emenii

JURNAL PENELITIAN HUTAN TANAMAN

ISSN : 1829-6327

Vol. 13 No. 1, 2016

E-ISSN : 2442-8930

Kata kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin dan biaya

UDC/ODC 630*443

Luciasih Agustini dan Ragil SB Irianto (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)

Hubungan Antara Kondisi Tajuk *Eucalyptus pellita* F. Muell dengan Infeksi Penyakit Busuk Akar

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 1-11

Gangguan fungsional pada sel-sel dan jaringan daun akibat serangan hama dan penyakit dapat menyebabkan perubahan pada tajuk, penyusutan kanopi dan bahkan dapat menyebabkan kematian pohon. Kondisi tajuk merupakan indikator visual untuk menilai kesehatan suatu pohon. Penyakit busuk akar merupakan salah satu penyakit yang mengancam produktivitas tegakan *E. pellita* dan sampai saat ini belum dapat dikendalikan dengan efektif. Karena itu metode pendeteksian penyakit busuk akar melalui pengamatan karakteristik kondisi tajuk menjadi penting untuk diketahui. Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode penilaian kondisi tajuk guna mengetahui hubungan antara kondisi tajuk dengan keberadaan dan tingkat keparahan penyakit busuk akar pada tegakan *E. pellita*. Penelitian diawali dengan mengklasifikasikan kondisi tajuk *E. pellita* ke dalam lima kelas. Metode klasifikasi ini diuji *repeatability*, *reproducibility* dan *reliability*. Penerapan metode penilaian kondisi tajuk dalam menduga keberadaan dan level keparahan penyakit busuk akar diuji pada tujuh plot pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada level plot, kondisi tajuk *E. pellita* secara signifikan berkorelasi dengan serangan penyakit busuk akar. Namun, pada level individu pohon masih sulit dideteksi. Peluang kondisi tajuk *E. pellita* dalam menduga keberadaan penyakit busuk akar sebesar 61,4% dan tingkat keparahan sebesar 41,6%. Penilaian potensi suatu kawasan terhadap serangan penyakit busuk akar perlu dilakukan sebelum pembukaan hutan tanaman industri agar kerugian besar akibat penyakit busuk akar dapat dihindari.

Kata kunci: *Eucalyptus pellita*, keberadaan, kondisi tajuk, penyakit busuk akar, tingkat keparahan

UDC/ODC 638.2

Lincih Andadari (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)

Pemilihan Jenis Hibrid Ulat Sutera yang Optimal untuk Dikembangkan di Dataran Tinggi dan/atau Dataran Rendah

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 13-21

Salah satu kendala dalam usaha persuteraan alam di Indonesia adalah masih rendahnya produksi dan kualitas kokon. Hal ini akibat penggunaan jenis ulat yang sama untuk lokasi yang beragam. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bibit ulat sutera yang optimal untuk dikembangkan di dataran tinggi dan/atau dataran rendah. Ulat sutera yang diujikan yaitu empat hibrid ulat sutera dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan satu hibrid dari Perum Perhutani. Penelitian menggunakan Rancangan Split Plot dalam Rancangan Acak Kelompok. Petak utama berupa lokasi dataran rendah dan dataran tinggi dan anak petak terdiri atas lima jenis ulat sutera (P3H-1, P3H-2, P3H-3, P3H-4 dan C301). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat penetasan ulat sutera tidak dipengaruhi oleh jenis ulat sutera maupun ketinggian lokasi pemeliharaan, dengan persentase penetasan di atas 96%. Ulat sutera yang cocok dikembangkan di dataran rendah adalah hibrid P3H-1, P3H-2 dan P3H-4. Jenis hibrid yang sesuai untuk dibudidayakan di dataran tinggi yaitu P3H-2 dan P3H-3. Hibrid P3H-2 potensial untuk dikembangkan dataran rendah dan di dataran tinggi.

Kata kunci: Hibrid, produktivitas, ulat sutera

JURNAL PENELITIAN HUTAN TANAMAN

ISSN : 1829-6327

Vol. 13 No. 1, 2016

E-ISSN : 2442-8930

Kata kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin dan biaya

UDC/ODC 630*232.31

Lutfy Abdullah dan Mira Yulianti (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)

Perbedaan Komposisi Hutan Alam Produksi pada Berbagai Umur Bekas Tebangan dan Lereng

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 23-35

Pengelolaan hutan alam produksi di Indonesia dihadapkan pada tekanan kelestarian pertumbuhan dan hasil. Jenis-jenis yang ditebang pada rotasi berikutnya mengalami penurunan baik potensi maupun permudaannya dan jenis-jenis non komersial akan dominansi di areal bekas tebangan Tujuan penelitian adalah mengetahui dampak penebangan terhadap biodiversitas dan proyeksi permudaan alami. Metode yang digunakan adalah metode analisis vegetasi di LOA tahun 2002, 2003, 2012 dan 2013 dengan parameter kerapatan individu, frekuensi, dominansi pada berbagai level pertumbuhan, kekayaan jenis, keragaman jenis dan pengaruh kelerengan terhadap potensi tegakan tinggal dan permudaan alami. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 5 jenis komersial yaitu *S. selanica* BI, *C. soulatry* Burm., *C. buruana* Mig., *E. papuana* dan *P. pinnata* Forst. & Forst. INP jenis komersil masih dikatakan baik meski jenis npn-komersil masih mendominasi LOA. Indeks kekayaan jenis dapat dikatakan baik namun indeks keragaman jenis tergolong rendah. Untuk itu perlu adanya perbaikan silvikultur dengan mempertimbangkan aspek biofisik melalui penanaman lahan tidak produktif dengan jenis-jenis komersil.

Kata kunci: Hutan bekas tebangan, kekayaan jenis, keragaman, nilai penting

UDC/ODC 630.232.31

Kurniawati Purwaka Putri (Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan)

Penilaian Kesehatan Sumber Benih *Shorea* spp. Di KHDTK Haubentes dengan Metode *Forest Health Monitoring*

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 37-48

Kesehatan ekosistem hutan adalah salah satu kriteria penilaian pengelolaan hutan yang lestari. Kesehatan ekosistem hutan juga menjadi dasar penunjukan sumber benih. *Forest Health Monitoring* (FHM) adalah metode yang dapat digunakan untuk pemantauan dan penilaian kondisi kesehatan ekosistem secara intensif. Indikator ekologis yang dinilai adalah kualitas tapak, vitalitas pohon, produktivitas dan biodiversitas. Metode penelitian menggunakan proses jaringan analitik. Tujuan penelitian adalah menilai status kesehatan tegakan sumber benih *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes berdasarkan metode FHM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas tapak berdasarkan nilai kapasitas tukar kation (KTK) tergolong tinggi, pH tanah tergolong rendah, diameter pohon antara 39,3-66,1 cm, tingkat kerusakan pohon termasuk rendah, kondisi tajuk tidak sehat dan dan keragaman jenis pohon termasuk kategori rendah. Status kesehatan sumber benih *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes tergolong sedang dan layak ditunjuk sebagai sumber benih dengan kelas tegakan benih teridentifikasi.

Kata kunci: Kelestarian, kesehatan hutan, *Shorea* spp., sumber benih

JURNAL PENELITIAN HUTAN TANAMAN

ISSN : 1829-6327

Vol. 13 No. 1, 2016

E-ISSN : 2442-8930

Kata kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin dan biaya

UDC/ODC 630*116

Ahmad Dany Sunandar (Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Aek Nauli), Endang Suhendang (Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor), Hendrayanto (Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor), I Nengah Surati Jaya (Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor) dan Marimin (Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor)

Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Respon Hidrologis di DAS Asahan

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 49-60

Perubahan penggunaan lahan merupakan proses yang dinamis dari aktivitas manusia dan perubahan ini akan berpengaruh terhadap respon hidrologi dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi respon hidrologi DAS Asahan akibat perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Asahan. Analisis perubahan penggunaan lahan dilakukan melalui analisis citra *Landsat* dengan metode *post classification image analysis*. Model SWAT dibangun dengan data penggunaan lahan, data jenis tanah dan iklim harian antara tahun 1985-2010. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan lahan lebih banyak terjadi di lahan non hutan sedangkan lahan hutan relatif tetap. Penggunaan lahan optimal terlihat pada tahun 2010 yang ditunjukkan dengan aliran permukaan yang paling kecil dan hasil air yang tinggi. Perbaikan respon hidrologis DAS Asahan dari tahun 1985-2010 terjadi karena luas hutannya relatif tetap, berkurangnya luas lahan terbuka dan semak belukar serta bertambahnya luas lahan perkebunan.

Kata kunci: Aliran permukaan, daerah Aliran Sungai, hasil air, penggunaan lahan

UDC/ODC 630*459

Kuntadi (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Kampus Badan Litbang dan Inovasi)

Uji Laboratorium dan Lapang Insektisida Nabati Bioprotektor BP-1 terhadap Tungau Parasit *Varroa destructor* Anderson & Trueman Pada Lebah Madu *Apis mellifera* L.

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 61-72

Bioprotektor BP-1 merupakan insektisida nabati berbahan baku minyak cengkeh, serai wangi dan temulawak. Hasil skrining dan uji toksisitas beberapa jenis minyak atsiri dan insektisida nabati menemukan bahwa insektisida Bioprotektor BP-1 yang berbahan aktif eugenol, sitronellal dan xanthorizol potensial untuk mengendalikan *Varroa destructor* pada lebah madu *Apis mellifera*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui dosis efektif dan cara aplikasi insektisida nabati Bioprospektor BP-1 melalui uji aplikasi di laboratorium dan lapang. Hasil uji efikasi dalam dua tahap dan uji aplikasi di laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi 10% dan dosis 0,25 ml per liter volume sarang menghasilkan tingkat kematian *V. destructor* di atas 50% dengan efek kematian lebah yang rendah. Pengujian lebih lanjut di lapang menunjukkan bahwa konsentrasi 10% dengan metode aplikasi semprot paling prospektif untuk mengendalikan tungau *V. destructor* pada koloni lebah madu *A. mellifera*.

Kata kunci: *Apis mellifera*, insektisida nabati, uji aplikasi, uji efikasi

JURNAL PENELITIAN HUTAN TANAMAN

ISSN : 1829-6327

Vol. 13 No. 1, 2016

E-ISSN : 2442-8930

Kata kunci bersumber dari artikel. Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa ijin dan biaya

UDC/ODC 630*331.1

Ismayadi Samsuodin (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan); Harmastini Sukiman (Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI); Marfuah Wardani dan N.M. Heriyanto (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)

Pendugaan Biomassa dan Kandungan Karbon Kayu Afrika (*Maesopsis emenii* Engl.) Di Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat
J. Pen. Htn Tnm Vol. XIII No. 1, 2016 p: 73-81

Kayu afrika (*Maesopsis emenii* Engl.) merupakan salah satu tanaman tumbuh cepat yang dapat tumbuh pada tanah marginal dengan riap yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk membuat persamaan alometri guna menduga kandungan karbon di setiap bagian pohon dan menduga potensi karbon pada tegakan kayu afrika umur 8 tahun dan menduga kandungan karbon pada tegakan hutan tanaman kayu afrika (*M. emenii*) umur 8 tahun. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode *destructive sampling* melalui pemilihan pohon contoh, dari 450 pohon dipilih 10 pohon yang dapat mewakili tegakan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat kering oven rata-rata bagian kayu afrika berturut-turut adalah bagian batang 122,54 kg, akar 42,94 kg, cabang dan ranting 7,15 kg dan bagian daun 6,03 kg. Persamaan alometri antara berat kering bagian atas tanah kayu afrika dengan diameter ialah $Y = 0,0363x^{2,5131}$ ($R^2 = 0,96$), batang kayu afrika dengan diameter ialah $Y = 0,0347x^{2,4926}$ ($R^2 = 0,95$), akar kayu afrika dengan diameter ialah $Y = 0,0205x^{2,3267}$ ($R^2 = 0,90$) dan antara berat kering total kayu afrika dengan diameter ialah $Y = 0,0559x^{2,464}$ ($R^2 = 0,97$). Kandungan karbon kayu afrika paling tinggi diperoleh pada bagian batang sebanyak 68,07%, berturut-turut bagian akar sebanyak 23,87%, cabang & ranting 3,97% dan bagian daun sebanyak 3,35%. Total kandungan karbon pada tegakan kayu afrika umur 8 tahun sebesar 30,65 ton C per ha.

Kata kunci: Biomassa, kandungan karbon, *Maesopsis emenii*

HUBUNGAN ANTARA KONDISI TAJUK *Eucalyptus pellita* F. Muell DENGAN INFEKSI PENYAKIT BUSUK AKAR

*Correlation between Crown Condition of Eucalyptus pellita F. Muell
and Root rot Infection*

Luciasih Agustini dan/and Ragil SB Irianto

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5 PO BOX 165, Bogor 16610 Jawa Barat, Indonesia
Tlp. (0251) 8633234; 7520067 Fax. (0251) 8638111

Email: luci_agustini@forda-mof.org, ragil.irianto@gmail.com

Tanggal diterima: 21 April 2015; Tanggal direvisi: 18 Mei 2016; Tanggal disetujui: 6 Juni 2016

ABSTRACT

Functional disruption of cells and tissues within individual leaves due to pests and diseases infection subsequently causes in deterioration of crown, canopy contraction, and even tree death. Crown condition usually used as visual indicator for tree health assessment. Root-rot is considered as the most damaging disease for Eucalyptus pellita plantations. Methodology for the detection of rootrot at an early stage is required. In order to develop root rot detection method, this study investigates relationship between crown symptoms and root rot disease in E. pellita plantation. A visual assessment method to classify the crown condition of trees in plantations of E. pellita was developed. Repeatability, reproducibility and reliability of the developed method were examined by conducting repeated surveys. Applicability of the method to indicate root-rot incidence and severity at individual tree level was tested in seven plots. At the plot level, the crown-conditions were significantly correlated with the incidence and severity of root rot. At the tree level, the crown conditions were not significantly correlated with root-rot incidence and severity. Probability of these crown-indicators for estimating root-rot incidence and severity in individual tree is 61.4% and 41.6%, respectively. In order to prevent risks of massive productivity loss, root-rot site risk assessments are suggested to be conducted before plantation expansion.

Keywords: *Crown condition, Eucalyptus pellita, incidence, root rot, severity*

ABSTRAK

Gangguan fungsional pada sel-sel dan jaringan daun akibat serangan hama dan penyakit dapat menyebabkan perubahan pada tajuk, penyusutan kanopi dan bahkan dapat menyebabkan kematian pohon. Kondisi tajuk merupakan indikator visual untuk menilai kesehatan suatu pohon. Penyakit busuk akar merupakan salah satu penyakit yang mengancam produktivitas tegakan *E. pellita* dan sampai saat ini belum dapat dikendalikan dengan efektif. Metode pendeteksian penyakit busuk akar melalui pengamatan karakteristik kondisi tajuk menjadi penting untuk diketahui. Penelitian ini bertujuan mengembangkan metode penilaian kondisi tajuk guna mengetahui hubungan antara kondisi tajuk dengan keberadaan dan tingkat keparahan penyakit busuk akar pada tegakan *E. pellita*. Penelitian diawali dengan mengklasifikasikan kondisi tajuk *E. pellita* ke dalam 5 kelas. Metode klasifikasi ini diuji *repeatability*, *reproducibility* dan *reliability*. Penerapan metode penilaian kondisi tajuk dalam menduga keberadaan dan level keparahan penyakit busuk akar diuji pada 7 plot pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada level plot, kondisi tajuk *E. pellita* secara signifikan berkorelasi dengan serangan penyakit busuk akar. Namun, pada level individu pohon masih sulit dideteksi. Peluang kondisi tajuk *E. pellita* dalam menduga keberadaan penyakit busuk akar sebesar 61,4% dan tingkat keparahan sebesar 41,6%. Penilaian potensi suatu kawasan terhadap serangan penyakit busuk akar perlu dilakukan sebelum pembukaan hutan tanaman industri agar kerugian besar akibat penyakit busuk akar dapat dihindari.

Kata kunci: *Eucalyptus pellita, keberadaan, kondisi tajuk, penyakit busuk akar, tingkat keparahan*

I. PENDAHULUAN

Kondisi tajuk sebuah tanaman berkaitan langsung dengan produktivitas tanaman, karena pada bagian tajuk terjadi proses fotosintesis yang mengubah energi matahari menjadi substrat yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan berkembang (Schomaker *et al.*, 2007). Kondisi tajuk merupakan parameter yang umum digunakan sebagai indikator kesehatan tanaman (Stone & Haywood, 2006). Kondisi tajuk adalah manifestasi dari kondisi fisiologis dan morfologis daun-daun penyusunnya. Gangguan fungsional pada sel-sel dan jaringan daun, baik sebagai respons terhadap cekaman lingkungan maupun serangan hama dan penyakit, pada intensitas gangguan tertentu akan menyebabkan perubahan pada tajuk, penyusutan kanopi bahkan pada level yang lebih parah dapat mengakibatkan kematian pohon dan menimbulkan ruang kosong (*gaps*) pada populasi tegakan pohon tersebut (Cunningham *et al.*, 2007; Horton *et al.*, 2011).

Banyak penelitian telah melakukan studi untuk mengetahui respon tajuk pohon terhadap pengaruh cekaman lingkungan, hama dan penyakit (Bakys *et al.*, 2011; Carnicer *et al.*, 2011; Pautasso *et al.*, 2015; Vollenweider dan Gunthardt-Goerg, 2006; Wang *et al.*, 2007; Wolken *et al.*, 2009). Pada umumnya pengamatan kondisi tajuk dihubungkan dengan serangan penyakit yang menyerang daun, seperti mati pucuk (*shoot blight*) yang disebabkan oleh fungi *Quambalaria* sp. dan bercak daun (*leaf spot*) yang disebabkan oleh *Mycosphaerella* sp. yang menyerang tegakan *Eucalyptus* spp. dan *Corymbia* spp. (Carnegie, 2007). Adanya gejala klorosis dan jaringan nekrotik pada tajuk yang diamati, mengindikasikan adanya serangan patogen yang menyerang daun-daun tersebut. Hanya beberapa saja yang meneliti kaitan antara kondisi tajuk dengan cekaman pada perakaran, terutama yang disebabkan oleh penyakit busuk akar dan menunjukkan hasil yang bervariasi (Carnicer *et al.*, 2011; Francis *et al.*, 2014). Padahal patogen akar yang menyerang jaringan pembuluh tanaman inang secara tidak langsung dapat mempengaruhi proses fotosintesis daun yang secara kumulatif dapat diamati pada kondisi tajuk (Agustini *et al.*, 2015; Berger *et al.*, 2007; Morin *et al.*, 2015).

Penyakit busuk akar merupakan penyakit yang paling merusak, intensitas serangannya terus bertambah seiring dengan umur dan rotasi tanaman. Di Malaysia tercatat bahwa kematian pohon *Acacia mangium* Willd umur 14 tahun

karena serangan penyakit busuk akar mencapai 40% (Glen *et al.*, 2009) Di Filipina, tercatat antara 10-25% pohon mati akibat busuk akar pada tegakan umur 6-10 tahun (Eyles *et al.*, 2008). Di Indonesia, sekitar 3-28% tegakan *A. mangium* umur 3-5 tahun dilaporkan telah terserang penyakit busuk akar (Irianto, *et al.*, 2006). Besarnya persentase serangan busuk akar pada suatu lokasi, apalagi sampai mengakibatkan kematian pohon, tentu saja berdampak pada menurunnya produktivitas dan kerugian secara finansial.

Eucalyptus pellita F. Muell. merupakan salah satu tanaman yang digunakan sebagai bahan baku bagi industri pulp dan kertas di Indonesia. Jenis ekaliptus ini merupakan salah satu pilihan selain *A. mangium* yang telah mejadi komoditas utama Hutan Tanaman Industri (HTI) di Indonesia. *E. pellita* memiliki pertumbuhan yang lebih baik (Sulichantini, 2016) dan lebih tahan terhadap penyakit daun dibandingkan jenis ekaliptus lain (Agustini *et al.*, 2013). Namun berdasarkan studi di beberapa lokasi HTI di Riau, Sumatera Selatan dan Kalimantan Timur, ternyata baik *A. mangium* maupun *E. pellita* rentan terhadap serangan penyakit busuk akar (Agustini *et al.*, 2014; Francis *et al.*, 2014; Eyles *et al.*, 2008; Irianto *et al.*, 2006).

Mengenali gejala-gejala yang tampak pada tanaman merupakan salah satu aspek yang penting dalam upaya mengendalikan suatu penyakit tanaman. Untuk mengenali penyakit busuk akar biasanya dilakukan observasi perakaran dengan cara menggali tanah di sekitar perakaran tersebut. Brazee & Wick (2009) menggunakan gejala mati pucuk (*crown die-back*), daun yang klorosis dan ukuran lebih kecil sebagai indikator pohon yang terinfeksi *Armillaria* spp. di hutan campuran di Massachusetts, USA, selain gejala-gejala yang tampak pada pangkal batang, seperti basal *cavities*, basal resinosis. Francis *et al.* (2014) menggunakan gejala yang tampak pada tajuk *A. mangium*, yaitu: menguningnya daun (*discolorisation*) dan kerapatan tajuk sebagai indikator mengamati pola penyebaran busuk akar yang disebabkan oleh patogen *Ganoderma philippii*. Sampai saat ini, belum ada publikasi yang melaporkan hubungan antara serangan penyakit busuk akar terhadap kondisi tajuk *E. pellita*. Tujuan penelitian adalah mengembangkan metode penilaian kondisi tajuk *E. pellita* guna mengetahui hubungan antara kondisi tajuk dengan keberadaan (*incidence*) dan tingkat keparahan (*severity*) penyakit busuk akar pada tegakan *E. pellita* di salah satu lokasi HTI di Riau.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Survey dilakukan 3 kali, yaitu pada bulan Juni 2008 (survey I), Oktober 2008 (survey II) dan Februari 2009 (survey III) di 7 plot tegakan *E. pellita* yang tersebar di 3 lokasi (Tabel 1) di Riau. Seluruh lokasi yang dipilih sebagai plot pengamatan merupakan lokasi yang terserang penyakit busuk akar.

B. Pengamatan Kondisi Tajuk *E. pellita*

Kondisi tajuk *E. pellita* diamati secara visual dalam 2 tahap pengamatan, yaitu: (1) kesan kondisi kesehatan pohon secara umum, berdasarkan kriteria yang tercantum pada Tabel 2 dan (2) pengamatan/pengukuran indikator tajuk yang lebih terperinci. Kriteria kesehatan pohon dibuat berdasarkan pengamatan deskriptif terhadap variasi kondisi tajuk *E. pellita* pada survey pendahuluan di 12 kompartemen. Variasi kondisi tajuk lalu dikelompokkan menjadi 6 kelas, mulai dari kondisi tajuk yang mati sampai dengan sangat sehat (Tabel 2, Gambar 1). Adapun indikator tajuk *E. pellita* diamati secara lebih terperinci adalah:

1. Dominansi tajuk (tajuk ditentukan pada salah satu dari tiga kategori berikut, yaitu: *Dominant*, *Sub-dominant* (*Co-dominant* dan *Suppressed*).
2. Tinggi pohon (m), diukur menggunakan hypsometer.
3. Diameter pohon setinggi dada (DBH) (cm).
4. Rasio tajuk-hidup (*live crown ratio*) yang ditentukan dari proporsi tinggi tajuk (diukur dari pucuk tajuk sampai dahan berdaun yang paling bawah) terhadap total tinggi pohon (%).
5. Kerapatan tajuk (*crown density*) ditentukan dengan membandingkan kerapatan tajuk

pohon yang diukur dengan pohon yang paling rapat tajuknya di plot tersebut (%).

6. Daun tua dan daun muda pada tajuk setiap pohon (%).

Proporsi warna pada tajuk yang terdiri dari persentase warna hijau, kuning kehijauan dan kuning (%).

Sebelum digunakan untuk menduga keberadaan (*incidence*) dan level keparahan (*severity*) penyakit busuk akar pada tegakan *E. pellita*, metode penilaian tajuk ini diuji *repeatability*, *reproducibility* dan *reliability*-nya. *Repeatability* didefinisikan sebagai kemampuan metode ini untuk diulang oleh asesor yang sama pada waktu yang berbeda sedangkan *reproducibility* adalah kemampuan metode ini untuk diulang asesor yang berbeda, yang bekerja secara independen, pada waktu yang sama, dengan level *error* yang masih dapat diterima secara statistik (Smith *et al.*, 2007). *Repeatability* dan *reproducibility* metode ini diujikan pada 20 pohon di suatu area oleh 3 orang asesor yang bekerja secara independen. Pengamatan dilakukan 2 kali pada hari yang sama, yaitu pagi hari (pukul 9.00-10.00) dan sore hari (pukul 14.00-15.00). Adapun *reliability* didefinisikan sebagai kemampuan suatu metode/alat/sistem tertentu dalam menjalankan fungsinya, memberikan hasil yang konsisten (Bartlett & Frost, 2008). Dalam studi ini, *reliability* ditentukan dari konsistensi indikator-indikator tajuk dalam mengelompokkan *E. pellita* pada kelas tertentu. *Reliability* diuji dengan melakukan survey ulangan, yaitu survey II dan III.

C. Pengamatan Kondisi Perakaran

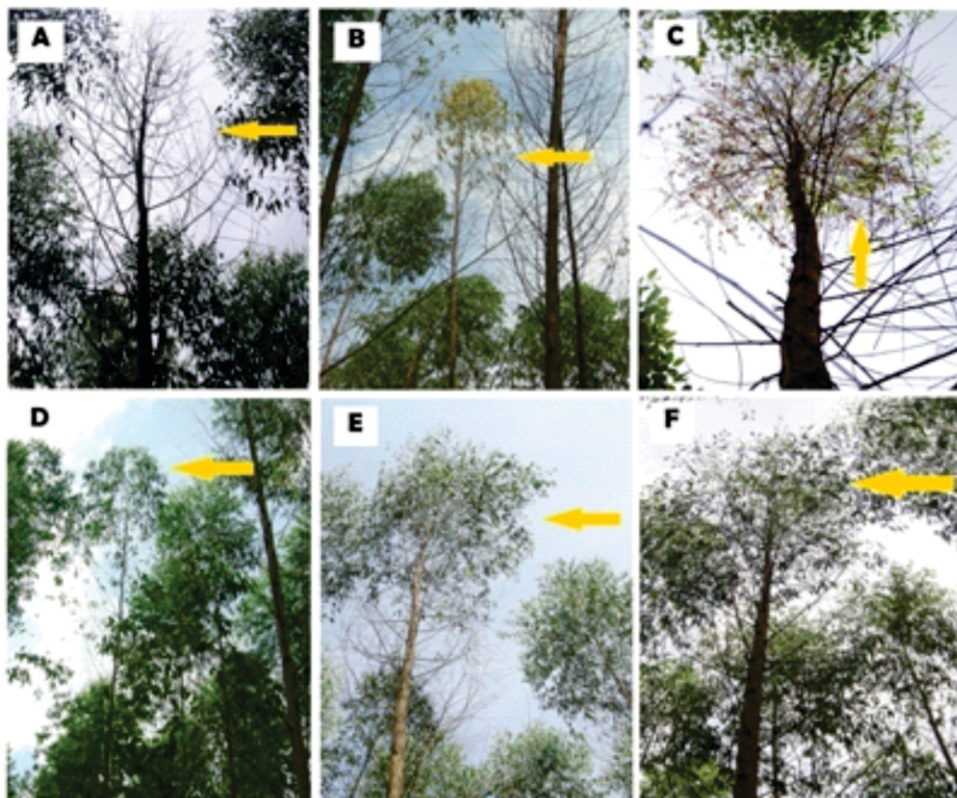
Pengukuran intensitas infeksi akar dilakukan dengan cara menggali sistem perakaran dalam radius 50 cm dari pangkal batang dengan kedalaman sekitar 30 cm. Akar lateral yang digali kemudian dihitung persentase infeksinya. Per-

Tabel (Table) 1. Lokasi penelitian (*Studied sites*)

Tapak (<i>Sites</i>)	Plot	Koordinat GPS (<i>GPS Coordinates</i>)	Usia tegakan (<i>Age</i>)
RK-223	1	E: 101 36.666 N: 0 44.567	1 Tahun 6 Bulan (1 Year 6 Months)
	2	E: 101 36.661 N: 0 44.615	
	3	E: 101 36.660 N: 0 44.665	
RK-236	4	E: 101 34.140 N: 0 44.985	1 Tahun 9 Bulan (1 Year 9 Months)
	5	E: 101 34.117 N: 0 44.982	
	6	E: 101 34.100 N: 0 44 985	
B-1A	7	E: 101 36.642 N: 0 41.549	5 Tahun 6 Bulan (5 Years 6 Months)

Tabel (Table) 2. Klasifikasi kondisi tajuk *E. pellita* (*E. pellita* crown condition classes)

Kelas (Class)	Deskripsi (Description)
0 Mati (<i>Dead</i>)	Pohon mati, tidak ada tajuk atau bahkan sudah tumbang (<i>Tree recently dead, crown dead or fallen tree</i>)
1 Sangat stress (<i>Severely stressed</i>)	Pohon tampak kerdil dibandingkan tegakan disekitarnya, tajuk tidak rapat dan didominasi oleh dedaunan yang menguning, pada beberapa bagian dahan pohon terdapat pucuk-pucuk muda (<i>Tree height mostly suppressed, sparse crown dominated by yellowing foliage, some epicormic growth present</i>)
2 Stres (<i>Stressed</i>)	Pohon cenderung lebih pendek dibandingkan tegakan di sekitarnya dengan tajuk yang jarang, bisa ditumbuhi trubusan, berbunga dan/atau berbuah meskipun usia tanaman masih muda, sebagai bentuk respons terhadap stres (<i>Tree height partially suppressed with sparse crown, epicormic shoots, flowers and/or fruit may be observed in response to stress</i>)
3 Agak stress (<i>Lightly stressed</i>)	Pohon dengan tinggi rata-rata, memiliki tajuk yang agak rapat dengan daun-daun muda dibagian luar tajuk (<i>Sub dominant or co-dominant tree with moderate crown density and some yellow green foliage</i>)
4 Sehat (<i>Healthy</i>)	Pohon dengan tinggi rata-rata dan memiliki tajuk yang rapat (<i>Sub dominant or co-dominant tree with a dense crown</i>)
5 Sangat sehat (<i>Perfectly healthy</i>)	Biasanya pohon tampak lebih tinggi dibandingkan tegakan disekitarnya, memiliki tajuk yang rapat (<i>Dominant tree with very dense crown and green foliage</i>)



Gambar (Figure) 1. Foto rujukan untuk penentuan kelas kondisi tajuk *E. pellita*. (A) tajuk kelas 0, (B) tajuk kelas 1, (C) tajuk kelas 2, (D) tajuk kelas 3, (E) tajuk kelas 4, (F) tajuk kelas 5. (*Reference pictures for the assessment of E. pellita* crown conditions. (A) the crown was classified as 0, (B) the crown was classified as 1, (C) the crown was classified as 2, (D) the crown was classified as 3, (E) the crown was classified as 4, (F) the crown was classified as 5)

sentase infeksi ini ditentukan dari proporsi jumlah akar lateral yang terinfeksi terhadap jumlah total akar lateral, dikalikan 100%. Infeksi akar ditentukan dari tanda (*signs*) hadirnya jamur penyebab busuk akar, yang dapat berupa adanya tubuh buah jamur patogen (*Ganoderma* sp. dan atau *Phellinus* sp.), miselia, rizomorf, pseudosclerotia dan lain-lain. Data persentase infeksi akar ini menjadi dasar untuk menentukan keberadaan (*incidence*) dan tingkat keparahan (*severity*) penyakit busuk akar yang menyerang *E. pellita* baik sebagai individu pohon maupun populasi tegakan.

Untuk menentukan *incidence* penyakit busuk akar, data infeksi akar dikelompokkan ke dalam 2 kategori, yaitu: (1) 0% (sehat) dan (2) > 0% (terinfeksi). Untuk menentukan tingkat keparahannya, data infeksi akar dikelompokkan ke dalam 4 kelas sebagai berikut: (1) terinfeksi seluruhnya (100% akar terinfeksi); (2) terinfeksi banyak ($\geq 50\%$ akar terinfeksi); (3) terinfeksi sedikit (< 50% akar terinfeksi) dan (4) sehat (tidak ada akar yang terinfeksi). Interval kelas infeksi akar untuk menentukan tingkat *severity* ini berdasarkan struktur sebaran dan frekuensi data hasil pengamatan di lapangan dan kaitannya dengan kriteria *incidence*. Dalam studi untuk mendeskripsikan penyakit tanaman, *incidence* dan *severity* merupakan parameter yang selalu berkaitan.

D. Aplikasi Metode Pengamatan Kondisi Tajuk dalam Mendeteksi Penyakit Busuk Akar

Untuk mengetahui potensi aplikasi metode *assessment* kondisi tajuk dalam mendeteksi penyakit busuk akar (baik *incidence* maupun *severity*) dilakukan analisis statistik yang menghubungkan data pengamatan tajuk (terdiri atas variable: dominansi tajuk, tinggi pohon, diameter setinggi dada (DBH), kerapatan tajuk, rasio tajuk hidup, persentase daun muda, daun yang berwarna kuning kehijauan dan kuning dengan data pengamatan perakaran.

E. Analisis Statistik

Beberapa metode analisis statistik yang terdapat dalam program XLStat 2016[®] digunakan dalam studi ini. *Repeatability* dan *reproducibility* metode ini ditentukan dengan metoda *oneway ANOVA* pada tingkat kepercayaan $\alpha=0,05$; *Reliability* ditentukan berdasarkan *discriminant analysis* yang diterapkan pada dataset hasil penilaian pada survey I, II dan III. Kelas kondisi tajuk ditetapkan sebagai *dependent variable*;

tujuh kuantitatif *explanatory variable* (tinggi pohon, DBH, kerapatan tajuk, rasio tajuk hidup, persentase daun muda, persentase daun berwarna kuning dan kuning kehijauan dan dominansi pohon sebagai kualitatif *explanatory variable*). Pengaruh relatif setiap *variable* dalam penentuan klasifikasi kondisi tajuk dilihat dari koefisien kanonikal standard fungsi diskriminan (β). Semakin besar nilai β semakin besar kontribusi variabel tersebut dalam membedakan kelas-kelas tersebut (Poulsen & French, 2009).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Metode Pengamatan Kondisi Tajuk

1. *Repeatability* dan *reproducibility*

Repeatability ditentukan dengan membandingkan data pengamatan di pagi hari dan sore hari untuk setiap asesor. Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa baik asesor 1 maupun asesor 2 tidak memiliki perbedaan nilai yang signifikan pada setiap indikator yang diamati. Asesor 3 menunjukkan variasi atau ketidakkonsistenan dalam menilai kelas kondisi tajuk dan persentase daun berwarna kuning (Tabel 3).

Reproducibility ditentukan dengan membandingkan data antar asesor pada waktu pengamatan yang sama. Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa asesor 3 cenderung memberikan nilai yang lebih tinggi untuk kelas kondisi tajuk dan nilai yang lebih rendah untuk persentase daun muda dan daun yang berwarna kuning. Namun variasi data pada asesor 3 (yang merupakan asesor yang relatif kurang berpengalaman) masih dalam kisaran yang dapat diterima untuk sebuah *visual assessment* (Horton *et al.*, 2011). Hal ini dapat dikatakan bahwa metode ini *repeatable* dan *reproducible* meskipun diaplikasikan oleh asesor yang hanya memperoleh pelatihan dan pengajaran singkat di lapangan.

2. *Reliability*

Reliability ditentukan dengan membandingkan nilai β setiap indikator dari survey I, II dan III (Tabel 4). Indikator dengan nilai β tertinggi merupakan variabel yang paling mempengaruhi asesor dalam menentukan sehat tidaknya pohon yang diamati. Tim asesor pada survey I dan II memiliki kecenderungan yang sama, yaitu menggunakan indikator kerapatan tajuk sebagai penentu status kesehatan suatu pohon ($\beta=0,706$ pada survey I dan $\beta=0,903$ pada survey II) dan kerdilnya pohon (dominansi tajuk: *suppressed*)

Tabel (Table) 3. Mean (\pm SE) dari indikator tajuk yang diestimasi secara visual pada pagi dan sore hari oleh 3 asesor yang berbeda. (Means (\pm SE) of the visual estimation for three different assessors in the morning and afternoon)

Penilai (Assessors)	Waktu (Time)	Indikator tajuk (Crown indicators)				
		Kelas kondisi tajuk (Crown condition class)	% Kerapatan tajuk (% Crown density)	% Daun muda (% New foliage)	% Daun kuning kehijauan (% Yellow green foliage)	% Daun kuning (% Yellow foliage)
1	Pagi (AM)	3,8 \pm 0,14 ^c	71,9 \pm 2,08 ^a	21,3 \pm 2,02 ^{ab}	15,6 \pm 2,58 ^a	11,3 \pm 1,25 ^a
	Sore (PM)	3,7 \pm 0,14 ^c	71,3 \pm 2,56 ^a	21,3 \pm 2,21 ^{ab}	15,6 \pm 2,73 ^a	11,9 \pm 1,64 ^a
2	Pagi (AM)	3,9 \pm 0,10 ^{bc}	70,6 \pm 2,32 ^a	20,6 \pm 2,13 ^{ab}	15,6 \pm 2,03 ^a	11,9 \pm 1,01 ^a
	Sore (PM)	4,0 \pm 0,11 ^{bc}	70,0 \pm 2,42 ^a	23,8 \pm 2,21 ^a	13,8 \pm 2,21 ^a	10,6 \pm 0,63 ^a
3	Pagi (AM)	4,2 \pm 0,08 ^b	71,3 \pm 2,39 ^a	17,5 \pm 1,44 ^b	15,0 \pm 2,24 ^a	6,9 \pm 1,50 ^b
	Sore (PM)	4,9 \pm 0,09 ^a	7,9 \pm 3,19 ^a	16,9 \pm 1,51 ^b	19,4 \pm 2,95 ^a	1,3 \pm 1,25 ^c

Keterangan (Remarks): Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama adalah berbeda secara signifikan pada $\alpha=0,05$ berdasarkan ANOVA yang digunakan pada setiap indikator secara terpisah (The values followed with different letters within the same column are significantly different at significance level $\alpha=0.05$, as determined by ANOVA for each indicator separately)

sebagai indikator yang paling mudah ditangkap secara visual untuk menggolongkan pohon tersebut sebagai tanaman yang tidak sehat. Hal ini ditandai dengan nilai β yang negatif (Tabel 4). Namun pada survey III, preferensi ini berubah. Kerapatan tajuk tidak lagi dijadikan indikator utama dalam klasifikasi kondisi tajuk. Tim asesor pada survey III cenderung menggunakan tinggi pohon dan rasio tajuk hidup sebagai indikator tajuk yang menentukan pengelompokan kondisi kesehatan tegakan *E. pellita* pada plot-plot yang diamati. Tim asesor yang melakukan survey III tampaknya memiliki interpretasi yang berbeda terhadap deskripsi yang tercantum dalam Tabel 2.

Perbedaan koefisien kanonikal standar (*standardised canonical coefficient*) ini disebabkan ketiga survey ini dilakukan oleh tim yang berbeda-beda dan memiliki level pengalaman yang berbeda pula dalam hal pengamatan tajuk tanaman. Survey I dikerjakan oleh tim yang dipimpin oleh asesor yang telah memiliki pengalaman dalam hal pengamatan tajuk. Survey II dikerjakan oleh tim yang sudah mendapatkan pelatihan dari tim survey I. Namun karena kendala teknis, tim survey II ini tidak dapat mengerjakan survey yang ketiga, sehingga survey III dikerjakan oleh tim baru yang mendapatkan penjelasan dan pelatihan yang kurang optimal.

Klasifikasi kondisi tajuk (Tabel 2) secara eksplisit menyebutkan kerapatan tajuk dan dominansi pohon sebagai faktor yang harus diperhitungkan saat menentukan kelas kondisi tajuk dari suatu pohon yang sedang diamati. Berdasarkan data pada Tabel 4, tim asesor yang melakukan survey I dan II tampaknya memiliki pemahaman yang sama mengenai deskripsi kondisi tajuk dalam metode penilaian tajuk ini. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa akurasi dataset survey I sebesar 73% dan survey II sebesar 61%. Adapun tim asesor yang melakukan survey III tampak memiliki kesulitan untuk memahami dan mengaplikasikan deskripsi pada Tabel 2 tersebut, sehingga penilaian kondisi tajuk lebih dipengaruhi oleh tinggi pohon dan rasio tajuk hidup.

Kerapatan tajuk, merupakan parameter yang telah umum digunakan untuk menunjukkan kondisi kesehatan pohon (Schomaker *et al.*, 2007). Tajuk yang rapat merupakan indikasi tanaman yang sehat, sebaliknya tajuk yang jarang berasosiasi dengan kondisi tanaman yang sedang mengalami stres (Morin *et al.*, 2015). Namun demikian, suatu tanaman tidak secara langsung dianggap sehat hanya karena memiliki tajuk yang rapat (Morin *et al.*, 2015). Studi dan observasi yang lebih komprehensif diperlukan untuk me-

Tabel (Table) 4. Nilai koefisien fungsi *canonical discriminant* terstandar (β) indikator tajuk dari dataset 3 kali survey (*The standardised canonical discriminant coefficient (β) of crown indicators for the three survey*)

Indikator pada tajuk (<i>Crown indicators</i>)	Koefisien kanonikal standard (β) (<i>Standardised canonical coefficient</i>)		
	Survey I	Survey II	Survey III
Dominansi tajuk (<i>Crown dominance</i>):			
Dominant	- 0,185	0,104	0,191
Sub (<i>Co-dominat</i>)	0,000	0,000	0,000
<i>Suppressed</i>	- 0,634*	- 0,502*	- 0,095
Tinggi pohon (<i>Tree height</i>)	-0,168	0,031	0,777*
Diameter setinggi dada (<i>Diameter at breast height</i>)	0,130	0,269	0,060
Kerapatan tajuk (<i>Crown density</i>)	0,706*	0,903*	0,393
Rasio tajuk hidup (<i>Live crown ratio</i>)	0,260	- 0,042	0,501*
Persentase daun muda (<i>Percentage of new foliage</i>)	0,194	- 0,088	- 0,001
Persentase daun kuning kehijauan (<i>Percentage of yellow green foliage</i>)	-0,082	- 0,163	0,020
Persentase daun kuning (<i>Percentage of yellow foliage</i>)	0,176	0,315	0,175

Keterangan (*Remarks*): Nilai β yang diberi tanda bintang merupakan indikator yang paling berpengaruh terhadap pengelompokan kondisi tajuk (*The asteric β values having the most influence on the discriminant function*)

mentukan status kesehatan tanaman. Pengukuran parameter yang diestimasi secara visual, tingkat keahlian dan pengalaman asesor ternyata mempengaruhi tingkat akurasi data yang diperoleh (Horton *et al.*, 2011). Studi ini pun memperkuat hal tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan data yang *reliable* (akurat) diperlukan pemahaman yang benar dan seragam terhadap metode *assessment* yang digunakan. Oleh karena itu, para asesor perlu memperoleh pelatihan yang memadai.

B. Kondisi Tajuk sebagai Indikasi Penyakit Busuk Akar

Upaya untuk menguji potensi kondisi tajuk sebagai indikator penyakit busuk akar, penelitian ini telah menghubungkan data kondisi tajuk dengan kondisi perakaran *E. pellita*. Data kondisi tajuk yang digunakan adalah data yang dihasilkan dari penilaian oleh pengamat I pada survey I, yang menunjukkan nilai paling konsisten dan *reliable* berdasarkan uji *repeatability* dan *reliability*.

Berdasarkan korelasi Spearman, kondisi tajuk berkorelasi secara signifikan ($\alpha=0,05$; $p < 0,0001$) dengan infeksi penyakit busuk akar. Hal ini menunjukkan bahwa pada level plot, dimana kondisi keseluruhan plot (termasuk pohon yang sudah mati) dimasukkan dalam analisis, dampak serangan penyakit busuk akar tersebut mempengaruhi secara signifikan kesan yang tampak pada tajuk di plot tersebut. Namun, saat analisis

hanya diberlakukan pada data dari pohon yang hidup saja (tanpa memasukkan skor nol), koefisien korelasi Spearman menunjukkan nilai yang tidak signifikan (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tajuk *E. pellita* tidak secara signifikan mengindikasikan penyakit busuk akar yang diduga telah menyerang pohon-pohon yang masih hidup tersebut.

Untuk menghitung probabilitas kondisi tajuk sebagai indikator penyakit busuk akar digunakan *discriminant analysis*, yang menunjukkan bahwa akurasi kondisi tajuk sebagai indikator penyakit busuk akar (*root rot incidence*) adalah 61,4% sedangkan sebagai indikator tingkat keparahan (*severity*) adalah 41,6% (Tabel 6 dan Tabel 7). Nilai prediksi ini masih sekitar nilai sebuah dugaan acak (50 : 50). Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa penyakit busuk akar masih sulit dideteksi apabila hanya mengandalkan gejala-gejala yang tampak pada tajuk.

Infeksi penyakit busuk akar memang sering kali tidak terdeteksi dari gejala yang tampak pada tajuk. Penyakit busuk akar pada fase awal sampai *intermediate* sulit terdeteksi dan baru akan mempengaruhi kondisi tajuk setelah akar terinfeksi parah (Farid *et al.*, 2006). Sebagai contoh, Francis *et al.* (2014) yang memonitor penyebaran penyakit busuk akar pada *A. mangium* pada kurun waktu 2007-2009 di beberapa lokasi di Riau, Sumatera Selatan dan Kalimantan Timur, melaporkan bahwa 97% pohon yang positif terinfeksi *G. philippii* (patogen busuk akar) ber-

Tabel (Table) 5. Koefisien korelasi Spearman (S) dari indikator tajuk dengan kelas keparahan infeksi penyakit busuk akar (*Spearman's correlation (S) of the crown indicators and root rot severity classes*)

Indikator (<i>Indicators</i>)	Kelas keparahan penyakit busuk akar (<i>Root rot severity classes</i>)			
	Pohon mati dihitung (<i>Dead tree included</i>)		Pohon mati tidak dihitung (<i>Dead tree excluded</i>)	
	S	p-value	S	p-value
Dominansi tajuk (<i>Crown dominance</i>)	0,711	< 0,0001	0,120	0,086
Tinggi pohon (<i>Tree height</i>)	0,650	< 0,0001	0,012	0,864
DBH (<i>Diameter at breast height</i>)	0,656	< 0,0001	0,020	0,775
Kerapatan tajuk (<i>Crown density</i>)	0,683	< 0,0001	0,102	0,143
Rasio tajuk hidup (<i>Live crown ratio</i>)	0,675	< 0,0001	0,069	0,322
Persentase daun muda (<i>Percentage of new foliage</i>)	0,661	< 0,0001	-0,016	0,814
Persentase daun kuning kehijauan (<i>Percentage of yellow green foliage</i>)	0,652	< 0,0001	-0,051	0,468
Persentase daun kuning (<i>Percentage of yellow foliage</i>)	0,488	< 0,0001	0,057	0,416

Tabel (Table) 6. Akurasi indikator tajuk sebagai penduga keberadaan penyakit busuk akar (*Acuration of crown indicators to indicate root rot incidence*)

Kelompok (<i>Groups</i>)	Observasi actual (<i>Actual observation</i>)	Prediksi pengelompokan (<i>Predicted group memberships</i>)		% Kesesuaian (<i>% Correct</i>)
	Jumlah pohon (<i>Number of trees</i>)	Terinfeksi (<i>Infected</i>)	Sehat (<i>Healthy</i>)	
Terinfeksi (<i>Infected</i>)	48	30	18	62,5
Sehat (<i>Healthy</i>)	159	62	97	61,0
Total	207			61,4

Tabel (Table) 7. Akurasi indikator tajuk sebagai penduga tingkat keparahan penyakit busuk akar (*Accuration of crown indicators to indicate root rot severity*)

Kelompok (<i>Groups</i>)	Observasi actual (<i>Actual observation</i>)		Prediksi pengelompokan (<i>Predicted group memberships</i>)			% Kesesuaian (<i>% Correct</i>)
	Jumlah pohon (<i>Number of trees</i>)	Sehat (<i>Healthy</i>)	Terinfeksi sedikit (<i>Partly infected</i>)	Terinfeksi banyak (<i>Highly infected</i>)	Terinfeksi seluruhnya (<i>Totally infected</i>)	
Sehat (<i>Healthy</i>)	159	58	16	44	41	36,5
Terinfeksi sedikit (<i>Partly infected</i>)	24	7	11	1	5	45,8
Terinfeksi banyak (<i>Highly infected</i>)	12	0	2	9	1	75,0
Terinfeksi seluruh (<i>Totally infected</i>)	12	2	2	0	8	66,7
Total	207					41,6

dasarkan pengamatan perakaran, masih menunjukkan kondisi tajuk yang sehat, hanya 3% saja yang menunjukkan kondisi tajuk yang menguning. Penyakit busuk pangkal batang (*basal stem rot*) pada tegakan kelapa sawit, gejala pada tajuk umumnya dapat diamati setelah separuh ($\pm 50\%$) sistem perakarannya mati karena serangan patogen *G. boninense* (Mohammed *et al.*, 2014). Karena inilah, penyakit busuk akar seringkali disebut sebagai *sudden death disease*.

Sampai saat ini upaya untuk mengembangkan metode deteksi dini untuk penyakit busuk akar pada individual pohon, masih merupakan tantangan yang besar. Namun, untuk skala plot atau kompartemen metode prediksi serangan penyakit busuk akar masih memungkinkan untuk dikembangkan, agar kerugian jangka panjang yang lebih besar dapat dikurangi. Penyebaran busuk akar umumnya melalui kontak akar yang terinfeksi dengan akar yang masih sehat (Eyles, *et al.*, 2008; Irianto *et al.*, 2006; Lockman *et al.*, 2016). Oleh karena itu, pohon yang tumbuh di dekat pohon yang terinfeksi berpotensi untuk terinfeksi juga. Semakin banyak jumlah pohon terinfeksi di sekeliling pohon yang masih tampak sehat, maka semakin besar peluang pohon yang sehat tersebut untuk terinfeksi juga (Francis *et al.*, 2014). Perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk menguji apakah parameter ini dapat menjadi indikator komplementer untuk indikator-indikator tajuk dalam memprediksi penyakit busuk akar.

Fungi penyebab penyakit busuk akar, seperti : *G. boninense* yang menyerang perkebunan kelapa sawit; *G. philippii* yang menyerang HTI akasia dan ekaliptus; *Phellinus noxius* yang menyerang jati (*Tectona grandis*), sentang (*Azadirachta excelsa*) dan *A. mangium*; *Rigidoporus microporus* syn *R. lignosus* yang menyerang perkebunan karet (*Hevea brasiliensis*) (Agustini *et al.*, 2014; Bivi *et al.*, 2010; Farid *et al.*, 2009; Francis *et al.*, 2014; Irianto *et al.*, 2006; Oghenekaro *et al.*, 2014; Rees *et al.*, 2009) pada dasarnya merupakan komponen normal pada ekosistem hutan alam. Pada ekosistem alami, interaksi fungi-fungi tersebut dengan tanaman inang berpengaruh terhadap siklus nutrisi, komposisi dan struktur hutan supaya tetap dalam keseimbangan dinamis (*dynamic equilibrium*) (Loo, 2009; Pautasso *et al.*, 2012). Dibukanya perkebunan dan HTI yang umumnya menanam tanaman eksotik dalam skala yang sangat luas secara monokultur, keseimbangan dinamis ini menjadi terganggu. Fungi, yang pada ekosistem alaminya cenderung

berperan sebagai saprofit, dapat berubah menjadi agen biotik yang bersifat parasit bagi komoditas tanaman perkebunan dan HTI (Lutz & Halpern, 2006) dan dapat mengakibatkan kerugian ekonomi yang tidak sedikit. Hal tersebut menjadi resiko yang harus ditanggung dari upaya pemenuhan kebutuhan manusia terhadap komoditas-komoditas HTI dan perkebunan tersebut.

Untuk mengurangi potensi kerugian ekonomi dalam pengelolaan HTI dan mengingat belum adanya teknik pengendalian penyakit busuk akar yang efektif dan dapat diaplikasikan dalam skala luas, maka menghindari penanaman komoditas HTI dan perkebunan di areal yang beresiko tinggi terserang patogen busuk akar merupakan salah satu upaya pencegahan terjadinya *outbreak* penyakit ini. Oleh karena itu, *site risk assessment* terkait penyakit busuk akar perlu dilakukan sebelum membuka suatu lahan/kawasan untuk HTI atau perkebunan, agar potensi kerugian ekonomis dan ekologis akibat pembukaan HTI dan/atau perkebunan tersebut dapat dicegah atau dikurangi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Metode pengamatan kondisi tajuk yang dikembangkan dalam studi ini dapat digunakan untuk memonitor perubahan-perubahan yang tampak pada tajuk, dengan catatan proses pengamatannya dilakukan oleh tenaga-tenaga yang berpengalaman/terlatih. Pada level plot, kondisi tajuk *E. pellita* secara signifikan berkorelasi dengan serangan penyakit busuk akar. Namun, penyakit busuk akar pada level individu pohon masih sulit dideteksi apabila hanya mengandalkan gejala-gejala yang tampak pada tajuk. Probabilitas kondisi tajuk *E. pellita* sebagai penduga penyakit busuk akar sebesar 61,4% sedangkan sebagai indikator tingkat keparahannya adalah 41,6%. Metode deteksi dini penyakit busuk akar masih perlu dikaji dari berbagai aspek, baik tanaman inang, patogen, faktor-faktor lingkungan serta dinamika ekosistem yang berpengaruh terhadap *outbreaks* penyakit ini. Survey untuk menilai potensi suatu kawasan terhadap resiko terserang penyakit busuk akar (*root rot site risk assessment*) perlu dilakukan sebelum pembukaan HTI agar kerugian akibat penyakit busuk akar dapat dihindari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Assoc. Prof. Caroline Mohammed, Dr. Karen Barry, Dr. Anthony Francis dan Dr. Bryony Horton dari University of Tasmania, dan Dr. Chris Beadle dari CSIRO-*Sustainable Ecosystem* di Hobart, yang telah mengenalkan penulis pada bidang *Forest Health Assessment* dan Ir. Mardai Unen, Ir. Heru Indrayadi, Fadjat Sagitariano, S.Hut., Bayo Alhusairi, M.Sc. yang telah memfasilitasi kelancaran studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, L., Glen, M., Indrayadi, H., Wahyuno, D., Sagitariano, F., & Alhusairi, B. (2013). Root rot in *Eucalyptus pellita* plantations and its possible biocontrol. In: S.S. Lee, A.F. Mas'ud, C.A. Siregar, Pratiwi, N. Mindawati, G. Pari, M. Turjaman, Krisdianto, H. Krisnawati, I.Z. Siregar, W. Laba, A. Mardiasuti, I. Wahyudi (editor). 'Proceedings of the 2nd International Conference of Indonesia Forestry Researchers'. 27-28 August 2013. Jakarta.
- Agustini, L., Francis, A., Glen, M., Indrayadi, H., & Mohammed, C.L. (2014). Signs and identification of fungal root rot pathogen in tropical *Eucalyptus pellita* plantations. *Forest Pathology*. 44: 486-495.
- Agustini, L., Beadle, C., Barry, K., & Mohammed, C.L. (2015). Photosynthetic responses of *Eucalyptus nitens* at initial stages of root rot infection. *Indonesian Journal of Forestry Research*. 2(1): 9-20.
- Bakys, R., Vasiliauskas, A., Ihrmark, K., Stenlid, J., Menkis, A., & Vasaitis, R. (2011). Root rot associated fungi and their impact on health condition of declining *Fraxinus excelsior* stands in Lithuania. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 26: 128-135.
- Bartlett, J.W. & Frost, C. (2008). Reliability, repeatability and reproducibility: analysis of measurement errors in continuous variables. *Journal Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*. 31(4): 466-475.
- Berger, S., Sinha, A.K. & Roitsch, T. (2007). Plant physiology meets phytopathology: Plant Primary metabolism and plant-pathogen interactions. *Journal of Experimental Botany*. 58(15-16): 4019-4026.
- Brazee, N.J. & Wick, R.L. (2009). *Armillaria* species distribution on symptomatic hosts in northern hardwood and mixed oak forests in western Massachusetts. *Forest Ecology and Management*. 258: 1605-1612.
- Carnegie, A.J. (2007). Forest health condition in New South Wales, Australia, 1996-2005. II. Fungal damage recorded in eucalypt plantation during forest health surveys and their management. *Australian Plant Pathology*. 36: 225-239.
- Carnicer, J., Coll, M., Ninyerola, M., Pons, X., Sanchez, G. & Penuelas, J. (2011). Wide spread crown condition decline, food web disruption and amplified tree mortality with increased climate change type drought. *PNAS*. 108(4): 1474-1478.
- Cunningham, S.C., Read, J., Baker, P.J., & Nally, R.M. (2007). Quantitative assessment of stand condition and its relationship to physiological stress in stands of *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany*. 55: 1-8.
- Eyles, A., Beadle, C., Barry, K., Francis, A., Glen, M. & Mohammed, C. (2008). Management of fungal root rot pathogens in tropical *Acacia mangium* Willd. plantations. *Forest Pathology*. 38: 332-355.
- Farid, A.M. & Lee, S.S. (2006). Root rot in tree species other than *Acacia*. In: K. Potter, A. Rimbawanto and C. Beadle (eds.). 'Heart rot and root rot in tropical *Acacia* plantations'. *ACIAR Proceedings No.124*. Yogyakarta.
- Farid, A.M., Lee, S.S., Maziah, Z., & Patahayah, M. (2009). Pathogenicity of *Rigidoporus microporus* and *Phellinus noxius* against four major plantation tree species in peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*. 21(4): 289-298.
- Francis, A., Beadle, C., Puspitasari, D., Irianto, R., Agustini, L., Rimbawanto, A., Gafur, A., Hardiyanto, E., Junarto, Hidayati, N., Tjahjono, B., Mardai, U., Glen, M. & Mohammed, C. (2014). Disease progression in plantations of *Acacia mangium* affected by red root rot (*Ganoderma philippii*). *Forest Pathology*. 44 : 447-459.
- Glen, M., Bougher, N.L., Francis, A.A., Nigg, S.Q., Lee, S.S., Irianto, R., Barry, K.M., Beadle, C.L., & Mohammed, C.L. (2009). *Ganoderma* and *Amauroderma* species associated with root-rot disease of *Acacia mangium* Willd. plantation trees in Indonesia and Malaysia. *Australian Plant Pathology*. 38: 345-356.
- Horton, B.M., Close, D.C., Wardlaw, T.J., & Davidson, N.J. (2011). Crown condition assessment: An accurate, precise and efficient method with broad applicability to *Eucalyptus*. *Austral Ecology*. 36: 709-721.
- Irianto, R.S.B., Barry, K., Hidayati, N., Ito, S., Fiani, A., Rimbawanto, A., & Mohammed, C. (2006). Incidence and spatial analysis of root rot of

- Acacia mangium* Willd. in Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science*. 18: 157-165.
- Lockman, I.B. & Kearns, H.S.J. (2016). *Forest root diseases across the United States*. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-342. Ogden, UT : USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 55p.
- Loo, J.A. (2009). Ecological impacts of non-indigenous invasive fungi as forest pathogens. *Biol. Invasions*. 11: 81-96.
- Lutz, J.A. & Halpern, C.B. (2006). Tree mortality during early forest development: A long-term study of rates, causes and consequences. *Ecological Monographs*, 76(2): 257-275.
- Mohammed, C.L., Rimbawanto, A., & Page, D.E. (2014). Management of basidiomycete root- and stem-rot diseases in oil palm, rubber and tropical hardwood plantation crops. *Forest Pathology*. 44: 428-446.
- Morin, R.S., Randolph, K.C., & Steinman, J. (2015). Mortality rates associated with crown health for eastern forest tree species. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(87): 1-11.
- Oghenekaro, A.O., Miettinen, O., Omorusi, V.I., Evueh, G.A., Farid, M.A., Gazis, R. & Asiegbu, F.O. (2014). Molecular phylogeny of *Rigidoporus microporus* isolated associated with white rot diseases of rubber trees (*Hevea brasiliensis*). *Fungal Biology*. 118(5-6): 495-506.
- Pautasso, M., Doring, T.F., Garbelotto, M., Pellis, L., & Jeger, M.J. (2012). Impact of climate change on plant diseases-opinions and trends. *European Journal of Plant Pathology*. 133: 295-313.
- Pautasso, M., Schlegel, M., & Holdenreider, O. (2015). Forest health in a changing world. *Microbial Ecology*. 69: 826-842.
- Poulsen, J., & French, A. (2009). *Discriminant function analysis*. <http://userwww.sfsu.edu/~efc/classes/biol710/discrim/discrim>. Diakses 18 Mei 2009.
- Rees, R.W., Flood, J., Hasan, Y., Potter, U., & Cooper, R.M. (2009). Basal stem rot of oil palm (*Elaeis guineensis*): mode of root infection and lower stem invasion by *Ganoderma boninense*. *Plant Pathology*. 58: 982-989.
- Schomaker, M.E., Zarnoch, S.J., Benchtold, W.A., Latelle, D.J., Burkman, W.G. & Cox, S.M. (2007). *Crown condition classification: a guide to data collection and analysis*. Asheville, N.C., Forest service-United State Departement of Agriculture.
- Smith, R.R., Mc Crary, S., & Callahan, R.N. (2007). Gauge repeatability and reproducibility studies and measurement system analysis: a multimethod exploration of the state of practice. *Journal of Industrial Technology*. 23: 1-12.
- Stone, C. & Haywood, A. (2006). Assessing canopy health of native eucalypt forests. *Ecological Management & Restoration*. 7(S1): S24-S30.
- Sulichantini, E.D. (2016). Pertumbuhan tanaman *Eucalyptus pellita* F. Muell. di lapangan dengan menggunakan bibit hasil perbanyakan dengan metode kultur jaringan, stek pucuk dan biji. *ZIRAA'AH*. 41(2): 269-275.
- Vollenweider, P., & Gunthardt-Goerg, M.S. (2006). Erratum to "diagnosis of abiotic and biotic stress factors using the visible symptoms in foliage" [Environ. Pollut. 137 (2005) 455-465]. *Environmental Pollution*. 140: 562-571.
- Wang, Y., Solberg, S., Yu, P., Myking, T., Vogt, R.D., & Du, S. (2007). Assessments of tree crown condition of two manson pine forests in the acid rain region in China. *Forest Ecology and Management*. 242: 530-540.
- Wolken, J.M., Lieffers, V.J., Landhauser, S.M., & Mulak, T. (2009). Spring frost and decay fungi are implicated in suppressing aspen re-growth following partial cleaning in juvenile stands. *Annals of Forest Science*. 66: 805.

PEMILIHAN JENIS HIBRID ULAT SUTERA YANG OPTIMAL UNTUK DIKEMBANGKAN DI DATARAN TINGGI DAN/ATAU DATARAN RENDAH

Selection of Silk Worm Hybrids for Silk Worm Rearing in Highland and/or Lowland

Lincih Andadari

Pusat Penelitian dan Pengembang Hutan
Kampus Badan Litbang dan Inovasi, Jl. Gunung Batu No. 5 Kotak Pos 165 Bogor 16118
Jawa Barat, Indonesia
Tlp. (0251) 8633234; Fax. (0251) 8638111
E-mail: a.lincih@yahoo.co.id

Tanggal diterima : 20 Mei 2016; Tanggal revisi : 16 Juni 2016; Tanggal disetujui : 6 Juni 2016

ABSTRACT

One constraints in natural silk industry in Indonesia is slow production and poor quality of cocoon. This is due to the use of same type of worm for diverse locations. This study aimed to obtain best silkworm for highlands and/or lowlands rearing. Four silkworm hybrids from Forest R&D Centre and one commercial hybrid from Perhutani were tested. The experimental design using a split plot design in a randomized block design. The main plot was location altitude (highland and lowland) and subplot was silkworm hybrids (P3H-1, P3H-2, P3H-3, P3H-4, and C301). The results showed that the rate of hatching silkworms were not affected by the hybrids and altitudes with hatching percentages were above 96%. Three hybrids namely P3H-1, P3H-2, and P3H-4 are suitable to be reared in lowlands. Two hybrids namely P3H-2 and P3H-3 are suitable for highlands. Hybrids P3H-2 are potentially reared in lowland and highland.

Keywords: Hybrid, productivity, silkworm

ABSTRAK

Salah satu kendala dalam usaha persuteraan alam di Indonesia adalah masih rendahnya produksi dan kualitas kokon. Hal ini akibat penggunaan jenis ulat yang sama untuk lokasi yang beragam. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan bibit ulat sutera yang optimal untuk dikembangkan di dataran tinggi dan/atau dataran rendah. Ulat sutera yang diujikan yaitu 4 hibrid ulat sutera dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan 1 hibrid dari Perum Perhutani. Penelitian menggunakan Rancangan Split Plot dalam Rancangan Acak Kelompok. Petak utama berupa lokasi dataran rendah dan dataran tinggi dan anak petak terdiri atas 5 jenis ulat sutera (P3H-1, P3H-2, P3H-3, P3H-4 dan C301). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat penetasan ulat sutera tidak dipengaruhi oleh jenis ulat sutera maupun ketinggian lokasi pemeliharaan, dengan persentase penetasan di atas 96%. Ulat sutera yang cocok dikembangkan di dataran rendah adalah hibrid P3H-1, P3H-2 dan P3H-4. Jenis hibrid yang sesuai untuk dibudidayakan di dataran tinggi yaitu P3H-2 dan P3H-3. Hibrid P3H-2 potensial untuk dikembangkan dataran rendah dan di dataran tinggi.

Kata kunci: Hibrid, produktivitas, ulat sutera

I. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai potensi untuk mengembangkan persuteraan alam, karena kondisi alamnya yang cocok untuk pertumbuhan ulat sutera maupun tanaman murbei sebagai pakannya. Kegiatan persuteraan alam bersifat padat karya mulai kegiatan budidaya, produksi dan industri. Hal ini, sangat mendukung program pemerintah dalam peningkatan lapangan kerja

dan sekaligus meningkatkan pendapatan masyarakat pedesaan.

Usaha budidaya sutera alam membutuhkan ketekunan, hati-hati dan kesabaran terutama pada tahap pemeliharaan ulat sutera. Keberhasilan budidaya ulat sutera tergantung faktor pakan, bibit ulat, kondisi tempat pemeliharaan dan sistem pemeliharaan. Kualitas bibit menjadi salah satu faktor yang penting untuk diperhatikan. Rendahnya kualitas bibit dapat menurunkan

kuantitas dan kualitas produksi kokon. Saat ini, persuteraan alam masih terkendala yaitu masih rendahnya produksi per satuan luas (Santoso, 2012). Penggunaan jenis ulat yang sama untuk pemeliharaan pada kondisi tempat yang beragam telah menimbulkan produksi kokon yang bervariasi (Andadari & Kuntadi, 2014). Selama ini bibit ulat sutera komersil yang digunakan untuk berbagai kondisi lingkungan menggunakan hibrid C301. Sejak tahun 1928 semua bibit komersil ulat sutera merupakan hasil persilangan antara ras Jepang dengan ras Cina. Pada umumnya, ras Jepang mempunyai kualitas filamen sutera yang baik sementara ras Cina lebih kuat, kandungan suteranya tinggi dan umurnya lebih pendek (Kaomini & Andadari, 2009). Padahal hibrid C301 mempunyai daya tahan yang rendah terhadap perubahan kondisi lingkungan (Kaomini & Andadari, 2009).

Untuk meningkatkan produksi dan kualitas kokon, maka diperlukan bibit ulat sutera yang mampu menghasilkan kokon yang tinggi dan berkualitas baik (Kaomini & Andadari, 2009). Hasil penelitian dalam skala laboratorium diperoleh 4 hibrid baru hasil persilangan ras Cina dan Jepang yang mampu menghasilkan rasio kulit kokon 22-25% (Andadari *et.al.*, 2011), Hasil ini lebih tinggi dari bibit niagawi yang beredar di masyarakat yang baru menghasilkan ratio kulit kokon antara 20-21% (Kaomini & Andadari, 2009). Namun demikian, keempat hibrid tersebut baru dikembangkan di daerah dengan ketinggian tempat antara 700-800 m dpl dan belum diketahui tingkat kesesuaiannya untuk daerah dengan ketinggian di luar kondisi optimum (Andadari *et.al.*, 2013). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian beberapa hibrid ulat sutera untuk mendapatkan hibrid mana yang mampu memproduksi kokon yang tinggi dan berkualitas baik untuk dibudidayakan di dataran tinggi dan/atau dataran rendah.

Penelitian bertujuan untuk mendapatkan hibrid ulat sutera yang mampu memproduksi kokon yang tinggi dan berkualitas baik untuk

dikembangkan di dataran tinggi dan/atau dataran rendah. Hasil penelitian diharapkan menjadi solusi dalam peningkatan produktivitas kokon di daerah dengan kondisi lingkungan yang berbeda.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada 2 lokasi dengan kondisi lingkungan yang berbeda. Pengujian ulat di dataran tinggi dilakukan di Kecamatan Kabandungan, Kabupaten Sukabumi dengan ketinggian tempat 700 m dpl. Untuk dataran rendah dilakukan di Kecamatan Regaloh, Kabupaten Pati dengan ketinggian tempat 80 m dpl. Diskripsi lokasi dapat dilihat pada Tabel 1.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan berupa telur ulat sutera dari 4 jenis hibrid hasil persilangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan (Pusat Litbang Hutan) dan 1 hibrid hasil produksi Perum Perhutani PPUS Candiroto yaitu C301 sebagai kontrol serta daun murbei (*Morus sp.*) sebagai pakannya. Peralatan berupa *cold storage*, inkubator, rak pemeliharaan, sasag, alat pengokonan dan lain-lain.

C. Cara Kerja

Teknik Pemeliharaan

- Telur diletakkan di ruang inkubasi selama 10-12 hari sebelum saat penetasan dengan pengaturan suhu sekitar 25°C dan kelembaban 75-80%.
- Pemeliharaan ulat dilakukan di ruang pemeliharaan milik petani setempat. Ulat kecil dibungkus dengan kertas parafin sementara ulat besar diletakkan terbuka pada rak-rak pemeliharaan.
- Pemeliharaan ulat mengikuti standar yang sudah ada dengan pengaturan yang disesuaikan

Tabel (Table) 1. Kondisi lokasi penelitian (*Research sites condition*)

Kode (Code)	Lokasi (Site)	Ketinggian tempat (Altitude) (m dpl)	Rata-rata temperatur (Temperature) (°C)	Rata-rata kelembaban (Humidity) (%)	Curah hujan/tahun/ (Precipitation) (mm)
A	Regaloh-Pati	80	26,9	78,0	1.387
B	Kabandungan- Sukabumi	700	25,5	86,2	3.247

Sumber (Sources): BPS Jawa Tengah (2015) dan BPS Sukabumi (2015) (*BPS Central Java (2015) and BPS Sukabumi (2015)*)

Tabel (Table) 2. Asal persilangan hibrid hasil dari Pusat Litbang Hutan dan Perum Perhutani (*Originally cross hybrid results from the Forest R & D Centre and Perum Perhutani*)

Kode hibrid (<i>Code of hybrid</i>)	Asal silangan (<i>Parents</i>)
P3H-1	804 x 102
P3H-2	804 x 921
P3H-3	804 x 927
P3H-4	932 x 102
C301	N1 x N2

Tabel (Table) 3. Jumlah pemberian pakan (*Total feeding*)

Umur (<i>Age</i>)	Jumlah pakan (<i>The amount of feed</i>) (kg/instar/ulangan) (kg/instar/repeats)
Instar I	0,12 kg
Instar II	0,38 kg
Instar III	1,38 kg
Instar IV	7,00 kg
Instar V	47,00 kg

kan dengan kondisi setempat. Kebutuhan temperatur dan kelembaban untuk masing-masing instar diupayakan agar mendekati kebutuhan optimum. Pakan diberikan sebanyak 3 kali sehari pada saat ulat kecil (instar I sampai III) dengan interval setiap 5 jam sekali mulai dari jam 07.00; 12.00 dan jam 17.00 WIB sedangkan pada saat ulat besar (instar 4 dan 5) pemberian makan dilakukan 4 kali per hari dengan interval yang sama, yaitu 5 jam (jam 07.00; 12.00; 17.00 dan 22.00).

- Pada awal instar IV dihitung sebanyak 6.000 ekor ulat dari setiap plot percobaan untuk terus dipelihara dan dipertahankan sebagai obyek pengujian selanjutnya.
- Pada hari keenam sampai kedelapan dari instar V, ulat-ulat yang sudah siap memasuki masa istirahat diambil satu per satu secara manual untuk dipindahkan ke rak pengokonan.
- Kokon dipanen pada hari kelima dan keenam setelah dikokonan dan diseleksi untuk dianalisis guna kepentingan pengukuran sesuai parameter yang diamati.

D. Rancangan Penelitian

Rancangan Percobaan dalam penelitian ini menggunakan Split Plot dalam Rancangan Acak Kelompok. Petak utama berupa lokasi yang berada pada dataran rendah di Kabupaten Pati-Jawa Tengah dan dataran tinggi di Kabupaten Sukabumi-Jawa Barat dan sebagai anak petak berupa jenis hibrid ulat sutera (P3H-1, P3H-2, P3H-3, P3H-4 dan C301). Pengelompokan

didasarkan kepada posisi rak pemeliharaan ulat dan setiap perlakuan dikelompokkan menjadi 4 kelompok.

Setiap kelompok terdiri atas 5 induk per hibrid. Pada awal instar IV setiap plot percobaan berisi 6.000 ekor ulat. Pemeliharaan telur hingga menjadi kokon dilakukan dengan standar pemeliharaan yang sama, meliputi tata cara inkubasi telur, penyiapan dan proses disinfeksi ruang pemeliharaan, jenis murbei dan jumlah pakan yang diberikan selama pemeliharaan ulat, pengaturan suhu dan kelembaban ruang ulat dan perlengkapan pengokonan.

Parameter yang diamati meliputi:

1. Persentase penetasan
Persentase penetasan adalah persentase telur yang menetas dari sejumlah telur dibuahi.

$$\text{Persentase penetasan (\%)} = \frac{\text{JTM}}{\text{JTT}} \times 100\%$$

Keterangan: JTM = Jumlah telur yang menetas

JTT = Jumlah telur total (yang menetas dan yang tidak menetas)

2. Kualitas kokon (bobot kokon, bobot kulit kokon dan rasio kulit kokon).
 - a. Bobot kokon segar (*fresh cocoon*) adalah bobot seluruh kokon yang terdiri atas kulit kokon dan pupa yang baru saja dipanen dan telah dibersihkan dari serat-serat halus pada permukaan kulit kokon (*flos*).
 - b. Bobot kulit kokon adalah bobot kulit kokon tanpa pupa.

- c. Rasio kulit kokon adalah bobot kulit kokon dibagi dengan bobot kokon dengan pupa dikalikan seratus persen.
3. Kualitas serat (panjang filamen)
 Panjang filamen merupakan serat (benang) sutera yang dihasilkan dari satu butir kokon dalam satuan meter. Panjang filament, yaitu total panjang filamen dari hasil penguraian satu kokon, yang ditentukan dengan mengurai kokon dengan menggunakan alat pental sederhana (*haspel*) hingga filamen dari satu buah kokon habis dan tidak dapat diurai kembali. Ujung filamen diambil lalu ditempelkan pada haspel dan dihitung jumlah putaran haspel yang menguraikan satu buah kokon, ujung filamen yang putus pada saat penguraian ditempel dengan ujung filamen yang lain dan dihitung total putaran haspel, sehingga diperoleh panjang filamen dengan rumus:

$$\text{Panjang filamen (m)} = n \times k$$

Keterangan: n = Jumlah putaran kincir

$$k = \text{Keliling kincir} = 117 \text{ cm} = 1,17 \text{ m}$$

E. Analisis Data

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh interaksi, pengaruh faktor tunggal, maka data dianalisis keragaman menggunakan uji F. Apabila hasil analisis menunjukkan berpengaruh signifikan, selanjutnya dilakukan uji beda rata-rata dengan menggunakan uji jarak berganda Tukey.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Pemilihan jenis bibit ulat sutera merupakan tahap awal yang perlu diperhatikan. Bibit ulat yang baik (unggul) akan menentukan hasil selanjutnya. Indukan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari hasil persilangan seperti terlihat pada Tabel 4.

Hasil persilangan tersebut, ternyata hibrid yang dihasilkan tidak selalu menghasilkan bobot kokon dan rasio kulit kokon yang lebih tinggi daripada indukan murni. Diharapkan dari hasil persilangan bisa menghasilkan sifat-sifat unggul baik berupa kuantitas maupun kualitas kokon yang dihasilkan. Parameter-parameter kuantitas ditentukan oleh persentase penetasan, bobot kokon, bobot kulit kokon dan rasio kulit kokon sedangkan kualitas kokon ditentukan oleh panjang filamen.

Penetapan produktivitas ulat sutera ditentukan oleh tingginya persentase penetasan, bobot kokon, bobot kulit kokon dan rasio kulit kokon. Faktor-faktor ini penting untuk diketahui para pemintal, karena biaya produksi benang berhubungan langsung dengan harga yang akan dibayarkan. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa faktor lokasi, jenis hibrid serta interaksi keduanya tidak berpengaruh signifikan terhadap persentase penetasan. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa terhadap bobot kokon dan bobot kulit kokon tidak terjadi interaksi yang nyata. Faktor tunggal lokasi dan jenis hibrid

Tabel (Table) 4. Bobot kokon dan rasio kulit kokon dari indukan dan hasil persilangannya (*The cocoon weight and the cocoon shell of hybrids and its parents*)

Indukan (<i>Parent</i>)	Bobot kokon (<i>The Cocoon weight</i>) (g)	Rasio kulit kokon (<i>The cocoon shell ratio</i>) (%)
P3H-1 (804 x 102)	1,55	20,38
804	1,92	22,58
102	1,53	15,29
P3H-2 (804 x 921)	1,64	21,01
804	1,92	22,58
921	1,91	21,57
P3H-3 (804 x 927)	1,61	20,86
804	1,92	22,58
927	2,00	22,50
P3H-4 (932 x 102)	1,53	20,20
932	1,92	21,36
102	1,32	15,29
C301 (102 x 202)	1,27	18,70
102	1,32	15,29
202	1,25	14,54

Sumber (*Sources*) : Data primer hasil penelitian (*Primary data research result*)

berpengaruh signifikan terhadap bobot kokon, namun terhadap bobot kulit kokon hanya faktor jenis hibrid yang berpengaruh sangat nyata. Tabel 5 menunjukkan bahwa lokasi dataran tinggi di Kabupaten Sukabumi menghasilkan bobot kokon lebih tinggi daripada lokasi dataran rendah di Kabupaten Pati. Namun terhadap bobot kulit kokon telah menghasilkan bobot kulit kokon yang sama untuk 2 lokasi tersebut. Jika dilihat dari faktor tunggal jenis hibrid, maka ulat sutera yang telah menghasilkan bobot kokon yang baik adalah hibrid P3H-1, P3H-2 dan P3H-3 sedangkan yang menghasilkan bobot kulit kokon yang tinggi adalah P3H-2, P3H-3 dan P3H-4.

Pada Tabel 6 terlihat bahwa keempat hibrid hasil Pusat Litbang Hutan yang dibudidayakan di dataran rendah Kabupaten Pati menghasilkan rasio kulit kokon yang sama baiknya, tetapi terhadap hibrid C301 (dari Perum Perhutani PPUS Candiroti) berbeda signifikan dan rasio kulit kokonnya jauh lebih tinggi daripada hibrid C301. Jika dikembangkan di dataran tinggi, maka hibrid P3H-2 dan P3H-3 menghasilkan rasio kulit kokon terbaik dan berbeda signifikan dengan hibrid P3H-1, P3H-4 dan C301. Jika dibudidayakan di dataran rendah dan dataran tinggi, maka hibrid P3H-2 menghasilkan rasio kulit kokon yang tertinggi.



Hibrid P3H 2



Hibrid C301

Gambar (Figure) 1. Hibrid P3H-2 dan C301 yang diujikan di Sukabumi dan Pati (*P3H-2 and C301 hybrids tested in Sukabumi and Pati*)

Tabel (Table) 5. Rata-rata bobot kokon dan bobot kulit kokon pada 2 lokasi dan 5 jenis hibrid (*The average weight of the cocoon and cocoon shell weight at two locations and five types of hybrid*)

Perlakuan (<i>Treatment</i>)	Penetasan (<i>Hatchability</i>) (%)	Bobot kokon (<i>Cocoon weight</i>) (g)	Bobot kulit kokon (<i>Shell cocoon weight</i>) (g)
Lokasi (<i>Location</i>)			
Pati	96,90 a	1,33 b	0,28 a
Sukabumi	96,66 a	1,71 a	0,28 a
Jenis hibrid (<i>Hybride kinds</i>)			
P3H-1	97,27 a	1,54 ab	0,29 b
P3H-2	97,06 a	1,66 a	0,32 a
P3H-3	97,00 a	1,60 ab	0,29 ab
P3H-4	96,57 a	1,52 b	0,30 ab
Perhutani C301	96,01 a	1,27 c	0,20 c

Keterangan (*Remarks*): Nilai dalam kolom yang diikuti dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata 5% berdasarkan Uji Tukey pada taraf nyata 5% (*Figures on the same column bearing same letter denote non significant differences at 5% level according to Tukey test*)

Tabel (Table) 6. Interaksi antara lokasi dan jenis hibrid terhadap rasio kulit kokon (*The interaction between the location and the type of hybrid on the cocoon shell ratio*)

Lokasi (<i>Location</i>)	Rasio kulit kokon (<i>The cocoon shell ratio</i>) (%)					
	Jenis hibrid (<i>Hybride kinds</i>)	P3H-1	P3H-2	P3H-3	P3H-4	C301
Pati		21,53 a	21,48 a	21,36 ab	21,47 a	19,54 cd
Sukabumi		19,22 d	20,54 abc	20,35 bc	19,00 d	17,90 e

Keterangan (*Remarks*): Nilai dalam kolom yang diikuti dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata 5% berdasarkan Uji Tukey pada taraf nyata 5% (*Figures on the same column bearing same letter denote non significant differences at 5% level according to Tukey test*)

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa hibrid ulat sutera P3H-1, P3H-2 dan P3H-4 yang dibudidayakan di dataran rendah telah menghasilkan panjang filamen yang sama dan lebih panjang daripada hibrid lainnya. Namun, apabila dibudidayakan di dataran tinggi, maka dapat dipilih hibrid P3H-1, P3H-2 dan P3H-3. Jika dibudidayakan di dataran rendah dan dataran tinggi, maka hibrid P3H-1 dan P3H-2 yang menghasilkan panjang filamen yang terbaik.

B. Pembahasan

Keseragaman penetasan dan persentase penetasan yang tinggi merupakan hal yang sangat utama dalam usaha budidaya ulat sutera (Andadari & Kuntadi, 2014). Kedua parameter ini sering dijadikan tolok ukur kualitas bibit, meskipun keberhasilannya akan dicapai jika didukung oleh sistem penetasan dan penanganan telur yang sesuai dengan ketentuan. Pada penelitian ini semua penanganan telur adalah sama untuk setiap perlakuan hibrid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penetasan seragam, untuk semua perlakuan dengan tingkat penetasan yang tinggi rata-rata di atas 96%.

Persentase penetasan kelima hibrid (Pusat Litbang Hutan dan Perum Perhutani) menunjukkan persentase penetasan yang sama tinggi karena semua jenis hibrid mendapat perlakuan inkubasi yang sama. Inkubasi telur adalah

penyimpanan telur di dalam ruangan dengan pengaturan temperatur, kelembaban dan cahaya yang sama untuk semua tempat. Tujuan inkubasi, yaitu agar telur dapat ditetaskan dengan baik dan merata selama 10 hari. Kebutuhan temperatur selama inkubasi adalah 25°C dan kelembaban 75-80% dengan pengaturan cahaya 18 jam terang dan 6 jam gelap setiap harinya sesuai dengan standar inkubasi menurut Hussain *et al.* (2011b). Oleh karena itu, persentase penetasan tidak dipengaruhi oleh jenis hibrid dan lokasi.

Bobot kokon merupakan salah satu parameter penting yang harus diketahui pada setiap hasil pemeliharaan ulat sutera karena akan berpengaruh terhadap serat dan benang yang dihasilkan (Nurhaedah *et al.*, 2006). Bobot kokon mempunyai korelasi positif dengan hasil kokon per boksnya. Berdasarkan hasil penelitian ada perbedaan yang nyata pada bobot kokon antar lokasi, pemeliharaan yang dilakukan di dataran tinggi di Kabupaten Sukabumi pada ketinggian 700 m dpl, menghasilkan rata-rata bobot kokon yang tinggi (1,71 g). Ulat sutera merupakan serangga berdarah dingin (*poikilothermic*) yang mudah dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, dengan demikian pada kondisi yang optimum pertumbuhan ulat lebih baik dan menghasilkan kokon yang optimum (Nursita, 2011; Hussain *et al.*, 2011a). Sebaliknya pada kondisi minimum seperti halnya di daerah Pati pada ketinggian

Tabel (Table) 7. Interaksi antara lokasi dan jenis hibrid terhadap panjang filamen (*The interaction between locations and hybrids to the length of filament*)

Lokasi (<i>Location</i>)	Panjang filamen (<i>Filament length</i>) (m)					
	Jenis hibrid (<i>Hybride kinds</i>)	P3H-1	P3H-2	P3H-3	P3H-4	C 301
Pati		1.065,40 abc	1.066,40 abc	1.003,67 bcd	1.126,00 ab	755,67 e
Sukabumi		1.066,67 abc	1.100,00 abc	1.160,00 a	950,00 cd	883,33 de

Keterangan (*Remarks*): Nilai dalam kolom yang diikuti dengan huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata 5% berdasarkan Uji Tukey pada taraf nyata 5% (*Figures on the same column bearing same letter denote non significant differences at 5% level according to Tukey test*)

80 m dpl, kokon yang dihasilkan menjadi lebih rendah, rata-rata berkisar 1,41 g. Hal ini disebabkan di daerah Pati dengan suhu tinggi dan kelembaban rendah dapat menyebabkan daun murbei yang diberikan cepat mengalami kekeringan, sehingga palatabilitasnya menurun. Namun demikian keempat hibrid Pusat Litbang Hutan konsisten menghasilkan bobot kokon lebih tinggi dibandingkan yang dihasilkan oleh hibrid Perum Perhutani PPUS Candirototo yaitu C301 baik yang dipelihara di dataran tinggi maupun di dataran rendah.

Pada penelitian ini, hibrid P3H-2 menghasilkan bobot kokon yang tertinggi (1,66 g) sedangkan hibrid C301 menghasilkan bobot kokon terendah (1,27 g). Secara umum, kokon dari hibrid hasil persilangan Pusat Litbang Hutan memiliki bobot di atas 1,50 g dan berbeda sangat nyata dibanding kokon hasil produksi hibrid C301. Disimpulkan bahwa hibrid P3H-2 potensial untuk dikembangkan baik pada ketinggian yang tinggi maupun pada daerah yang rendah (80-700 m dpl).

Menurut Kaomini & Andadari (2009) bobot kokon mempunyai korelasi positif dengan hasil kokon per boks dan berhubungan erat dengan nilai tambah yang diperoleh petani sutera. Sehubungan dengan hal tersebut, maka dari segi produksi kokon maupun nilai tambah yang diperoleh petani sutera hibrid ulat sutera Pusat Litbang Hutan dapat dianjurkan untuk dikembangkan.

Tabel 7 menunjukkan variasi peningkatan dan penurunan bobot kokon dan rasio kulit kokon dari kelima hibrid dibandingkan dengan indukannya. Variasi tersebut disebabkan karena indukan yang terlibat dalam persilangan sudah memiliki rasio kulit kokon yang tinggi akibat seleksi secara terus menerus dan karena selisih nilai rasio kulit kokon antara indukannya sangat kecil. Dengan demikian, peningkatan yang terjadi sangat kecil atau tidak terjadi sama sekali atau dapat pula disebabkan oleh daya gabung yang kurang baik antara kedua tetuanya (Endarwati *et al.*, 2006). Adanya variasi dapat juga disebabkan oleh pengaruh lingkungan, dimana lokasi yang berlainan membuat jenis hibrid memberikan respon yang tidak sama (Gowda & Reddy, 2007; Seidavi, 2012). Walaupun keempat hibrid Pusat Litbang Hutan terdapat penurunan dari indukannya, namun hasilnya lebih tinggi daripada hibrid C301.

Bobot kulit kokon berhubungan dengan kandungan sutera yang dapat dimanfaatkan, semakin besar bobot kulit kokon, maka semakin

besar kandungan benang sutera (Andadari *et al.*, 2013; Nuraeni & Baharudin, 2009). Bobot kulit kokon keempat hibrid Pusat Litbang Hutan menunjukkan hasil yang signifikan dibandingkan dengan hibrid C301. Rata-rata bobot kulit kokon keempat hibrid Pusat Litbang Hutan meningkat sebesar 50% dari hibrid C301. Pada dataran rendah di Kabupaten Pati keempat hibrid menunjukkan hasil yang sama, yang berarti keempat hibrid tersebut mampu beradaptasi pada dataran rendah. Namun, di dataran tinggi di Kabupaten Sukabumi menghasilkan bobot kulit kokon yang berbeda. Jenis hibrid P3H-1 dan P3H-2 menghasilkan bobot kulit kokon tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa jenis hibrid mempengaruhi bobot kulit kokon. Kumar *et al.* (2011) mengemukakan bahwa bobot kulit kokon ditentukan oleh ras, galur, jenis kelamin ulat yang dipelihara, kondisi pemeliharaan dan pengonkan.

Pada kondisi optimum walaupun keempat hibrid Pusat Litbang Hutan menghasilkan rasio kulit kokon lebih tinggi dari hibrid Perum Perhutani, hanya hibrid P3H-2 dan P3H-3 yang konsisten menghasilkan rasio kulit kokon tinggi. Persentase kulit kokon hibrid di daerah tropis menurut Andadari *et al.* (2013) berkisar antara 18,0-22,0%. Keempat hibrid Pusat Litbang Hutan telah menghasilkan rata-rata rasio kulit kokon antara 21,36-21,53% dan termasuk kelas B sedangkan hibrid C301 menghasilkan rasio kulit kokon 19,64% dan tergolong kelas C. Rasio kulit kokon keempat hibrid Pusat Litbang Hutan yang dipelihara di dataran rendah lebih tinggi daripada yang dipelihara di dataran tinggi. Diduga penyebabnya adalah perbedaan kemampuan daya tahan terhadap kondisi lingkungan dengan suhu tinggi dan kelembaban rendah dan perbedaan kemampuan kelenjar sutera dalam menghasilkan benang. Ulat sutera yang lebih tahan terhadap kondisi lingkungan dengan suhu tinggi dan kelembaban rendah akan berproduksi lebih baik (Nursita, 2011; Kumar & Singh, 2012)

Ada korelasi positif antara rasio kulit kokon dengan panjang filamen, semakin besar rasio kulit kokon, maka filamen yang dihasilkan akan semakin panjang. Keempat hibrid Pusat Litbang Hutan sudah memenuhi persyaratan panjang filamen normal dan memenuhi nilai komersil dengan nilai kisaran antara 1.004-1.126 m. Hasil ini lebih tinggi dari hibrid impor yang berkisar 800-1.000 m. Kualitas serat dipengaruhi oleh kualitas kokon yang dipintal (Kumar *et al.*, 2014). Muin *et al.* (2015) menyatakan semakin panjang serat, maka mutunya semakin baik.

Panjang filamen yang baik (normal) berkisar 800-1.500 m. Panjang filamen keempat hibrid Pusat Litbang Hutan tersebut lebih tinggi dari pada panjang filamen hibrid import Cina hasil penelitian yaitu berkisar 800-900 m (Andadari & Kuntadi, 2014).

Pemeliharaan ulat dengan menggunakan hibrid Pusat Litbang Hutan dibandingkan hibrid C301 terdapat peningkatan produksi kokon sebesar 32% untuk dataran tinggi (kondisi optimum) dan 18,92% untuk dataran rendah (kondisi minimum). Jika dibandingkan dengan bibit impor Cina untuk dataran rendah hanya menghasilkan kenaikan produksi kokon sebesar 12%, untuk kondisi optimum pemeliharaan ulat dengan hibrid Pusat Litbang Hutan dibandingkan dengan bibit import Cina produksi kokon meningkat 10%.

Kualitas kokon dan panjang filamen keempat hibrid Pusat Litbang Hutan menunjukkan hasil yang sama pada dataran rendah hal ini dikarenakan keempat hibrid Pusat Litbang Hutan menggunakan galur yang produktivitasnya tertinggi dari koleksi ulat sutera yang dimiliki oleh Pusat Litbang Hutan. Koleksi ulat sutera tersebut berada di ketinggian 200 m dpl. Hasil penelitian dalam skala laboratorium menunjukkan bahwa 4 hibrid tersebut menghasilkan rasio kulit kokon 22-25%, sementara bibit C301 yang beredar di Indonesia hanya mencapai 20-21%. Namun, keempat hibrid tersebut setelah diujikan skala lapangan dengan kondisi lingkungan berlainan telah menghasilkan rasio kulit kokon menurun sekitar 19-21%. Hal ini disebabkan pertumbuhan ulat sutera sangat dipengaruhi oleh kondisi tempat pemeliharaannya, karena ulat sutera termasuk binatang berdarah dingin.

Berdasarkan data yang diperoleh di 2 kondisi yang berbeda ternyata hibrid Pusat Litbang Hutan menghasilkan kualitas kokon dan panjang filamen lebih tinggi daripada hibrid C301. Rata-rata panjang filamen keempat hibrid Pusat Litbang Hutan lebih panjang daripada hibrid C301. Peningkatan panjang filamen dari keempat hibrid Pusat Litbang Hutan sebesar 41% untuk dataran rendah sedangkan untuk dataran tinggi panjang filamen terdapat peningkatan sebesar 21%. Hal ini menunjukkan keempat hibrid Pusat Litbang Hutan adaptif untuk dikembangkan di kedua lokasi tersebut. Di dataran tinggi di Kabupaten Sukabumi, keempat hibrid menunjukkan hasil yang berbeda. P3H-2 dan P3H-3 konsisten memberikan hasil panjang filamen yang sama antara dataran tinggi dan rendah. P3H-2 dan

P3H-3 mampu adaptif di kedua lokasi, namun cenderung hasilnya lebih baik di dataran tinggi.

Panjang filamen keempat hibrid Pusat Litbang Hutan hasil penelitian ini ternyata lebih panjang daripada hibrid impor dari Cina. Menurut Andadari & Kuntadi (2014) hibrid asal Cina pada pemeliharaan di Soppeng (kondisi minimum dengan ketinggian 100 m dpl) hanya mampu menghasilkan rata-rata panjang filamen rata-rata 900 m. Keempat hibrid Pusat Litbang Hutan pada pemeliharaan di dataran rendah dapat menghasilkan panjang filamen rata-rata 1.000 m.

Hasil pengamatan secara umum terhadap kualitas kokon dan serat, meliputi persentase penetasan, bobot kokon, bobot kulit kokon, ratio kulit kokon dan panjang serat dari ulat sutera yang dipelihara di 2 kondisi yang berbeda menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibanding kontrol C301. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat kecocokan hibrid Pusat Litbang Hutan mampu beradaptasi baik di dataran tinggi maupun dataran rendah.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Tingkat penetasan ulat sutera tidak dipengaruhi oleh jenis hibrid maupun lokasi pemeliharaan. Keseluruhan bibit ulat yang diuji menghasilkan persentase penetasan yang tinggi (> 96%) di 2 lokasi penelitian. Ulat sutera potensial untuk dibudidayakan di dataran rendah di dataran rendah adalah P3H-1, P3H-2 dan P3H-4. Hibrid P3H-2 dan P3H-3 cocok dibudidayakan di dataran tinggi. Hibrid P3H-2 potensial untuk dikembangkan dataran rendah dan di dataran tinggi.

B. Saran

Sebelum dikembangkan lebih luas, maka keempat hibrid Pusat Litbang Hutan perlu diuji pada kondisi agroklimat dan musim yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada teknisi-teknisi Laboratorium Persuaraan Alam: Tri Rahmawati, Heman Sari dan Heri Kurniawan yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Andadari, L., Pudjiono, S., Suwandi & Rahmawati, T. (2013). *Budidaya murbei dan ulat sutera*. FORDA PRESS. ISBN: 978-602-14274-6-0.
- Andadari & Kuntadi. (2014). Perbandingan hibrid ulat sutera (*Bombyx mori* L.) asal Cina dengan hibrid lokal di Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 11(3), 173-183.
- Andadari, L., Rahmawati, T. & Suwandi. (2011). Pengembangan koleksi ulat sutera. (tidak dipublikasikan). *Laporan Hasil Penelitian*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- BPS Jawa Tengah Dalam Angka (2015). *Bidang integrasi pengolahan dan deseminasi statistik*. Akses tanggal 26 Mei 2016.
- BPS Kabupaten Sukabumi. (2013). *Kabupaten Sukabumi dalam angka 2013*. Akses tanggal 26 Mei dari: <https://www.scribd.com/doc/257481114/Sukabumi-Dalam-Angka-2013>.
- Endarwati. Y.C., Siregar, H.C.H. & Kaomini, M. (2006). Kajian pengaruh bobot kokon induk terhadap kualitas telur persilangan ulat sutera (*Bombyx mori* L.) Ras cina dengan ras Jepang. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 2(2), 173-180.
- Gowda, B.N. & Reddy, N.M. (2007). Influence of different environmental conditions on cocoon parameters and their effects for reeling performance of bivoltine hybrids of silkworm, *Bombyx mori* L. *Int. J. Indust. Entomol*, 14(1), 15-21.
- Hussain, M., Naeem, M., Khan, S.A., Bhatti, M.F. & Munawar, M. (2011a). Studies on the influence of temperature and humidity on biological traits of silkworm (*Bombyx mori* L. : Bombycidae). *African J. Biotech*, 10(57), 12368-12375.
- Hussain, M., Khan, S.A., Naeem, M., Aqil, T., Khursheed, R. & Ul Mohsin, A. (2011b). Evaluations of silkworm lines against variations in temperature and RH for various parameters of commercial cocoon production. *Psyche* vol. 2011, article ID 145640. <http://www.hindawi.com/journals/psyche/2011/145640/>. Diakses 5 Mei 2016.
- Kaomini, M., & Andadari, L. (2009). *Sintesis Hasil Penelitian Teknologi Peningkatan Produktivitas dan kualitas Produk Ulat sutera*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Tidak diterbitkan.
- Kumar, V., Kumar, D. & Ram, P. (2014). Varietal influence of mulberry on silkworm, *Bombyx mori* L. growth and development. Research Article. *International Journal of Advanced Research*, 2(3), 921-927.
- Kumar, S.N. & Singh, H. (2012). Evaluation of the reproductive potential of bivoltine silkworm hybrids of *Bombyx Mori* L under high temperature and high humidity and high temperature and low humidity conditions of the tropics. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*. eISSN 2249 0256, 2(5), 443-449.
- Kumar, S.N., Singh, H., Saha, A.K. & Bindroo, B.B. (2011). Development of bivoltine double hybrid of the silkworm, *Bombyx Mori* L. tolerant to high temperature and high humidity conditions of the tropics. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*. eISSN 2249 0256, 1(4), 423-434.
- Muin, Suryanto, N. & Minarningsih. (2015). Uji coba hibrid *Morus khunpai* dan *M. indica* sebagai pakan ulat sutera (*Bombyx mori* Linn.). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 4(2), 137-145.
- Nursita, I.W. (2011). Perbandingan produktivitas ulat Sutera dari dua tempat pembibitan yang berbeda pada kondisi lingkungan pemeliharaan panas. *Jurnal Ilmu-ilmu Peternakan*, 21(3), 10-17.
- Nuraeni, S., & Baharudin. (2009). Perbandingan karakteristik dan produktivitas ulat sutera (*Bombyx mori* L.) dari dua sumber bibit di Sulawesi Selatan. *Jurnal Perennial*, 6(1), 39-43.
- Nurhaedah, Budi Santoso, H. & Isnain, W. (2006). Pengaruh murbei (*Morus spp.*) dan ulat sutera persilangan (*Bombyx mory* Linn.) terhadap kualitas ulat, kokon dan serat sutera. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 3(1), 65-73.
- Santoso, B. (2012). Murbei varietas NI (varietas unggul). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 1(2).
- Seidavi, A. (2012). Study on thirty-one economically important traits in twenty silkworm *Bombyx mori* varieties. *African J. Biotechnology*, 11(36), 8938-8947.

PERBEDAAN KOMPOSISI HUTAN ALAM PRODUKSI PADA BERBAGAI UMUR BEKAS TEBANGAN DAN LERENG

*The Composition Differentiate of Natural Forest Production at Some Time
Cutting and Slope Class*

Lutfy Abdulah dan/and Mira Yulianti

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan

Kampus Badan Litbang dan Inovasi, Jl. Gunung Batu No. 5 Kotak Pos 165 Bogor 16118, Jawa Barat, Indonesia
Tlp. : (0251) 8633234; Fax. : (0251) 8638111

Email: lutfyabdulah@yahoo.co.id; mitra_solvay@yahoo.com

Tanggal diterima: 10 Juli 2014; Tanggal direvisi: 2 Mei 2016; Tanggal direvisi: 6 Juni 2016

ABSTRACT

*The management of natural forests production in Indonesia have been facing with the pressure to sustainability of growth and results. Number of tree and number of tree species have been dimishing after harvested for long time. That is effect to reduction of forest production value. The objective of the research was to determine the impact of logging on biodiversity and to calculate natural regeneration. The research method by transect survey on logged area at 2002, 2003, 2012 and 2013. Parameters consisted of individual density, frequency, dominance, species richness, diversity, and level of slope. The result showed that. there are 5 types of commercially namely *S. selanica* BI, *C. soulatry*, *C. buruana* Mig., *E. papuana*, *Garcinia* sp. and *P. pinnata* Forst. & Forst. with the different natural regeneration condition. The IVI of commercial species still good by dominated by non commercial species. The richness index is moderate and diversity index is low. It is need to improve by silviculture treatment and biophysical consideration by development a plantation area in unproductive area with commercial species.*

Keywords: *Diversity, important value, log over area, species richness*

ABSTRAK

Pengelolaan hutan alam produksi di Indonesia dihadapkan pada tekanan kelestarian pertumbuhan dan hasil. Jenis-jenis yang ditebang pada rotasi berikutnya mengalami penurunan baik potensi maupun permudaannya dan jenis-jenis non komersial akan dominansi di areal bekas tebangan. Tujuan penelitian adalah mengetahui dampak penebangan terhadap biodiversitas dan proyeksi permudaan alami. Metode yang digunakan adalah metode analisis vegetasi di LOA tahun 2002, 2003, 2012 dan 2013 dengan parameter kerapatan individu, frekuensi, dominansi pada berbagai level pertumbuhan, kekayaan jenis, keragaman jenis dan pengaruh kelerengan terhadap potensi tegakan tinggal dan permudaan alami. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 5 jenis komersial yaitu *S. selanica* BI, *C. soulatry* Burm., *C. buruana* Mig., *E. papuana* dan *P. pinnata* Forst. & Forst.. INP jenis komersil masih dikatakan baik meski jenis non komersil masih mendominasi LOA. Indeks kekayaan jenis dapat dikatakan baik namun indeks keragaman jenis tergolong rendah. Untuk itu perlu adanya perbaikan silvikultur dengan mempertimbangkan aspek biofisik melalui penanaman lahan tidak produktif dengan jenis-jenis komersil.

Kata kunci: *Hutan bekas tebangan, kekayaan jenis, keragaman, nilai penting*

I. PENDAHULUAN

Pengelolaan hutan alam produksi di Indonesia dihadapkan pada tekanan kelestarian pertumbuhan dan hasil, konservasi sumberdaya hutan serta bentuk-bentuk tekanan sosial dan ekonomi baik itu dari usaha sejenis maupun dari usaha sektor non kehutanan seperti pertambangan dan perkebunan. Salah satu penyebab tekanan adalah laju pertumbuhan hutan bekas tebangan (*log over*

area, LOA) yang sangat lambat dan tidak seiring dengan laju penebangan atau permintaan kayu bulat di pasar. Pertumbuhan LOA yang lambat disebabkan oleh perubahan pada struktur dan komposisi tegakan alam (Muhdi *et al.*, 2009).

PT. Gema Hutani Lestari merupakan salah satu unit manajemen pemanfaatan hasil hutan kayu di Pulau Buru - Maluku seluas 148.450 ha dan potensi tegakan mencapai 4.430.340 m³ dan sesuai Keputusan Menteri Kehutanan dan

Perkebunan No. 951/Kpts-II/1999 (PT. GHL, 2013). Etat luas diperkirakan sebesar 2.612,7 m³ per ha dari luas efektif 78.381 ha dan jatah tebang tahunan sebesar 150.664 m³ per tahun.

Target pekerjaan untuk mengelola (membuka, memanen dan membuat permudaan alami dan buatan) akan merubah struktur dan komposisi tegakan yang ada. Struktur merupakan distribusi jumlah pohon berdasarkan kelas umur, kelas diameter dan/atau kelas tutupan tajuk. Sementara komposisi merupakan susunan vegetasi yang terdiri atas satu atau lebih jenis. Perubahan struktur dan komposisi tegakan merupakan respon vegetasi terhadap suhu, kelembaban dan cahaya yang berubah akibat penebangan (Mandal & Joshi, 2014). Informasi struktur tegakan pasca tebang menjadi panduan pengelolaan hutan alam produksi dalam penentuan intensitas tebang dan juga penentuan teknik permudaan buatan terhadap jenis komersil yang sering dipanen. Perubahan hutan pasca pemanenan tidak hanya merubah jumlah individu dalam kelas diameter atau kelas tajuk tertentu dalam formasi hutan alam, melainkan juga merubah individu dalam kelompok jenis tertentu. Hal ini tentunya akan mengubah status kenakeragaman hayati pasca panen. Muhdi (2009) bahwa pada tingkat semai sebesar 2,55-2,88 dan di tingkat pancang sebesar 2,56-2,81. Angka ini tergolong baik jika didasarkan oleh indeks Shannon-Weiner. Upaya untuk memperbaiki keragaman jenis dengan sistem silvikultur Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) dapat memperbaiki indeks keragaman jenis. Juanedi (2007) melaporkan bahwa LOA dengan sistem TPTJ memiliki indeks keragaman jenis berkisar antara 2,14-2,86. Wicaksono (2009) menyebutkan bahwa penerapan sistem silvikultur TPTJ mengakibatkan kerusakan tegakan tinggal mencapai 17-25%. Nasution (2009) menyebutkan bahwa akibat penebangan 1 batang pohon akan berdampak kerusakan pada 92 batang dari tingkat pancang sampai dengan pohon rusak. Sementara Susetyo (2009) menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh lereng yang nyata terhadap laju pertumbuhan diameter dan tinggi tegakan tinggal. Semakin curam daerah tersebut, maka pertumbuhan tinggi dan diameter tegakan tinggal semakin rendah.

Pemanenan hutan alam produksi harus dapat dilakukan secara lestari. Ukuran kelestarian adalah jumlah tegakan tinggal cukup untuk

menjamin potensi tebang di rotasi berikutnya yang dapat dinilai melalui jenis tersebut mudah ditemukan di areal bekas tebang pada berbagai level pertumbuhan seperti semai, pancang, tiang dan pohon. Selain itu, jumlah individu pada setiap level pertumbuhan cukup dan pada jenis-jenis komersil yang sering ditebang oleh unit manajemen memiliki dominansi bidang dasar yang dominan. Ukuran-ukuran ini dapat dinyatakan dalam INP LOA dan dapat diukur tingkat kekayaan jenis dan keragaman jenis. Untuk itu penelitian ini dirancang untuk mengukur sejauh mana kerapatan individu setiap kelompok jenis, frekuensi, dominansi suatu pada berbagai level pertumbuhan, kekayaan dan keragaman jenis serta pengaruh kelerengan terhadap potensi tegakan tinggal dan permudaan alami. Tujuan penelitian adalah mengetahui dampak penebangan terhadap biodiversitas dan proyeksi permudaan alami.

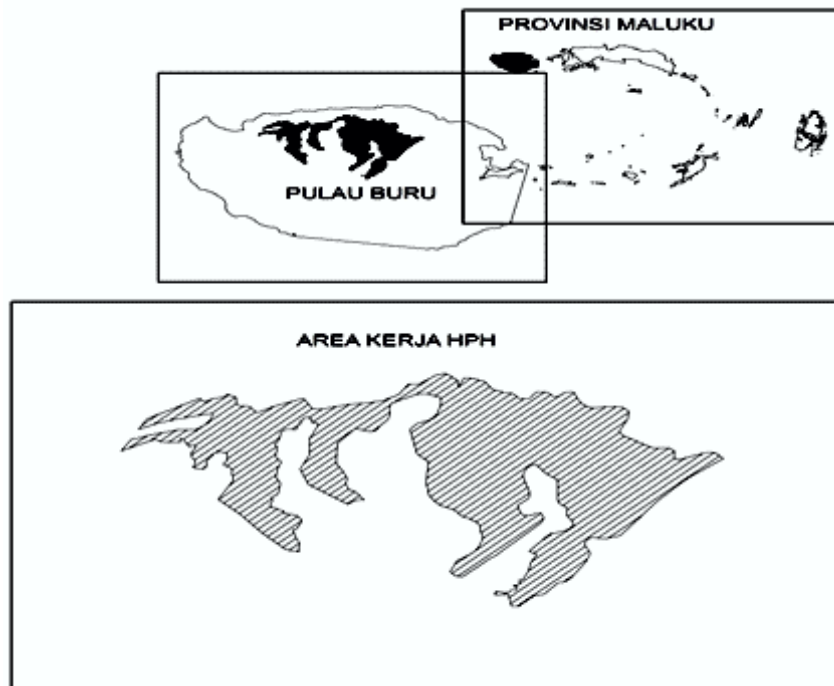
II. METODOLOGI

A. Pengumpulan data

Penelitian dilakukan pada bulan Juni dan September 2013 di areal konsesi PT. Gema Hutani Lestari yang berada di Kabupaten Buru Provinsi Maluku, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

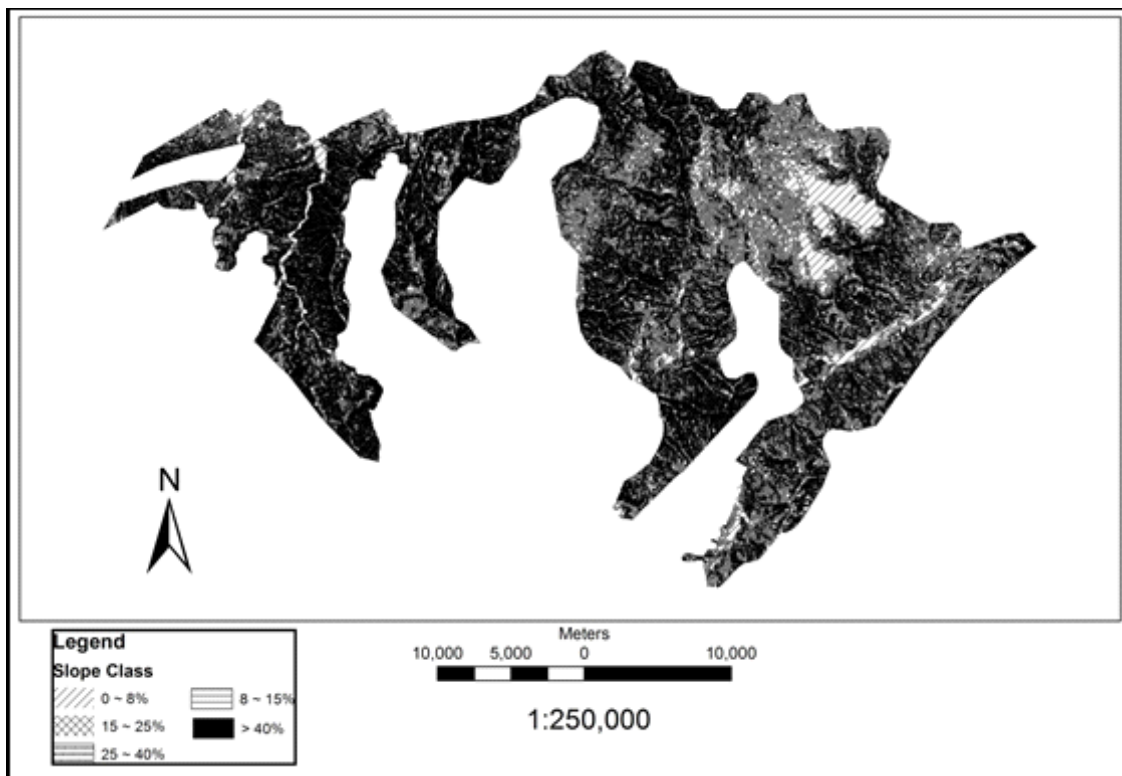
Metode penelitian dibagi atas 2 tahapan, yakni persiapan (*desk study*) dan pengambilan data di lapangan. Tahapan *desk study* dimulai dengan mempersiapkan peta kelas lereng dengan basis data dari Badan Informasi Geografi (BIG) skala 1 : 25.000. Areal kerja PT. Gema Hutani Lestari termasuk dalam tipe iklim C menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson, dengan curah hujan 1.429 mm per tahun dan suhu bulanan berkisar antara 26^o-28^oC. Jenis tanah di lokasi kerja menurut klasifikasi USDA adalah *tropohemifs (organosol)* dan *hapludans (andosol)*.

Tahapan penelitian lapangan dilakukan dengan basis data dari peta kelas lereng. Lereng adalah panjang kemiringan sebidang tanah yang lebih dari 50 m yang dibangun dengan Citra DEM Aster. Metode pengambilan data dilakukan dengan membuat plot pengamatan dan pengukuran dengan ukuran terluas 30 m x 30 m pada kelas lereng 0-8%, 8-15%, 15-25%, 25-40% dan > 40%. Adapun peta kerja penelitian disajikan



Sumber (Source): Rencana kerja umum PT. Gema Hutani skala : 1: 1.250.000
(General work plan of IUPPHK PT. Gema Hutani Lestari)

Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian (Research location)



Sumber (Source): Peta Rupa Bumi Indonesia, Badan Informasi Geospasial (Indonesian topographic map from Geospatial Information Institution)

Gambar (Figure) 2. Kelas kelereng blok A. PT. Gema Hutani Lestari (Slope class A at PT. Gema Hutani Lestari)

Gambar 2 menunjukkan bahwa areal kerja didominasi oleh lereng yang sangat curam dan panjang. Plot pengamatan dibuat dengan metode jalur atau transek dengan panjang jalur 100 m dan lebar jalur 20 m. Jarak antar jalur 20 m. Jumlah jalur pengamatan 2 jalur pada setiap Rencana Kerja Tahunan (RKT). Plot dibuat di 4 RKT yakni RKT tahun 2002, 2003, 2012 dan 2013. Pada setiap jalur plot terdapat variasi ukuran plot yang disesuaikan dengan analisis vegetasi untuk tingkat semai, pancang, tiang dan pohon, dengan uraian sebagai berikut:

- a. Plot ukuran 2 m x 2 m untuk tingkat semai
- b. Plot ukuran 5 m x 5 m untuk tingkat pancang
- c. Plot ukuran 10 m x 10 m untuk tingkat tiang
- d. Plot ukuran 20 m x 20 m untuk tingkat pohon

Adapun bentuk plot ukur disajikan pada Gambar 3.

B. Analisis Data

1. Indeks nilai penting (INP)

Indeks Nilai Penting (INP) ini digunakan untuk menetapkan dominasi suatu jenis terhadap jenis lainnya. INP merupakan penjumlahan dari Kerapatan Relatif (KR), Dominansi Relatif (DR) dan Frekuensi Relatif (FR).

$$INP = FR + KR + DR$$

$$\text{Kerapatan} = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis dalam petak ukur}}{\text{Luas petak ukur}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif (KR)} = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Kerapatan seluruh jenis}} \times 100$$

$$\text{Dominasi jenis} = \frac{\text{Luas bidang dasar jenis}}{\text{Luas petak ukur}}$$

$$\text{Dominasi Relatif (DR)} = \frac{\text{Dominasi suatu jenis}}{\text{Dominasi seluruh jenis}} \times 100$$

$$\text{Frekuensi (F)} = \frac{\text{Jumlah plot ditemukan suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh plot}}$$

$$\text{Frekuensi Relatif (FR)} = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Total Frekuensi}} \times 100$$

Nilai INP maksimum untuk tingkat semai dan pancang adalah 200%, sementara tingkat tiang dan pohon sebesar 300%.

2. Keragaman jenis

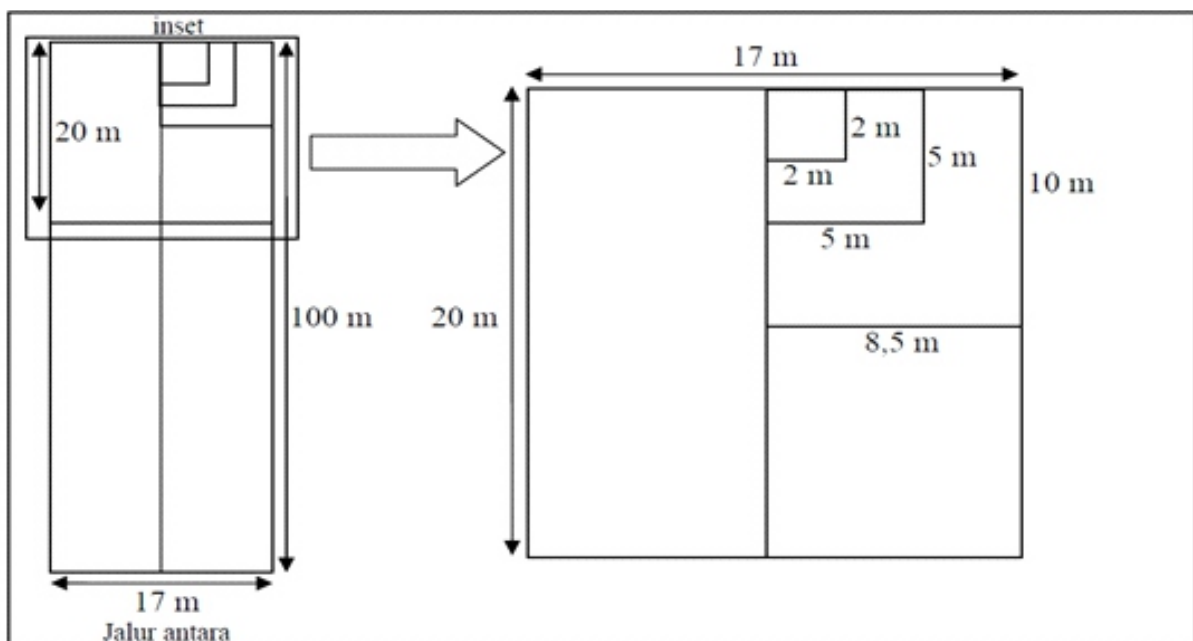
Keragaman jenis adalah parameter yang sangat berguna untuk membandingkan dua komunitas, terutama untuk mempelajari pengaruh gangguan biotik, untuk mengetahui tingkatan suksesi atau kestabilan. Keanekaragaman jenis ditentukan dengan menggunakan rumus Shannon-Wiener.

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left[\left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right]$$

Dimana: H' = Indeks keragaman Shannon - Wiener

n_i = Jumlah jenis ke-n

N = Jumlah jenis



Gambar (Figure) 3. Layout plot ukur (Sample plot layout)

Indeks Keanekaragaman Jenis umumnya berada pada kisaran antara 1,0 sampai 3,5. Jika nilai Indeks Keanekaragaman Jenis (H') mendekati 3,5 maka menggambarkan tingkat keanekaragaman yang semakin tinggi.

3. Indeks kekayaan jenis (Margaleff)

Indeks ini dapat digunakan untuk mengetahui kekayaan jenis di suatu areal.

$$R_1 = \frac{s - 1}{\ln(N)}$$

Dimana : R_1 = Indeks kekayaan jenis Margalef

S = Jumlah jenis

N = Jumlah individu

Berdasarkan besaran $R_1 < 3,5$ menunjukkan kekayaan jenis tergolong rendah, $R_1 = 3,5 - 5,0$ menunjukkan kekayaan jenis tergolong sedang dan R_1 tergolong tinggi apabila $> 5,0$.

4. Menduga korelasi antara jumlah individu setiap level pertumbuhan dengan kelas kelerengan

Untuk menduga korelasi antara jumlah individu pada setiap level pertumbuhan maka terlebih dahulu dikonversi jumlah individu pada setiap level pertumbuhan ke ukuran plot 30 m x 30 m. Hal ini karena peta kontur yang digunakan berasal dari peta liputan ASTER dengan resolusi 30 m x 30 m. Adapun rumus korelasi yang digunakan sebagaimana dijelaskan oleh sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - (\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{\sqrt{[(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

Dimana: r = Koefisien korelasi

x_i = Jumlah individu pada tingkat pertumbuhan ke-i

y_j = Kelas kelerengan ke-j

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Komposisi tegakan tinggal

Dalam areal penelitian ditemukan kelompok meranti hanya jenis *Shorea selanica* BI. Sementara untuk kelompok jenis bukan meranti terdiri atas jenis *Agathis alba* Foxw., *Calophyllum soulatry* Burm., *Cannarium* sp., *Castanopsis buruana* Mig., *Eucaliptosis papuana* CT., *Eugenia* sp., *Metrosideros periolata* Kds., *Pometia pinnata* Forst. & Forst., *Podocarpus amarus* Blume, *Palaquium* sp., *Casuarina equisetifolia* L., *Neolamarckia cadamba* Miq., *Falcataria moluccana* Miq, *Actinodapne* sp., *Vitex cofassus* ex Blume, *Trema orientalis* (L) Blume, *Myristica* sp. serta beberapa jenis lainnya yang belum teridentifikasi. Lima jenis komersial yang potensial ditebang adalah *S. selanica* BI, *P. pinnata* Forst. & Forst., *C. soulatry* Burm., *C. buruana* Mig. dan *E. papuana* CT. Adapun jumlah semai, pancang, tiang dan pohon disajikan pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Jumlah individu menurut kelompok jenis untuk setiap level perkembangan di RKT (Number of trees according to species groups for each growth levels in annual working area)

RKT (Annual working areas)	Kel. jenis (Species group)		Tingkat pertumbuhan (Growth levels)			
	Dypterocarps	Commercial	Semai (Seedlings)	Pancang (Sapling)	Tiang (Pole)	Pohon (Tree)
2002	Meranti	Commercial	-	-	500	275
	Non meranti	Commercial	12,500	54,000	700	525
		Non commercial	140,000	70,000	1,700	550
	All species		152,500	124,000	2,900	1,350
2004	Meranti	Commercial	5,000	8,000	-	25
	Non meranti	Commercial	20,000	2,000	200	325
		Non commercial	-	-	1,500	525
	All species		25,000	10,000	1,700	875
2012	Meranti	Commercial	77,500	14,000	100	350
	Non meranti	Commercial	110,000	38,000	900	425
		Non commercial	200,000	84,000	400	225
	All species		387,500	136,000	1,400	1,000
2013	Meranti	Commercial	-	-	100	225
	Non meranti	Commercial	52,500	16,000	200	725
		Non commercial	130,000	14,000	700	625
	All species		182,500	30,000	1,000	1,575

Pada tingkat semai, jumlah individu terbanyak terdapat di RKT 2012 dan pada tingkat pancang menunjukkan bahwa jumlah individu terbanyak terdapat pada RKT 2012. Sementara pada tingkat tiang dan pohon, jumlah individu terbanyak pada RKT 2002 dan 2013. Namun demikian, kualitas LOA untuk menjamin kelestarian usaha bergantung pada jenis komersial yang tersisa. Jenis komersial dapat berupa jenis meranti maupun jenis bukan meranti komersial.

Kondisi permudaan alam baik di tingkat semai, pancang, tiang serta tingkat pohon didominasi oleh jenis-jenis yang selama ini belum diperdagangkan. RKT dengan jumlah permudaan terkecil adalah RKT 2004. Secara total terdapat 875 batang pohon per ha dan lebih kecil dibandingkan RKT yang lain. Hal ini diduga disebabkan oleh proses permudaan alami yang terganggu atau intensitas tebang pada saat itu sangat tinggi.

2. Indek Nilai Penting (INP)

Kondisi komposisi jenis yang beragam pada tingkat permudaan dan tingkat pohon dipengaruhi oleh laju permudaan alami yang terjadi serta aktivitas penebangan yang dilakukan. Adapun nilai INP untuk setiap tingkat permudaan dan tingkat pohon di areal penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kelompok meranti pada semua tingkat pertumbuhan lebih kecil dibandingkan kelompok non meranti baik yang komersial maupun tidak komersial. Semen-

tara berdasarkan RKT, INP jenis meranti pada RKT menunjukkan pola kuadratik dimana pada RKT 2002, INP di semua tingkat pertumbuhan lebih rendah dari RKT tahun 2003 dan RKT tahun 2012 (kecuali) tingkat pohon dan akan menurun pada RKT tahun 2013. Fenomena berbeda terjadi pada komersial non meranti. Adapun INP jenis komersial disajikan pada Tabel 3 berikut.

S. selanica BI merupakan jenis yang paling sering ditebang. Namun demikian pada RKT tahun 2002 dan 2013, tidak ditemukan pada tingkat semai dan pancang. Sementara terdapat jenis yang kondisinya sangat memprihatinkan lagi yakni *P. pinnata* Forst. & Forst. Jenis ini hanya ditemukan pada tingkat pancang. Jenis yang dominan pada tingkat permudaan dan tingkat pohon yakni jenis *C. soulatry* Burm., *E. papuana* CT. dan *C. buruana* Mig., dengan INP tertinggi sebesar 123% untuk jenis *E. Papuana* CT. pada tingkat pohon; 82% pada tingkat tiang dan 34% di tingkat semai untuk jenis *C. buruana* Mig. serta 27% di tingkat semai untuk jenis *C. soulatry* Burm.. Ketiga jenis ini merupakan jenis lokal yang dapat tumbuh baik di areal konsesi PT. Gema Hutani Lestari.

3. Indeks keragaman jenis (Shannon-Weiner)

Indeks keragaman jenis menunjukkan banyaknya jenis yang ditemukan pada suatu level pertumbuhan. Jumlah jenis yang beragam ditunjukkan dengan nilai indeks yang tinggi.

Tabel (Table) 2. Jumlah individu menurut kelompok jenis untuk setiap level perkembangan di RKT (Number of trees according to species groups for each growth levels in annual working area)

RKT (Annual working area)	Kelompok jenis (Species group)		Level pertumbuhan (Growth level)			
	Komersial (Commercial)	Meranti (Dipterocarps)	Semai (Seedling)	Pancang (Sapling)	Tiang (Pole)	Pohon (Tree)
2002	Commercial	Meranti	-	2	50	50
		Non meranti	134	66	76	76
2003	Commercial	Non meranti	122	52	83	91
		Meranti	12	10	16	10
2012	Commercial	Non meranti	64	46	54	72
		Non meranti	124	50	233	150
2013	Commercial	Meranti	36	28	14	113
		Non meranti	64	54	105	79
2013	Commercial	Non meranti	49	39	85	21
		Meranti	-	-	45	35
2013	Non commercial	Non meranti	83	56	43	84
		Non meranti	117	48	114	101

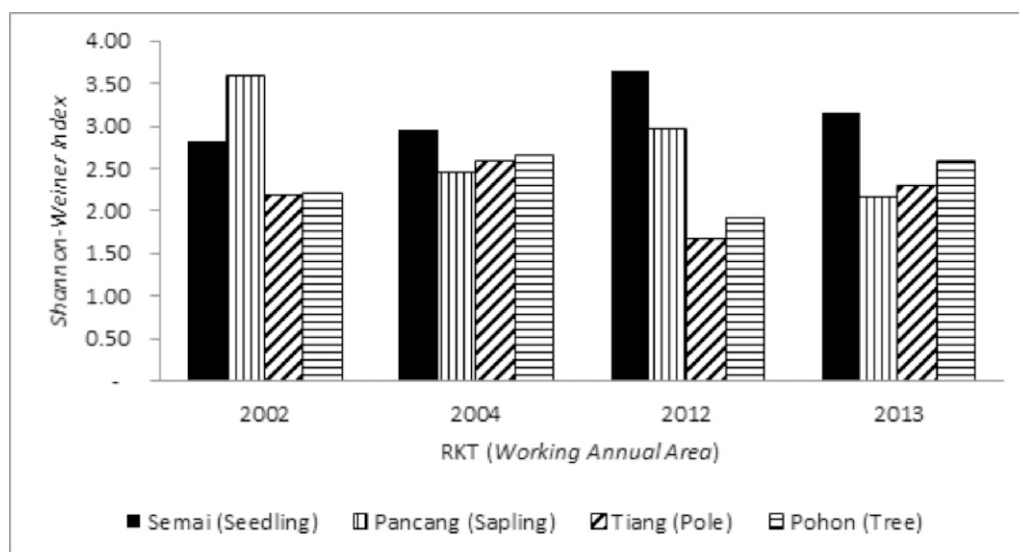
Sumber (Source) : Pengolahan data lapangan (Data analyzed)

Tabel (Table) 3. INP Beberapa jenis komersil (IVI at Some commercial species)

RKT (Annual working area)	Jenis (Species name)	Level pertumbuhan (Growth level)			
		Semai (Seedlings)	Pancang (Sapling)	Tiang (Pole)	Pohon (Tree)
		INP	INP	INP	INP
2002	<i>C.soulatry</i> Burm.	36.9	27.5	12.0	43.6
	<i>C. buruana</i> Mig.	-	1.9	-	10.9
	<i>E. papuana</i> CT.	9.6	6.6	51.7	60.5
	<i>Garcinia</i> sp.	23.8	20.6	6.2	16.8
	<i>S. selanica</i> BI	-	2.2	49.9	50.7
	<i>P. pinnata</i> Forst. & Forst.	-	-	-	-
2003	<i>C.soulatry</i> Burm.	-	-	-	8.7
	<i>C. buruana</i> Mig.	-	-	-	9.9
	<i>E. papuana</i> CT.	26.8	18.2	29.1	123.1
	<i>Garcinia</i> sp.	-	0.3	-	-
	<i>S. selanica</i> BI	11.9	10.3	15.7	9.8
2012	<i>C.soulatry</i> Burm.	13.6	11.1	-	4.9
	<i>C. buruana</i> Mig.	24.8	21.3	82.9	40.2
	<i>E.papuana</i> CT.	21.7	17.6	-	23.3
	<i>Garcinia</i> sp.	4.3	3.7	-	-
	<i>S.selanica</i> BI	9.7	28.1	14.1	114.2
2013	<i>C.soulatry</i> Burm.	-	-	9.9	21.5
	<i>C. buruana</i> Mig.	34.0	24.0	16.7	17.9
	<i>E. papuana</i> CT.	11.8	8.6	-	27.2
	<i>Garcinia</i> sp.	-	0.6	8.3	16.8
	<i>S. selanica</i> BI	-	-	37.2	23.1
	<i>P. pinnata</i> Forst. & Forst.	-	-	0.1	-

Namun demikian, untuk mengetahui dampak penerapan sistem silvikultur terhadap suatu jenis atau tingkat keragaman jenis, maka diperlukan data seri. Dalam penelitian ini hanya menyajikan indeks keragaman jenis pada saat penelitian dan

tidak membedakan berdasarkan umur LOA. Adapun indeks Shannon-Weiner tertinggi pada berbagai tingkat pertumbuhan disajikan pada Gambar 4.



Sumber (Source): Pengolahan data lapangan (Data analyzed)

Gambar (Figure) 4. Indeks keragaman (Diversity index)

Indeks keragaman jenis pada tingkat semai di RKT tahun 2002 mencapai 2,8 lebih rendah dibandingkan RKT 2004, 2012 dan 2013. Indeks keragaman pada tingkat semai tertinggi pada RKT 2012 mencapai 3,5. Sementara pada tingkat pancang, indeks keragaman jenis RKT tahun 2002 tertinggi dibandingkan RKT lainnya yang mencapai mencapai 3,5. Sementara pada tingkat tiang, indeks keragaman jenis terbaik pada RKT 2004 yang mencapai 3,7. Pada tingkat pohon, indeks keragaman jenis terbaik terjadi pada RKT 2004 dan 2013 yang mencapai 2,2. Secara umum kondisi keragaman jenis digolongkan rendah.

4. Indeks kekayaan jenis (Margaleff)

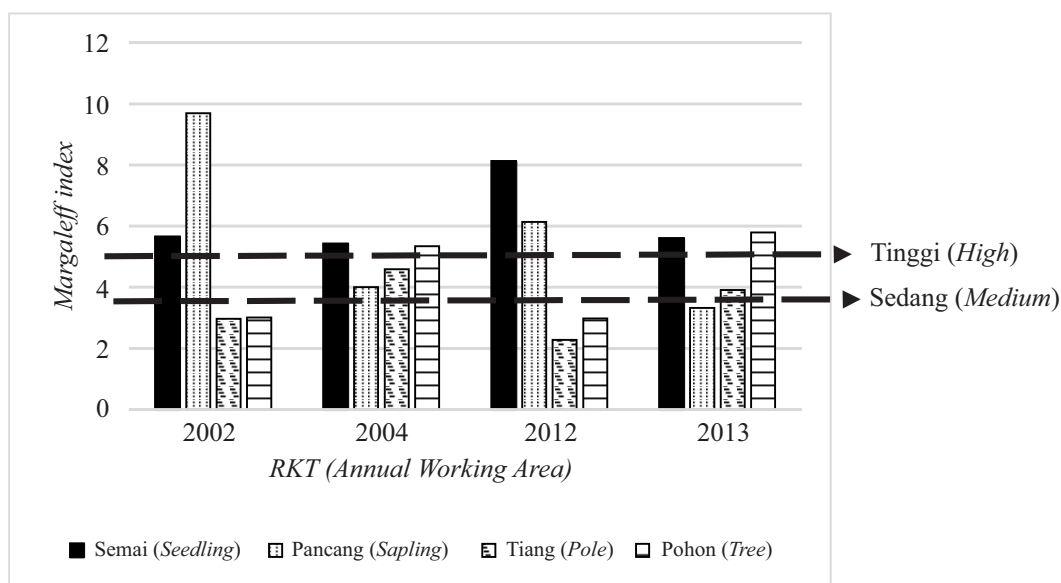
Gambar di atas menunjukkan bahwa kondisi LOA RKT 2002 dan 2012 memiliki indeks Margaleff rendah. Sementara untuk LOA RKT 2004 dan 2013 memiliki indeks Margaleff tergolong sedang. Terdapat variasi kondisi jenis yang sangat besar. Jika indeks Margaleff kurang dari 3,5, maka jenis tersebut tergolong sangat jarang atau rendah, antara 3,5 sampai dengan 5 tergolong sedang dan di atas 5 menunjukkan jenis itu sangat kaya. Indeks Margaleff menggunakan fungsi rasio antara jumlah jenis terhadap jumlah individu dalam suatu sistem. Dikatakan sistem karena dalam penelitian ini yang dibandingkan adalah RKT. Setiap RKT terdapat kebijakan pengelolaan yang berbeda serta kondisi ling-

kungan yang juga berbeda. Jika terdapat suatu jenis dengan jumlah hanya 1, maka indeks Margaleff akan menjadi 0. Meskipun di sistem tersebut terdapat banyak jenis, namun kelimpahan jenis tersebut terbatas, maka indeks Margaleff akan menyatakan bahwa kekayaan jenis akan sangat rendah. Oleh karena itu, indeks Margaleff lebih menekankan bahwa dalam suatu sistem, keberadaan suatu jenis sangat ditentukan kelimpahan individu jenis tersebut.

Jenis komersial yang terdapat di setiap RKT berkisar antara 4-5 jenis (*S. selanica* BI, *C. soulatry* Burm., *C. buruana* Mig., *E. papuana* CT. dan *P. pinnata* Forst. & Forst.) dan sisanya adalah jenis non komersial. Jenis komersial sendiri memiliki indeks Margaleff di bawah angka 3, yang berarti kekayaan jenis komersial sangat rendah.

5. Hubungan antara jumlah individu (batang per 900 m²) setiap level pertumbuhan dengan kelas lereng

Tipe lereng di wilayah kerja PT. Gema Hutani Lestari (GHL) sangat didominasi oleh kelas lereng curam sampai dengan sangat curam. Hal ini sangat mempengaruhi pola pengaturan hasil dan manajemen area bekas tebangan. Salah satu hal yang mudah dilihat adalah komposisi tegakan berdasarkan tingkat pertumbuhan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 5.



Sumber (Source): Pengolahan data lapangan (Data analyzed)

Gambar (Figure) 5. Indeks kekayaan (Richness index)

Tabel (Table) 4. Indeks Margaleff setiap jenis pada berbagai level pertumbuhan (*Margaleff indeces for all species at growth levels*)

RKT (Annual Working Area, y)	Tingkat Pertumbuhan (Level of Growth)	Jenis (Species)				
		<i>C. soulatry</i> Burm.	<i>C. buruana</i> Mig.	<i>E. papuana</i> CT	<i>P. pinnata</i> Forst & Forst.	<i>S. selanica</i> Bl.
2002	Semai (<i>Seedlings</i>)	0,74		0,25		
	Pancang (<i>Sapling</i>)	0,05	0,05	-		0,06
	Tiang (<i>Pole</i>)	-		0,14		0,14
	Pohon (<i>Tree</i>)	0,11	0,04	0,15	-	0,17
2004	Semai (<i>Seedlings</i>)			0,06		0,01
	Pancang (<i>Sapling</i>)					0,10
	Tiang (<i>Pole</i>)			-		-
	Pohon (<i>Tree</i>)	-	-	0,26		-
2012	Semai (<i>Seedlings</i>)	0,03	0,10	0,11		0,15
	Pancang (<i>Sapling</i>)		0,07	0,06		0,07
	Tiang (<i>Pole</i>)		0,36			-
	Pohon (<i>Tree</i>)	-	0,20	0,13		0,33
2013	Semai (<i>Seedlings</i>)		0,07	0,03		
	Pancang (<i>Sapling</i>)		0,13	0,13		
	Tiang (<i>Pole</i>)		-		-	-
	Pohon (<i>Tree</i>)		0,33			0,09

Tabel (Table) 5. Jumlah individu pada setiap level pertumbuhan dan kelas keterangan (*Number of individual at each growth levels and slope class*)

Kelas lereng (<i>Slope class</i>)	Semai (<i>Seedlings</i>)	Pancang (<i>Saplings</i>)	Tiang (<i>Poles</i>)	Pohon (<i>Trees</i>)
0-8	12.375	1.584	207	81
8-15	40.500	5.004	738	432
15-25	55.125	5.436	621	392
25-40	13.725	2.376	225	164
>40	2.250	468	72	43

Sumber (Source): Pengolahan data lapangan (*Data analyzed*)

Berdasarkan Tabel 5 di atas dapat dilihat bahwa semakin berkembang pertumbuhan jenisnya, maka jumlah individu semakin sedikit. Berdasarkan kelas lereng dapat dilihat bahwa jumlah semai pada kelas lereng > 40% akan lebih sedikit dibandingkan dengan kelas lereng lainnya. Perilaku hubungan ini dapat diuji dengan analisis hubungan korelasi sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 5 menunjukkan bahwa hubungan korelasi antara kelas lereng dengan jumlah individu di seluruh level pertumbuhan adalah negatif. Hal ini berarti makin curam kelas lereng, maka jumlah individu tingkat semai, pancang, tiang dan pohon akan semakin rendah.

B. Pembahasan

Struktur dan komposisi tegakan di setiap LOA perlu dipertimbangkan karena spesies asli dan

proses ekologi merupakan ciri alami jenis tertentu tetap ada dan ditemukan dalam rentang alami dan merupakan rekomendasi aspek silvikultur yang sesuai dengan pola gangguan alami dari setiap bentuk tegakan (Roe & Ruesink, 2006). Selain itu, informasi struktur dan keragaman jenis setelah panen merupakan dasar penentuan konservasi jenis pohon untuk menjamin kelestarian hasil dan ekosistem (Singh *et al.*, 2016) serta kunci penilaian kesehatan ekosistem, dimana jenis pohon berkayu sebagai komponen kunci dalam ekosistem hutan dan bertugas membentuk arsitektur hutan dan komposisi hutan itu sendiri (Naidu & Kumar, 2016). Agar pengambil keputusan tidak salah, maka data kondisi hutan primer dan data pembandingan berupa kondisi hutan setelah penebangan sangat diperlukan (Knapp, Skinner & Malcolm, 2013).

Tabel (Table) 6. Uji korelasi kelas lereng dengan jumlah individu setiap tingkat perkembangan jenis
 (Correlation test of slope class with number of individual at each growth levels)

Kelas lereng (Slope class)	Tingkat pertumbuhan (Growth level)			
	Semai (Seedlings)	Pancang (Saplings)	Tiang (Poles)	Pohon (Trees)
	-0.09	-0.03	-0.15	-0.012

Sumber (Source) : Pengolahan data lapangan (Data analyzed)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah individu jenis berdasarkan level pertumbuhan cenderung tinggi pada tingkat semai dan rendah pada tingkat pohon. Jenis komersil meranti pada LOA tahun 2002 hanya terdapat di tingkat tiang dan pohon yakni sebesar 500 batang per ha dan 275 batang per ha. Sementara pada LOA 2004, jumlah individu meranti cenderung terdapat pada tingkat semai dan pancang mencapai 5.000 semai per ha dan 8.000 batang per ha. LOA 2012 menunjukkan angka lebih besar mencapai 77.500 semai per ha dan 14.000 batang per ha. Pada LOA 2013, jumlah semai dan pancang jarang ditemukan sedangkan jumlah tiang hanya terdapat 100 batang per ha dan tingkat pohon 350 batang per ha. Kondisi LOA 2013 seperti ini karena areal kerja di blok RKT 2013 merupakan sisa dari RKT tahun 2004. Jumlah jenis komersil non meranti menunjukkan tren bahwa semakin tua umur LOA, maka jumlah individu pada tingkat semai dan pancang akan menurun dan jumlah pohon akan meningkat. Tren ini sesuai dengan yang dijelaskan oleh Singh *et al.* (2016) bahwa pertumbuhan suatu jenis di hutan alam sangat dipengaruhi oleh stabilitas populasi jenis tersebut dan jangka waktu yang diperlukan untuk memperbaiki diri akibat penebangan serta pengaruh dari faktor *microclimate* dan *macroclimate*. Tren ini dapat dikatakan bahwa terdapat kecukupan jumlah individu pada setiap kelompok jenis dan level pertumbuhan. Jumlah semai yang tinggi di LOA umur muda dan akan menurun seiring bertam-bahnya umur LOA, sementara jumlah pohon akan meningkat pada LOA tua.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa INP jenis *S. selanica* BI yang merupakan jenis yang paling diandalkan di area kerja HPH pada LOA 2002 pada level semai tidak ada, namun pada tingkat pancang, tiang dan pohon mencapai 2 sampai dengan 50 batang. Hal ini berarti bahwa pada tingkat semai, jumlah individu jenis *S. selanica* BI sangat kurang, demikian halnya dengan penyebarannya dalam satu satuan lahan yang ditunjukkan dengan frekuensi relatif. Namun, pada tingkat tiang dan pohon, jenis *S.*

selanica BI dapat dengan mudah ditemukan, memiliki jumlah individu yang banyak serta memiliki ukuran bidang dasar yang besar. Jenis *C.soulatry* Burm., *Garcinia* sp. dan *C. buruana* Mig. menunjukkan tren kelimpahan individu yang kurang baik pada LOA 2002, 2003, 2012 dan 2013. Tren ketiga jenis ini naik turun. Hal ini dapat dikatakan bahwa pada LOA 2002 dan 2012, kelimpahan individu, jumlah plot ditemukan jenis ini banyak serta memiliki luas bidang dasar yang tinggi. Sementara pada LOA 2003 dan 2013 menunjukkan hal sebaliknya. Hal ini perlu diwaspadai karena akan mengancam kelimpahan jenis pada umur LOA berikutnya.

INP jenis *P. pinnata* Forst. & Forst. sangat rendah dibandingkan jenis komersil lainnya. Kelimpahan individu pada berbagai tingkat pertumbuhan yang sangat rendah dan meskipun umur LOA sudah di atas 10 tahun, kelimpahan jenisnya tetap rendah. Hal ini menunjukkan bahwa laju regenerasi alami jenis *P. pinnata* Forst. & Forst. sangat rendah dan perlu dilakukan pengkayaan buatan secara serius.

Untuk jenis *E. papuana* menunjukkan komposisi yang normal baik pada LOA 2002, 2003, 2012 dan 2014. Kedua jenis ini dapat melakukan regenerasi alami dengan baik. Hal ini terlihat dari INP menurut level pertumbuhan dan umur LOA selevel tinggi yang mengindikasikan bahwa jenis ini merupakan jenis unggulan lokal dengan jumlah individu di tingkat semai, pancang, tiang dan pohon cukup banyak, mudah ditemukan serta terdapat tiang dan pohon dengan ukuran diameter besar dalam jumlah yang banyak.

Indeks biodiversitas menunjukkan keragaman dan kelimpahan jenis pada habitat, dimana semakin tinggi nilai indeks biodiversitas menunjukkan bahwa keragaman dan kelimpahan jenis tersebut sangat tinggi (Adekunle *et al.*, 2013). Hal ini berarti bahwa biodiversitas tidaklah diukur dengan didasarkan pada suatu jenis tertentu melainkan merupakan suatu kesatuan jenis penyusun ekosistem yang berada pada lokasi tersebut. Pendekatan indeks yang meringkas status keragaman jenis merupakan pen-

dekatan yang sangat mudah. Meski demikian, upaya penyempurnaan dalam membangun indeks pengukur keanekaragaman jenis terus dikembangkan, seperti pendekatan nilai guna (de Lucena *et al.*, 2012), metode pendugaan *site index* dengan pendekatan spasial (Nothdruff *et al.*, 2012) dan model *multi criterion index* yang disusun oleh Gaona *et al.* (2010).

Hasil penelitian menunjukkan penilaian kekayaan jenis pada setiap tingkat pertumbuhan tidak sesederhana menilai jumlah individu. Pada tingkat semai, LOA 2002 mencapai 2,7, di LOA 2003 mencapai 3 dan di LOA 2012 mencapai 3,5 dan di LOA 2013 mencapai 3. Pada tingkat pancang, LOA 2002 mencapai angka 3,5 dan LOA 2003 mencapai 2,5, LOA 2012 mencapai 3 dan LOA 2013 hanya 2,2. Untuk tingkat tiang, pada LOA 2002 mencapai 2,2, LOA 2003 mencapai 2,5 dan LOA 2012 turun sampai 1,7 dan di LOA 2013 mencapai 2,3. Pada tingkat pohon, LOA 2002 mencapai 2,3, LOA 2003 mencapai 2,7, LOA 2012 mencapai 2 dan LOA 2013 mencapai 2,5. Angka-angka ini menunjukkan bahwa keberadaan suatu jenis ditentukan oleh jumlah individu dalam jenis tersebut, kesesuaian iklim mikro dan makro serta waktu yang diperlukan untuk memulihkan diri (Singh *et al.*, 2016) dan juga intensitas kerusakan pasca penebangan.

Berdasarkan hasil INP, kekayaan dan keragaman jenis di atas, maka terdapat suatu korelasi antara jumlah individu suatu kelompok jenis berdasarkan umur LOA dengan INP jenis pada setiap level pertumbuhan. Namun, umur LOA belum menjelaskan keragaman dan kekayaan jenis. Bila LOA dilihat dengan pendekatan *temporary plot* dimana LOA dianggap usia pertumbuhan, maka pola pertambahan jenis non komersial sangat cepat dibanding komersial. Hal ini akan menurunkan nilai ekonomi hutan alam, seperti INP *S. selanica* BI. Terdapat beberapa faktor yang membentuk komposisi tersebut, salah satunya lereng. Pemanenan yang tidak mempertimbangkan kelas lereng akan dapat meningkatkan kerusakan dan lambatnya pemulihan pasca tebangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif antara jumlah individu pada setiap level pertumbuhan dengan kelas lereng. Jumlah individu tingkat semai, pancang, tiang dan pohon pada daerah dengan lereng curam sampai dengan sangat curam adalah rendah. Sebaliknya pada daerah yang datar dan agak bergelombang kerapatan tingkat semai, pancang, tiang dan pohon yang tinggi. Kondisi seperti ini akibat lebih dari

50% area kerjanya termasuk kelas lereng curam sampai sangat curam. Pada kondisi lereng demikian, maka kerusakan tegakan tinggal akan tinggi, sementara tegakan yang rusak dan roboh akan mengganggu permudaan alami. Latiff & Saiful (2014) menunjukkan bahwa lebih dari 40% tegakan tinggal rusak atau mati akibat penebangan dan lebih dari 24% jenis pohon yang ada juga rusak akibat penebangan. Pada kondisi ini, maka pemulihan LOA akan membutuhkan waktu yang panjang. Penerapan TPTI dengan daur 30 tahun harus ditinjau ulang, karena menurut Gemma *et al.* (2015) menyatakan bahwa untuk memulihkan kerusakan tegakan tinggal diperlukan waktu lebih dari 40 tahun.

PT GHL memiliki 38.176 ha area kerja tidak produktif (GHL, 2013). Hal ini merupakan potensi untuk dilakukan pengkayaan dengan menanam jenis-jenis komersial yang saat ini ditebang. Kegiatan pembinaan tegakan tinggal di kondisi lahan yang didominasi lereng curam sampai sangat curam harus dilakukan secara hati-hati. Sistem silvikultur yang tepat diterapkan adalah Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI) dengan limit diameter tebang 60 cm karena kondisi hutannya didominasi hutan produksi terbatas sedangkan di areal tidak berhutan (bekas jalan sarad, bekas TPn dan areal terbuka) ditanam jenis-jenis andalan setempat yang mampu tumbuh baik di areal terbuka. Salah satu jenis yang mampu tumbuh baik di lahan terbuka menurut Darwo (2014) adalah nyatoh (*Palauquium* sp.) secara alami nyatoh ada di areal konsesi PT GHL. Selain itu, perlu adanya perapihan setelah penebangan dan pembebasan tajuk agar tegakan muda dapat tumbuh dengan baik. Beberapa hasil studi menunjukkan bahwa jenis meranti seperti *S. johorensis* dan *S. leprosula* membutuhkan cahaya lebih agar pertumbuhannya optimal (Widiyatno *et al.*, 2013). Peningkatan produksi serasah jenis meranti yang ditanam baru tercapai pada umur 5 tahun setelah tanam (Prasetyo *et al.*, 2015). Meski demikian, upaya ini tidak serta merta akan mengembalikan kondisi hutan ke kondisi alami (*closed to the nature*) karena menurut Schofield (2015) bahwa perubahan struktur dan komposisi tegakan akibat penebangan akan berbeda dengan kondisi hutan alam.

Dalam menerapkan pembinaan tegakan tinggal, maka harus tetap menjaga keragaman jenis agar tidak dimonopoli oleh satu jenis saja. Indeks kekayaan suatu jenis yang tinggi, maka mengindikasikan jenis tersebut dominan dalam level pertumbuhan tersebut seperti yang ditun-

jukkan oleh jenis *C. buruana* Mig. di tingkat pohon. Hal ini disebabkan oleh dominansi jenis menurunkan tingkat kekayaan jenis (Yam & tripati, 2016).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kondisi LOA setelah tebangan di unit manajemen IUPHHK-HA PT. Gema Hutani lestari masih dikatakan baik. Kondisi 5 jenis komersial yaitu *S. selanica* BI, *C. soulatry* Burm., *C. buruana* Mig., *E. papuana* CT. dan *P. pinnata* Forst. & Forst. bervariasi baik INP, Shannon-Weiner Indeks dan Margaleff Indeks. Salah satu penyebab keragaman adalah lereng yang curam sampai dengan sangat curam. Keberadaan jenis *S. selanica* BI dan *E. papuana* CT. masih sangat baik dan diproyeksikan pada rotasi berikutnya masih bisa dipanen secara lestari. Namun, jenis *C. soulatry* Burm., *C. buruana* Mig. dan *Garcinia* sp. sangat rendah pertumbuhannya baik di LOA umur muda maupun tua. Sementara jenis *P. pinnata* Forst. & Forst. memiliki jumlah individu yang sangat rendah dan memiliki indeks kekayaan jenis yang juga sangat rendah. INP jenis komersil meranti cenderung akan membaik di LOA tua. Secara umum keragaman dan kekayaan jenis masih dikatakan baik.

B. Saran

Penanaman kembali areal non produktif dengan jenis komersial akan membantu kecukupan jenis komersial dan menjamin keberlangsungan usaha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapkan terima kasih kepada manajemen PT. Gema Hutani Lestari yang telah membantu akomodasi di lapangan. Kepada Ujang Wawan Darmawan, S.Hut, Ikhsan Maulana, Budi Rustaman dan Ahmad Nasir yang telah membantu dalam pengumpulan data di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Adekunle, V.A.J., Olagoke, A.O., dan Akindele, S.O. (2013). Tree species diversity and structure of a Nigerian strict nature reserve. *Tropical Ecology*, 54(3), 275-289.

Darwo. (2014). *Sintesa hasil penelitian pengelolaan hutan alam produksi*. Pusat Penelitian dan pengembangan Produktivitas Hutan. Bogor.

de Lucena, D.F., de Medeiros, P.M., Araujo, E.d., Alves, A.G., dan de Albuquerque, U.P. (2012). The ecological apparency hypothesis and the importance of useful plants in rural communities from Northeastern Brazil: an assessment based on use value. *Journal of Environmental Management*, 96, 106-115.

Gemma, R., Ensslin, A., Hemp., A., dan Fischer, M. (2015). Forest structure and composition of previously selectively logged and non-logged Montane Forests at Mt. Kilimanjaro. *Forest Ecology and Management*, 337, 61-66.

Junaedi, A. (2007). *Dampak pemanenan kayu dan perlakuan silvikultur Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ) terhadap potensi kandungan karbon dalam vegetasi hutan alam tropika*. Tesis Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.

Knapp, E.E., Skinner, C.N., dan Malcolm, P.N. (2013). Long-term overstory and understory change following logging and fire exclusion in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Forest Ecology and Management*. 310, 903-914.

Latiff, I., dan Saiful, A. (2014). Composition, richness and diversity in a hill dipterocarp forest in Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, 26(2), 188-202.

Mandal, G. dan Joshi, S.P. (2014). Analysis of vegetation dynamics and phytodiversity from threedry deciduous forest of Doon Valey, Western Himalaya, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*. 7, 292-304.

Muhdi. (2009). Struktur dan komposisi jenis permudaan hutan alam tropika akibat pemanenan kayu dengan sistem tebang pilih tanam Indonesia. *Jurnal Bionatura*, 11(1), 68-79.

Nasution, A.K. (2009). *Keterbukaan areal dan kerusakan tegakan tinggal akibat kegiatan penebangan dan penyaradan*. Departemen Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.

Nothdruff, A., Wolf, T., Ringeler, A., Bohner, J., dan Saborowski, J. (2012). Spatio-temporal prediction of site index based on forest inventories and climate change scenarios. *Forest Ecology and Management*. 279, 97-111.

Gaona, O.S., Kampichler, C., de Jong, B., Hernandez, S., Geissen, V., dan Huerta, E. (2010). A multi-criterion index for the evaluation local tropical forest conditions in Mexico. *Forest Ecology and Management*. 260, 618-627.

Prasetyo, E., HArdiwinoto, S., Supriyo, H., dan Widiyatno. (2015). Litter production of

- logged-over forest using Indonesia selective cutting system and strip planting (TPTJ) at PT. Sari Bumi Kusuma. *Procedia Environmental Sciences*, 28, 676-682.
- PT. GHL [Gema Hutani Lestari]. (2013). *Revisi rencana kerja IUPHHK berbasis IHMB periode Tahun 2014-2023*. Kabupaten Buru dan Buru Selatan.
- Roe, J.H., dan Ruesink, A. (2006). *Natural dynamics silviculture : a discussion of natural community based forestry practices*. The Nature Conservancy.
- Schofield, K. (2015). *Changes in forest structure and tree species composition after logging in tropical peat swamp forest in Central Kalimantan, Indonesia*. University of Aberdeen.
- Singh, S., Malik, Z.A., dan Sharma, C.M. (2016). Tree species richness, diversity, and regeneration status in differentoak (*Quercus* spp.) dominated forests of Garhwal Himalaya, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 1-8.
- Susetyo, R.K. (2009). *Keadaan tegakan dan pertumbuhan Shorea spp. pada areal bekas tebangan dengan teknik silvikultur tebang pilih tanam Indonesia intensif*. Bogor : Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan, IPB.
- Wicaksono, A. (2009). *Struktur dan komposisi tegakan pada areal bekas tebangan dengan Sistem Silviculture Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ)*. Departemen Siviculture, Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Widiyatno, Purnomo, S., Soekotjo, Naiem, M., Hardiwinoto, S., dan Kasmujiono. (2013). The growth of selected Shorea spp in secondary tropical rain forest: the effect of silviculture treatment to improve growth quality of Shorea spp. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 160-166.
- Yam, G., dan Tripathi, O.P. (2016). Tree diversity and community characteristics in Talle Wildlife Sanctuary, Arunachal Pradesh, Eastern Himalaya, India. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*. 30, 1-6.

PENILAIAN KESEHATAN SUMBER BENIH *Shorea* spp. DI KHDTK HAURBENTES DENGAN METODE *FOREST HEALTH MONITORING*

*The Health Assessment of Shorea spp. Seed Source in FASP Haurbentes
Using Forest Health Monitoring Method*

Kurniawati Purwaka Putri¹, Supriyanto² dan Lailan Syaufina²

¹ Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan
Jalan Raya Ciheuleut, PO BOX 105, Bogor 16001, Jawa Barat, Indonesia
Telp/fax. (0251) 8327768

² Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
Jl Raya Darmaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia
Telp. (0251) 8626806 Fax. (0251) 8626886

E-mail: niapurwaka@yahoo.co.id; supriyanto@biotrop.org; syaufinalailan@gmail.com

Tanggal diterima: 30 April 2016; Tanggal direvisi: 6 Mei 2016; Tanggal disetujui: 6 Juni 2016

ABSTRACT

The healthy of forest ecosystem is one of the criteria for assessing sustainable forest management (SFM) The healthy stands is also general requirement of seed sources. Forest Health Monitoring (FHM) is an intensive method for monitoring and assessing ecosystem health. The indicators of FHM are site quality, tree vitality, productivity and biodiversity. The research aimed to assess the health status of seed sources stands of Shorea spp. in Forest Area for Special Purposes Haurbentes based on FHM method. The results showed that the site quality was high for CEC, pH was low, the distribution of diameter at breast height were 39.3-66.1 cm, the level of tree damage was low, the crown condition was unhealthy, and the diversity of tree species was low. The health status of Shorea spp. seed source stand in FASP Haurbentes was fair and could appointed as a seed source with identified seed stands level.

Keywords: *Forest health, seed source, Shorea spp., sustainability*

ABSTRAK

Kesehatan ekosistem hutan adalah salah satu kriteria penilaian pengelolaan hutan yang lestari. Kesehatan ekosistem hutan juga menjadi dasar penunjukan sumber benih. *Forest Health Monitoring* (FHM) adalah metode yang dapat digunakan untuk pemantauan dan penilaian kondisi kesehatan ekosistem secara intensif. Indikator ekologis yang dinilai adalah kualitas tapak, vitalitas pohon, produktivitas dan biodiversitas. Metode penelitian menggunakan proses jaringan analitik. Tujuan penelitian adalah menilai status kesehatan tegakan sumber benih *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes berdasarkan metode FHM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas tapak berdasarkan nilai kapasitas tukar kation (KTK) tergolong tinggi, pH tanah tergolong rendah, diameter pohon antara 39,3-66,1 cm, tingkat kerusakan pohon termasuk rendah, kondisi tajuk tidak sehat dan dan keragaman jenis pohon termasuk kategori rendah. Status kesehatan sumber benih *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes tergolong sedang dan layak ditunjuk sebagai sumber benih dengan kelas tegakan benih teridentifikasi.

Kata kunci: *Kelestarian, kesehatan hutan, Shorea spp., sumber benih*

I. PENDAHULUAN

Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menunjukkan bahwa kebutuhan benih *Shorea* spp. untuk penanaman setiap tahun diprediksikan 264.825,6 kg dan potensi produksi benih 205.082,90 kg (Kemenhut, 2014). Kondisi ini menunjukkan bahwa produksi benih *Shorea* spp. yang dihasilkan setiap tahun belum dapat memenuhi kebutuhan benih untuk skala pena-

naman atau terdapat kekurangan sebesar 59.743 kg yang disebabkan jumlah dan produktivitas sumber benih yang rendah. Untuk memenuhi kekurangan tersebut, tegakan yang pada awalnya tidak diperuntukkan sebagai sumber benih dapat ditunjuk sebagai sumber benih yang teridentifikasi setelah melalui proses penilaian ketat (P.01/Menhut-II/2009 jo P.72/Menhut-II/2009).

Salah satu kawasan hutan yang dapat ditunjuk sebagai sumber benih adalah kawasan hutan

dengan tujuan khusus (KHDTK) Haurbentes di Kecamatan Jasinga Kabupaten Bogor. Seiring perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) dan potensi yang ada, saat ini peran dan fungsi KHDTK Haurbentes diantaranya sebagai sumber benih dan plasma nutfah jenis *Shorea* spp.

Berkaitan dengan perannya dalam memenuhi kebutuhan benih berkualitas, maka kelestarian pengelolaan dan kesehatan tegakan *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes saat ini perlu dikaji lebih mendalam. *International Tropical Timber Organization* (ITTO) menetapkan bahwa kesehatan ekosistem hutan merupakan salah satu kriteria pencapaian kelestarian pengelolaan hutan tropika (*Sustainable Forest Management*).

Sejalan dengan konsep tersebut, kesehatan tegakan sumber benih juga menjadi salah satu indikator dalam penunjukan sumber benih. Parameter yang digunakan adalah tidak ditemukannya serangan hama dan penyakit. Kebijakan tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa sumber benih merupakan suatu tegakan atau sekumpulan pohon penghasil benih, sehingga sangat penting apabila pohon sehat dan terbebas dari hama penyakit, karena akan berpengaruh terhadap produktivitas dan mutu benih yang dihasilkan. Pohon yang sehat akan menangkap radiasi matahari secara optimal dan mengubahnya menjadi karbohidrat. Karbohidrat tersebut diantaranya dimanfaatkan untuk memproduksi benih berkualitas.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk memantau dan menilai kondisi kesehatan tegakan sumber benih secara intensif adalah FHM. Metode FHM menghasilkan keputusan yang komprehensif karena menggunakan indikator-indikator ekologis yang saling mempengaruhi satu sama lain yaitu vitalitas pohon, produktivitas, kualitas tapak dan biodiversitas (Putra *et al.*, 2010). Indikator adalah besaran yang bersifat kualitatif atau kuantitatif yang dapat diukur atau dideskripsikan dan dapat digunakan untuk menyimpulkan status kesehatan sumber benih. Penetapan indikator tersebut berdasarkan sifatnya yang lebih terukur, lebih mudah dan tidak membingungkan, efisien, efektif dan murah. FHM telah diaplikasikan pada beberapa tipe hutan, namun belum banyak diterapkan pada kawasan hutan yang diperuntukkan sebagai sumber benih. Tujuan penelitian adalah menilai status kesehatan tegakan sumber benih *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes berdasarkan metode FHM.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Maret sampai dengan Juli 2015. Lokasi penelitian adalah KHDTK Haurbentes yang secara administrasi pemerintahan termasuk wilayah Desa Jugala-jaya, Kecamatan Jasinga, Kabupaten Bogor. Posisi lokasi terletak pada 6°32'36"-6°32'50" LS dan 105°39'05"-106°26'26" BT.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah tegakan *Shorea* spp. dan sampel tanah yang berada di KHDTK Haurbentes, Jasinga Bogor. Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah GPS, *Rangefinder Trafulse 360*, kompas, buku panduan FHM, pita ukur, meteran, kamera digital, plastik, *tally sheet* dan alat tulis.

C. Metode

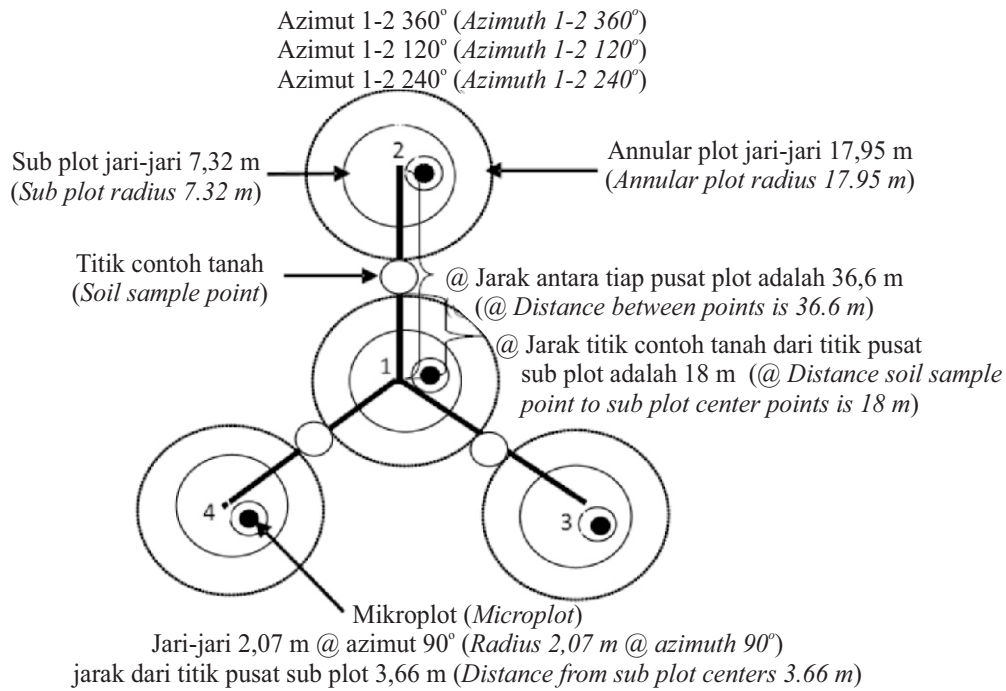
1. Pembuatan plot ukur pengamatan

Plot pengamatan dibangun berdasarkan desain *Cluster-Plot* FHM (Gambar 1). Setiap kluster plot terdiri dari 4 sub plot berbentuk lingkaran dengan jari-jari 17,95 m. Pusat sub plot 1 merupakan titik tengah dari keseluruhan plot. Titik pusat sub plot 2, 3 dan 4 masing-masing terletak pada arah 360°; 120°; 240° dari titik tengah sub plot 1. Jarak dari titik tengah sub plot 1 ke setiap titik pusat sub plot adalah 36,6 m.

2. Pengumpulan data

Data dikumpulkan dari beberapa parameter yang cukup mewakili indikator kualitas tapak, produktivitas, vitalitas pohon dan biodiversitas pohon untuk dapat menggambarkan atau menilai kondisi sumber benih.

Parameter indikator kualitas tapak diwakili oleh KTK. Untuk data pendukung juga dilakukan pengukuran terhadap pH tanah. Penilaian indikator produktivitas pohon berdasarkan parameter diameter batang pohon. Pohon yang diukur adalah pohon berdiameter ≥ 35 cm (Soerianegara & Indrawan, 2013). Riap diameter *Mean annual increment* (MAI) sebagai informasi pendukung. Penilaian indikator biodiversitas pohon menggunakan parameter indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Indikator vitalitas pohon meliputi kondisi kerusakan pohon dan kondisi tajuk. Kondisi



Gambar (Figure) 1. Desain klaster plot pengamatan FHM (FHM cluster plot design)

kerusakan pohon dihitung berdasarkan lokasi (Tabel 1), tipe kerusakan serta tingkat keparahan

(Tabel 2). Ketiga data kerusakan pohon tersebut selanjutnya digabung menjadi indeks kerusakan.

Tabel (Table) 1. Deskripsi kode lokasi kerusakan menurut USDA-FS (Code description of damage location based on USDA-FS)

Kode (Code)	Definisi lokasi kerusakan (Definition of damage location)
0	Tidak ada kerusakan (No damage)
1	Akar terbuka dan tunggak dengan tinggi 30 cm di atas permukaan tanah (Roots and stump, 30 cm in height from ground level on uphill side)
2	Akar, tunggak dan batang bagian bawah (Root, stump and lower bole)
3	Batang bagian bawah, 1/2 bagian bawah dari batang antara tunggak dan dasar tajuk hidup (Lower bole, lower half of the trunk between stump and base of the live crown)
4	Batang bagian bawah dan batang bagian atas (Lower and upper bole)
5	Batang bagian atas, 1/2 bagian atas antara tunggak dan dasar tajuk hidup (Upper bole, upper half of the trunk between stump and base of the live crown)
6	Dahan utama dengan bagian tajuk hidup, di atas dasar tajuk hidup (Main stem with the live crown area, above the base of the live crown)
7	Ranting (Branches)
8	Pucuk dan tunas (Buds and shoots)
9	Daun (Foliage)

Tabel (Table) 2. Deskripsi kode tipe kerusakan dan nilai ambang keparahan menurut USDA-FS (*Code description of type damage and severity threshold based on USDA-FS*)

Kode (Code)	Definisi (Definition)	Nilai ambang keparahan (Threshold severity)
01	Kanker, puru (<i>Cancer, gall</i>)	= 20% Dari keliling batang (= 20 % of circumference of stump)
02	Konk, tubuh buah dan indikator lain tentang lapuk lanjut (<i>Conks, fruiting bodies and signs of advanced decay</i>)	Tidak ada (<i>Any occurrence</i>)
03	Luka terbuka (<i>Open wounds</i>)	= 20% Dari keliling batang (= 20 % of circumference of stump)
04	Resinosis/gumosis (<i>Resinosis/gumosis</i>)	= 20% Dari keliling batang (= 20 % of circumference of stump)
05	Batang pecah (<i>Cracks</i>)	Tidak ada (<i>Any occurrence</i>)
06	Sarang rayap (<i>Termite nest</i>)	= 20% Dari keliling batang (= 20 % of circumference of stump)
11	Batang atau akar patah kurang dari 0,91 m dari batang (<i>Broken bole or roots less than 0,91m from bole</i>)	Tidak ada (<i>Any occurrence</i>)
12	Brum pada akar atau batang (<i>Brooms on roots or bole</i>)	Tidak ada (<i>Any occurrence</i>)
13	Akar patah atau mati > 0,91 m dari batang (<i>Broken or dead roots beyond 0,91 m from bole</i>)	= 20% (= 20%)
20	Liana (<i>Vines</i>)	= 20% Dari tajuk hidup yang terserang (= 20% of live crown affected)
21	Hilangnya ujung dominan, mati ujung (<i>Loss of apical dominant, dead terminal</i>)	= 1% Dari dahan pada tajuk (= 1% of crown stem affected)
22	Cabang patah atau mati (<i>Broken and dead branch</i>)	= 20% Dari ranting yang terkena (= 20% of branches affected)
23	Percabangan atau brum yang berlebihan (<i>Excessive branching or brooms</i>)	= 20% Dari ranting yang terkena (= 20% of branch affected)
24	Daun, kuncup atau tunas rusak (<i>Damage foliage, buds or shoots</i>)	= 30% Dari dedaunan penutupan tajuk rusak (= 30% of foliage affected)
25	Daun berubah warna (<i>Discoloration of foliage</i>)	= 30% Dari dedaunan penutupan tajuk rusak (= 30% of foliage affected)
31	Lain-lain (<i>Other</i>)	-

Parameter kondisi tajuk meliputi nisbah tajuk hidup *Live crown ratio* (LCR); kerapatan tajuk (Cden); transparansi tajuk (FT); *dieback* (CBD); diameter tajuk (CdWd). Penilaian kelima parameter tersebut adalah sebagai berikut:

1. Nisbah tajuk hidup: rasio panjang batang berdaun dibanding total panjang batang. Nisbah tajuk hidup dimulai dari 5%.
2. Kerapatan tajuk: persentase cahaya matahari yang tertahan oleh tajuk untuk tidak sampai di permukaan tanah. Kerapatan tajuk diperhitungkan dalam selang kelas 10% dan dimulai dari 5%.
3. *Dieback*: persentase kematian cabang, dimulai pada porsi ujung cabang dan menuju dasar tajuk hidup.

4. Transparansi tajuk: persentase cahaya matahari yang dapat melewati tajuk dan mencapai permukaan tanah. Transparansi tajuk diperhitungkan dalam selang kelas 10% dan dimulai dari 5%.
5. Diameter tajuk: rata-rata dari panjang dan lebar tajuk pohon.

Hasil penilaian variabel kondisi tajuk diklasifikasikan ke dalam tiga kategori kondisi tajuk yaitu baik, sedang dan jelek (Tabel 3). Selanjutnya data kondisi tajuk dikumpulkan kedalam peringkat penampakan tajuk *Visual crown rating* (VCR) (Tabel 4).

Tabel (Table) 3. Kriteria kondisi tajuk (*Crown condition criteria*)

Parameter (<i>Parameter</i>)	Klasifikasi (<i>Classification</i>)		
	Baik (<i>Good</i>) (nilai=3)	Sedang (<i>Moderate</i>) (nilai=2)	Jelek (<i>Poor</i>) (nilai=1)
Nisbah tajuk hidup (<i>Live crown ratio</i>) (%)	= 40,0	22,1-39,9	5,0-22,0
Kerapatan tajuk (<i>Crown density</i>) (%)	> 55	45-55	< 45
Transparansi tajuk (<i>Crown transparency</i>) (%)	< 35	35-75	> 75
Tajuk mati (<i>Dieback</i>) (%)	< 5	5-25	> 25
Diameter tajuk (<i>Crown diameter</i>) (m)	= 10,1	2,5-10	= 2,4

Sumber (*Source*): Dikembangkan dari Putra *et al.* (2010) (*Developed from* Putra *et al.* (2010))

Tabel (Table) 4. Nilai VCR pohon (*VCR Value of tree*)

Nilai VCR (<i>VCR value</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)
4 Tinggi (<i>High</i>)	Seluruh parameter kondisi tajuk bernilai 3 atau hanya 1 parameter yang memiliki nilai 2, tidak ada parameter bernilai 1 (<i>If all the crown parameters are good or only one crown parameter with moderate category</i>)
3 Sedang (<i>Moderate</i>)	Lebih banyak kombinasi antara nilai 3 dan 2 pada parameter tajuk atau semua bernilai 2; tetapi tidak ada parameter bernilai 1 (<i>If there are crown parameters of good and moderate categories, or all crown parameters are moderate kategori</i>)
2 Rendah (<i>Low</i>)	Setidaknya 1 parameter bernilai 1, tetapi tidak semua parameter (<i>At least there is one crown parameter of poor category</i>)
1 (Sangat rendah (<i>Very low</i>))	Semua parameter kondisi tajuk bernilai 1 (<i>If all crown parameters are poor categories</i>)

Sumber (*Source*): Putra (2004)

3. Analisis data

Formulasi prioritas indikator penilaian kesehatan sumber benih ditentukan berdasarkan proses jaringan analitik *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dan *Analytical Network Process* (ANP). Nilai tertimbang akhir merupakan (nilai *eigen*) yang memperhitungkan adanya keterkaitan (*dependence*) antar indikator. Tahapan dalam penentuan nilai tertimbang akhir dengan metoda ANP adalah sebagai berikut :

1. Melakukan perbandingan berpasangan pada setiap indikator (Saaty, 2008), sehingga diperoleh nilai tertimbang indikator terhadap pencapaian tujuan. Nilai tertimbang setiap indikator tersebut diperoleh dari hasil kuesioner tentang penilaian kesehatan sumber benih yang disebarakan kepada responden ahli. Hasil kuesioner dianalisis dengan metode AHP.
2. Melakukan perbandingan berpasangan pada indikator-indikator yang saling memiliki dependensi, yang kemudian dihasilkan nilai tertimbang untuk setiap indikator berdasarkan dependensi dengan indikator lain.

3. Membuat perkalian antara nilai tertimbang indikator yang diperoleh pada point 1 dengan nilai tertimbang indikator yang diperoleh pada point 2. Hasil perkalian tersebut merupakan nilai tertimbang akhir setiap indikator.

Selanjutnya berdasarkan perkalian antara nilai tertimbang akhir dan nilai skor kelima parameter dari indikator dapat diketahui nilai akhir kondisi kesehatan hutan (Putra *et al.*, 2010). Penentuan skoring (penilaian) kelima parameter yang diukur dilakukan melalui transformasi terhadap nilai yang dihasilkan dengan rentang nilai 1-10. Skoring kualitas tapak berdasarkan kisaran nilai KTK menurut kriteria Lembaga Penelitian Tanah. Skoring nilai kondisi tajuk berdasarkan rentang nilai VCR (1-4). Nilai skor untuk indikator biodiversitas pohon berdasarkan kisaran nilai indeks keanekaragaman pohon Shannon-Wiener (1-3). Nilai skor indikator kerusakan pohon dan produktivitas diperoleh melalui transformasi terhadap nilai *plot level index* (PLI) dan diameter batang pohon yang dihasilkan.

Berdasarkan nilai akhir kesehatan yang telah diperoleh, kemudian dapat diketahui kondisi kesehatan sumber benih dengan kategorinya

buruk, jelek, sedang, bagus dan sangat bagus dengan batas ambang masing-masing kategori sebagaimana yang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel (Table) 5. Nilai batas ambang kesehatan hutan (*Threshold of forest health*)

Nilai akhir kesehatan hutan (<i>The value of forest health</i>) (%)	Kategori kesehatan hutan (<i>The category of forest health</i>)
8,1-10,0	Ideal (<i>Perfect</i>)
6,1-8,0	Bagus (<i>Good</i>)
4,1-6,0	Sedang (<i>Moderate</i>)
2,1-4,0	Agak buruk (<i>Poor</i>)
0,0-2,0	Buruk (<i>Bad</i>)

Sumber (Source): Dikembangkan dari Putra *et al.* (2010) (*Developed from Putra et al. (2010)*)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Prioritas indikator penilaian kesehatan sumber benih

Indikator penilaian kesehatan sumber benih dengan nilai tertimbang akhir tertinggi adalah kualitas tapak sebesar 0,212 (Tabel 6).

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kualitas tapak berbobot 21,2%. Nilai tertimbang yang dihasilkan dapat digunakan dan dipertanggungjawabkan karena nilai rasio konsistensi *Consistency ratio* (CR) yang dihasilkan ≤ 0.1 , yang berarti bahwa hasil jawaban dari semua responden cukup valid dan konsisten.

2. Pengukuran parameter kesehatan sumber benih

Hasil pengukuran terhadap parameter-parameter yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana pencapaian indikator kesehatan sumber benih disajikan pada Tabel 7.

Kondisi tapak di KHDTK Haurbentes tergolong subur berdasarkan kriteria Pusat Penelitian Tanah yang ditunjukkan oleh nilai KTK tinggi (27,45 me per 100 g) (Tabel 7). Tingkat kerusakan

an pohon *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes relatif rendah, dengan indeks kerusakan 2,19 dari 7,9. Rendahnya kerusakan pohon tersebut menggambarkan ketahanan pohon *Shorea* spp. terhadap hama penyakit sangat tinggi. Berdasarkan nilai VCR yang dihasilkan (2, 3 dari 4), kondisi tajuk pohon *Shorea* spp. termasuk dalam kategori rendah walaupun tidak ditemukan tanda-tanda kematian tajuk (*dieback*). Kondisi tajuk tersebut memberikan hasil fotosintesis yang tidak optimal untuk pertumbuhan pohon.

Dalam penelitian ini rata-rata diameter pohon *Shorea* spp. pada klaster plot 3 dan 4 relatif lebih kecil dibanding pada klaster plot 1,2,5,6 dan 7 (Tabel 7). Perbedaan pertumbuhan diameter tersebut karena dipengaruhi perbedaan umur pohon dan tindakan silvikultur. Klaster plot 3 dan 4 tahun dibangun pada tahun 1991 dan 1994 atau umur pohon 21 dan 24 tahun, sedangkan pohon di klaster-plot lainnya berumur 65-75 tahun. Jarak tanam pada klaster plot 3 dan 4 sangat rapat, sehingga lebih banyak pohon berdiameter kecil.

Indeks keanekaragaman *Shannon Wiener* sebesar 0,42 (Tabel 7) menggambarkan tingkat keanekaragaman jenis di KHDTK Haurbentes yang rendah, sehingga kurang stabil dan cenderung rentan terhadap gangguan.

Tabel (Table) 6. Nilai tertimbang akhir dari indikator kesehatan sumber benih (*The healthy of seed source final weighted value*)

Indikator (<i>Indicator</i>)	Nilai tertimbang akhir (<i>Final weighted value</i>)	Rasio konsistensi (<i>Consistency ratio-CR</i>)
Kualitas tapak (<i>Site quality</i>)	0,212	0,04
Kerusakan pohon (<i>Tree damage</i>)	0,205	0,06
Kondisi tajuk (<i>Crown condition</i>)	0,202	0,02
Biodiversitas (<i>Biodiversity</i>)	0,191	0,05
Produktivitas (<i>Productivity</i>)	0,190	0,05

Keterangan (Remarks): * = Penilaian konsisten apabila $CR \leq 0,1$ (*Consistent assessment if $CR \leq 0,1$*)

Tabel (Table) 7. Data pengukuran parameter dari indikator penilaian kesehatan sumber benih (*Parameter measurement from the healthy of seed sources assessment indicators*)

Parameter (Parameters)	Klaster plot (<i>Plot cluster</i>)							Rata-rata (Average)
	1	2	3	4	5	6	7	
Kualitas tapak (<i>Site quality</i>) *								
KTK (CEC) (me per 100 g)	24,54	21,62	30,10	30,33	27,37	29,87	28,30	27,45
pH tanah (<i>Soil pH</i>)	4,0	4,3	4,1	4,0	4,4	4,2	4,2	4,2
Produktivitas (<i>Productivity</i>)								
Diameter (cm)	58,2	57,4	40,4	39,3	59,7	57,9	66,1	-
Riap rata-rata tahunan (<i>MAI</i>) (cm per tahun) (<i>cm per years</i>)	0,83	0,82	1,68	1,87	0,92	0,77	0,88	-
Kerusakan pohon (<i>Tree damage</i>)								
Indeks kerusakan (<i>PLI</i>)	0,00	2,48	1,94	2,16	4,77	1,92	1,85	2,19
Kondisi tajuk (<i>Crown condition</i>)								
Rasio tajuk hidup (<i>LCR</i>) (%)	27	23	28	36	31	38	23	29
Kerapatan tajuk (<i>Crown density</i>) (%)	60	51	38	27	49	36	49	44
Transparansi tajuk (<i>T-foliage</i>) (%)	40	49	62	73	51	56	51	55
Kematian pucuk (<i>Dieback</i>) (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
Diameter tajuk (<i>C- diameter</i>) (m)	5.28	5.87	4.05	4.28	6.53	4.37	6.46	5.30
Rasio tajuk secara visual (<i>VCR</i>)	2.6	2.4	2.1	2.2	2.3	2.8	2.4	2.4
Biodiversitas (<i>Biodiversity</i>)								
Indeks keanekaragaman (<i>Diversity index</i>) Shannon Wiener	0,62	0,42	0,52	0,28	0,58	0,29	0,25	0,42

Keterangan (*Note*): * = Hasil analisis Laboratorium Biotrop (*Analysis result of Biotrop Laboratory*); KTK = Kapasitas tukar kation; CEC = *Cation exchange capacity*; PLI = *Plot level index*; LCR = *Live crown ratio*; VCR = *Visual crown ratio*; MAI = *Mean annual increment*

Berdasarkan hasil perkalian antara nilai tertimbang akhir dan nilai skoring dari setiap parameter indikator ekologis kesehatan hutan, dapat diketahui kondisi kesehatan sumber benih KHDTK termasuk dalam kategori sedang (skala 4,1-6,0) dengan rata-rata nilai akhir kesehatan 5,0 (Tabel 8).

B. Pembahasan

Indikator kualitas tapak diwakili oleh parameter KTK tanah. Berdasarkan nilai KTK yang tinggi (rata-rata 27,45 me per 100 g), kondisi tapak di KHDTK Haurbentes mampu menyediakan unsur hara yang mencukupi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan

tanaman secara optimal. Akan tetapi kondisi tanahnya yang sangat masam ($\text{pH} < 4,5$) menyebabkan ketersediaan unsur hara makro terutama unsur P menjadi terbatas. Walaupun demikian, *Shorea spp.* mampu tumbuh dan berkembang secara optimal pada kondisi tapak kondisi tanah asam yang disebabkan kehadiran mikoriza, yaitu jamur yang bersimbiosis secara mutualisme dengan sistem perakaran tanaman *Shorea spp.*. Jamur mikoriza mampu melepas unsur P yang terikat oleh Fe dan Al, sehingga menjadi tersedia untuk tanaman (Ulfa, 2011). Untuk itu kondisi tapak yang ada di KHDTK Haurbentes cukup sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan serta sangat menunjang produktivitas pohon *Shorea spp.* terutama dalam

Tabel (Table) 8. Nilai akhir status kesehatan sumber benih *Shorea* spp. KHDTK Haurbentes (*Final value of health status of Shorea spp. seed source*)

Indikator (<i>Indicator</i>)	Nilai tertimbang akhir (<i>Final weighted value</i>)	Skor (<i>Score</i>)	Nilai akhir kesehatan (<i>Final value of health</i>)
Kualitas tapak (<i>Site quality</i>)	0,212	7	1,4
Kerusakan pohon (<i>Tree damage</i>)	0,204	8	1,7
Kondisi tajuk (<i>Crown condition</i>)	0,202	5	1,1
Biodiversitas (<i>Biodiversity</i>)	0,191	2	0,3
Produktivitas (<i>Productivity</i>)	0,190	2	0,5
Total	1,000	-	5,0

menghasilkan benih berkualitas dan berkuantitas. Kesesuaian jenis tanaman dengan tapak (*site matching*) merupakan hal penting yang harus dipenuhi dalam pembangunan sumber benih, karena pertumbuhan tanaman akan optimal pada kondisi tapak yang sesuai.

Produktivitas hutan dapat diketahui melalui pengukuran terhadap salah satu dimensi tumbuhnya antara lain diameter pohon. Pertumbuhan diameter pohon maksimal akan tercapai apabila kondisi pohon sehat. Selanjutnya pohon sehat akan menghasilkan pertumbuhan diameter tahunan yang lebih besar dibanding pohon tidak sehat pada lingkungan dan kondisi tegakan (kualitas tegakan, tajuk dan umur) yang sama (Beltran *et al.*, 2013). Pertumbuhan diameter pohon di klaster plot 3 dan 4 mempunyai MAI di atas 1 cm per tahun sedangkan klaster plot 1, 2, 5, 6 dan 7 relatif kecil dengan MAI < 1 cm per tahun. Hal ini disebabkan sebagian besar pohon di klaster plot 1, 2, 5, 6 dan 7 adalah pohon tua dengan diameter pohon yang besar. Pohon berukuran besar membutuhkan banyak energi hasil fotosintesis untuk menunjang aktivitas metabolisme. Di sisi lain, proses fotosintesa pada pohon tua semakin menurun, sehingga energi yang dihasilkan kurang optimal mendukung pertumbuhan dan perkembangan pohon. Pertumbuhan dimensi pohon akan berjalan dengan baik apabila kondisi lingkungan pohon tersebut berada dalam kisaran kebutuhannya.

Jenis-jenis meranti umumnya mulai berbuah pada umur lebih dari 15 tahun atau diameter di atas 20 cm. Kondisi tersebut umumnya pohon telah mencapai posisi dominan dan tajuknya mendapatkan cahaya penuh dari matahari. Dalam penelitian ini diketahui bahwa persentase pohon berdiameter > 50 cm sebesar 48,41%, sehingga menunjukkan bahwa KHDTK Haurbentes cukup berpotensi sebagai sumber benih jenis *Shorea* spp. Perbandingan persentase pohon berdiameter > 50 cm yang terdapat di Sumber Benih Merapit,

Kalimantan Tengah sebesar 36,87% (Atmoko *et al.*, 2011). Semakin besar tinggi total dan diameter pohon, maka semakin besar tajuk pohon, sehingga berpengaruh terhadap besarnya pasokan energi (karbohidrat) untuk pembentukan buah yang sangat ditentukan oleh luas permukaan hijau daun. Pohon dengan tajuk yang lebar akan menangkap radiasi matahari lebih besar untuk proses fotosintesa yang hasilnya dimanfaatkan untuk produksi benih (Supartini dan Fajri, 2014).

Kerusakan pohon berpengaruh terhadap pertumbuhan dan ketahanan hidup pohon dan selanjutnya akan berdampak pada kesehatan sumber benih secara keseluruhan. Kondisi kerusakan pohon dalam metode FHM tergambar dari penyebab dan tipe kerusakan serta tingkat keparahan yang ditimbulkannya. Selanjutnya nilai indeks kerusakan merupakan dasar untuk mengetahui kondisi kerusakan suatu vegetasi (Safe'i, 2015). Tingkat kerusakan pohon *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes relatif rendah dengan nilai PLI sebesar 2,19 dari 7,9. Hasil tersebut mengindikasikan ketahanan pohon *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes terhadap kerusakan dan serangan hama penyakit sangat tinggi. Hal ini mencirikan kemampuan pohon untuk dapat pulih kembali (daya lentur) setelah adanya kerusakan atau gangguan yang cukup tinggi. Berbeda dengan di beberapa lokasi sumber benih *Shorea* spp. lainnya seperti di Taman Nasional Kutai yang dilaporkan adanya indikasi serangan hama dan penyakit cukup tinggi (91%). Hama penyakit yang menyerangnya adalah jamur, kanker batang, daun berlubang-lubang dan rayap (Triwibowo *et al.*, 2014). Tingkat kerusakan pohon di KHDTK Haurbentes yang rendah berkaitan dengan status KHDTK sebagai kawasan penelitian dan pengembangan kehutanan serta kawasan konservasi *ek situ* yang tidak dilakukan aktivitas penebangan.

Tipe kerusakan yang banyak ditemukan di lokasi penelitian antara lain liana dari jenis *Epipremnum pinnatum* (L.) Engl. (famili *Araceae*) dan *Oldenlandia parictariodes* Miq (famili *Rubiaceae*). Keduanya bukan jenis liana pencekik yang menyebabkan kerusakan batang bahkan kematian pohon, tetapi liana yang tumbuh merambat pada pohon-pohon besar dan cenderung hanya menutupi permukaan batang pohon. Hal ini terbukti dengan lokasi kerusakan diantara daerah akar dan batang bagian bawah, hingga daerah batang bagian atas dan tidak ditemukan pada tajuk pohon. Kerusakan pada lokasi tajuk pohon dapat menghambat proses fotosintesis yang akan berdampak terhadap penurunan kualitas fisik dan fisiologis benih yang dihasilkan (Addo-Fordjour *et al.*, 2014).

Kondisi tajuk ditunjukkan oleh nilai visual tajuk VCR yang merupakan penjumlahan lima parameter tajuk yaitu rasio tajuk hidup LCR, kerapatan tajuk, transparansi tajuk, diameter tajuk dan *dieback*. Berdasarkan nilai VCR yang dihasilkan yaitu 2,3 dari 4, bentuk tajuk pohon *Shorea* spp. termasuk dalam kategori rendah walaupun tidak ditemukan tanda-tanda kematian tajuk (*dieback*). Hasil tersebut berkaitan dengan rendahnya nilai LCR (29%) yang disebabkan banyak pohon tua. LCR merupakan karakteristik kondisi tajuk yang berkorelasi dengan pertumbuhan pohon (Adeyemii *et al.*, 2013; Morin *et al.*, 2015). Selanjutnya Zhao *et al.* (2012) menyatakan bahwa LCR secara tidak langsung menjadi indikator kapasitas fotosintesis dan kerapatan tegakan, sehingga LCR menjadi indikator umum dari pohon vigor. Pohon vigor dan pertumbuhan diameter normal adalah sepanjang LCR tidak kurang dari 40%.

Nilai VCR yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh nilai kerapatan tajuk rendah (47%) dan transparansi tajuk besar (53%). Kerapatan tajuk menunjukkan banyaknya jumlah bagian tanaman yang menahan sinar matahari yang masuk melalui tajuk pohon. Pohon sehat dicirikan dengan kerapatan tajuk > 50% dan transparansi tajuk < 30% (Zhao *et al.*, 2012). Berdasarkan hal tersebut, nilai kerapatan tajuk yang rendah menggambarkan kondisi tajuk *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes yang sudah menipis atau hanya sedikit dedaunan yang tersedia untuk proses fotosintesis. Dalam kaitannya dengan produksi benih, keadaan ini menyebabkan rendahnya energi atau cadangan makanan untuk pembentukan buah dan benih yang selanjutnya berakibat terhadap rendahnya produksi benih. Pohon dengan tajuk yang kecil dan jarang (ter-

degradasi) merupakan respon tanaman terhadap kondisi yang tidak mendukung pertumbuhan seperti kompetisi dengan tumbuhan lain, kelembaban yang kurang atau berlebih atau pengaruh lainnya seperti penyakit pada dedaunan, defoliiasi akibat serangga atau badai angin. Oleh karena itu kondisi tajuk mengindikasikan kondisi kesehatan pohon (Yen, 2015). *Dieback* (mati pucuk) berkorelasi positif dengan tekanan (*stress*) pohon yang antara lain disebabkan kekeurangan (Randolph *et al.*, 2012). Variabel *dieback* merupakan variabel yang paling menentukan terhadap kemampuan hidupnya pohon (Morin *et al.*, 2012). Saat ini pohon *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes dalam kondisi masih sehat yang terbukti tidak ditemukan *dieback* pada semua pohon yang diamati. Hal ini berarti tidak terdapat masalah penting pada sistem perakaran tegakan *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes. Jika persentase kematian tajuk (*Dieback*) di atas 25%, hal ini menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan pohon mulai menurun (Abkenar *et al.*, 2013).

Tingkat keanekaragaman setiap kluster plot relatif rendah. Hal tersebut disebabkan KHDTK Haurbentes merupakan kawasan hutan tanaman penghasil benih yang awalnya dibangun untuk konservasi *ek situ* jenis-jenis dipterokarpa, sehingga tegakannya monokultur. Keanekaragaman yang rendah menunjukkan ekosistem KHDTK Haurbentes kurang stabil dan cenderung rentan terhadap gangguan terutama serangan hama dan penyakit, karena terdiri dari sedikit spesies dengan sifat fisik dan fisiologis yang cenderung tidak berbeda dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Namun demikian, dilihat dari tingkat kerusakannya yang rendah menunjukkan bahwa tegakan *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes relatif bagus karena terbukti memiliki tingkat kelenturan yang tinggi, sehingga mampu bertahan dan kembali ke bentuk semula apabila terjadi gangguan atau tekanan.

Status atau kondisi kesehatan *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes saat ini dapat diketahui berdasarkan nilai akhir kesehatan sumber benih yang mengacu pada nilai batas ambang kesehatan sumber benih. Hasil penilaian kesehatan sumber benih dengan metode FHM menunjukkan bahwa status kesehatan sumber benih *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes termasuk kategori “sedang” dengan nilai akhir kesehatan sebesar 5,0 dari 10. Hasil penilaian kesehatan ini mengindikasikan bahwa semua komponen di dalam ekosistem sumber benih *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes sepenuhnya telah berfungsi, saling

berinteraksi dan saling menguntungkan hingga mampu menjadi sumber benih yang cukup sehat. Hutan yang sehat adalah hutan yang memiliki kelenturan yang cukup dalam merespon gangguan, dapat pulih kembali dan mampu mempertahankan kapasitasnya untuk menyediakan dukungan bagi proses-proses ekologi, sehingga masih dapat memenuhi fungsinya sebagaimana fungsi yang ditetapkan (Putra *et al.*, 2010; Xue *et al.*, 2013). Demikian juga dengan sumber benih yang sehat yaitu sumber benih yang mampu mengemban fungsinya secara optimal sebagai penghasil benih berkualitas.

Selanjutnya berdasarkan status kesehatan sumber benih dan tingkat kerusakan pohonnya yang rendah, maka tegakan *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes cukup layak ditunjuk sebagai sumber benih dengan kelas tegakan benih teridentifikasi (TBT). Untuk itu, kegiatan pemantauan kondisi pohon-pohon secara rutin dengan metode pemantauan FHM penting dilakukan, sehingga sumber benih *Shorea* spp. KHDTK Haurbentes terbangun dari pohon-pohon yang masih produktif dan berkualitas baik.

Sumber benih sebagai suatu ekosistem merupakan kumpulan dari banyak tumbuhan, hewan, serangga, parasite, jamur pelapuk serta faktor-faktor abiotik seperti suhu, cahaya dan tingkat kesuburan tanah. Masing-masing komponen dalam ekosistem sumber benih memiliki peran penting dan ikut menentukan struktur dan fungsi sumber benih, sehingga produksi dan kualitas benih yang dihasilkan merupakan hasil interaksi dari komponen-komponen tersebut. Kondisi inilah yang sampai saat ini belum dipertimbangkan dalam penilaian dan penunjukan sumber benih.

Berkaitan dengan kebijakan tentang penyelenggaraan perbenihan tanaman hutan, penilaian kesehatan sumber benih dengan metode FHM dinilai lebih komprehensif dilihat dari indikator dan parameter yang digunakan yang sesuai dengan keberadaan sumber benih sebagai suatu ekosistem. Selain itu penilaian kerusakan didasarkan pada gejala atau tanda kerusakan yang hanya dapat membunuh pohon atau berdampak dalam jangka panjang terhadap daya tahan pohon. Kerusakan pohon dijabarkan lebih lanjut dalam bentuk tabulasi, sehingga lebih mudah diaplikasikan di lapangan. Untuk itu dinilai perlu dilakukannya perbaikan terhadap Permenhut Nomor P01/Menhut-II/2009 jo P72/Menhut-II/2009 dengan memperhatikan faktor produksi

buah, tapak tumbuh, kondisi tajuk dan biodiversitas di dalam penilaian dan penunjukkan sumber benih.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kualitas tapak menjadi prioritas utama penilaian kesehatan sumber benih *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes. Urutan indikator selanjutnya adalah kerusakan pohon, kondisi tajuk, biodiversitas dan produktivitas. Status kesehatan sumber benih *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes berdasarkan metode FHM tergolong kategori sedang dengan nilai tingkat kesehatan sebesar 5.0 dari skala 10.

B. Saran

Berdasarkan kondisi kesehatannya, maka tegakan *Shorea* spp. di KHDTK Haurbentes cukup layak ditunjuk sebagai sumber benih dengan kelas TBT, namun untuk menjaga keberlangsungan sumber benih, maka perlu dilakukan monitoring secara berkala.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan ucapan terima kasih kepada Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman hutan atas dukungan dana melalui kegiatan pengembangan penelitian serta Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Badan Litbang Lingkungan Hidup dan Kehutanan selaku pengelola KHDTK Haurbentes atas izin dan kesempatan yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Abkenar, K.T., Chaffjiri, F.S., & Sardabrud, S.M. (2013). Study of *Carpinus betulus* dieback distribution using topographic factors. *The International Journal of Enviromental Resouces Research*, 1(2), 181-189.
- Addo-Fordjour, P., Rahmad, Z.B., & Sharul, A.M.S. (2014). Impacts of forest management on community assemblage and carbon stock of lianas in a tropical lowland forest, Malaysia. *Journal of Tropical Conservation Science*, 7(2), 244-259.

- Adeyemii, A.A., Jimoh, S.O., & Adesoye, P.O. (2013). Crown ratio models for tropical rainforests species in Oban Division of the cross River National Park, Nigeria. *Journal of Agriculture and Social Research*, 13(1), 63-76.
- Atmoko, T., Arifin, Z., & Priyono. (2011). Struktur dan sebaran tegakan Dipterocarpaceae di Sumber Benih Merapit, Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 8(3), 399-413.
- Beltran, H.A., Pastur, G.M., Ivancich, H., Lencinas, M.V., & Chauchard, L.M. (2013). Tree health influences diameter growth along site quality, crown class and age gradiends in *Nothofagus* forest of southern Patagonia. *Journal of Forest Science*, 59(8), 328-336.
- Gunaga, R.P., Kanfada, A.H., & Vasudeva, R. (2011). Soil fertility status of 20 seed production areas of *Tectona grandis* Linn.f. in Karnataka, India. *Journal of forest Science*, 57(11), 483-490.
- [Kemenhut] Kementerian Kehutanan. (2014). Perkiraan kebutuhan benih untuk keperluan penanaman dan produksi benih setiap tahun di Indonesia. [Internet]. [Diunduh 2015 Maret 2].
- Morin, R.S., Steinman, J., & Randolph, K.D.C. (2012). *Utility of tree crown condition indicators to predict tree survival using remeasured forest inventory and analysis data*. Moving from status to trends forest inventory and analysis symposium 2012. GTR-NRS-P-105.
- Morin, R.S., Randolph, K.C., & Steinman, J. (2015). Mortality rates associated with crown health for eastern forest tree species. *Environmental Monitoring Assess*, 187, 87.
- Pramono, A.A., Siregar, I.Z., Palupi, E.R., & Kusmana, C. (2015). Hubungan antara status nutrisi dengan produksi buah dan benih surian (*Toona sinensis* (A.Juss) M.Roem) di hutan rakyat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 12(3), 189-200.
- Putra, E.I. (2004). Pengembangan metode penilaian kesehatan hutan alam produksi [tesis]. Program studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Putra, E.I., Supriyanto, & Purnomo, H. (2010). Metode penilaian kesehatan hutan alam produksi berbasis indikator ekologis *Dalam*: Gintings, A.N., Wahjono. D., Wijayanto, N., Haneda, N.F., editor. *Kontribusi litbang dalam peningkatan produktivitas dan kelestarian hutan*. Kementerian Kehutanan Badan Litbang Kehutanan, Prosiding. Pusat Litbang Peningkatan Produktivitas Hutan, 89-94.
- Randolph, K., Bechtold, W.A., Morin, R.S., & Zarnoch, S.J. (2012). Evaluating elevated levels of crown dieback among northern white-cedar (*Thuja occidentalis* L.) trees in Maine and Michigan: a summary of evaluation monitoring. In: Potter, K. M., & Conkling, B. L. (Eds.), *Forest health monitoring: 2009 national technical report*. Gen. Tech. Rep.SRS-167. Asheville, NC, 219-223.
- Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal Serv. Sciences*, 1(1), 83-98.
- Safei, R., Hardjanto, Supriyanto, & Sundawati, L. (2015). Pengembangan metode penilaian kesehatan hutan rakyat sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 12(3), 175-187.
- Soerianegara, I., & Indrawan, A. (2013). *Ekologi hutan Indonesia*. IPB Press. Bogor.
- Supartini, & Fajri, M. (2014). Produksi buah tengkawang pada beberapa topografi dan dimensi pohon. *Jurnal Penelitian Dipterocarpaceae*, 8(2), 109-116.
- Triwibowo, H., Jumani, & Emawati, H. (2014). Identifikasi hama dan penyakit *Shorea leprosula* Miq di Taman Nasional Kutai Resort Sangkima Kabupaten Kutai Timur Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifor*, 13(2), 175-184.
- Ulfa, M. (2011). Mikoriza: agen hayati ramah lingkungan dan penjamin kelestarian sumber daya hutan. *Dalam* : Rostiwati T, Mindawati N, Anggraeni I, Bustomi S, Effendi R, editor. *Sintesa hasil penelitian hutan tanaman 2010*. Prosiding. Pusat Litbang Peningkatan Produktivitas Hutan Tanaman, 119-122.
- Xue, P., Wang, B., & Niu, X. (2013). A simplified method for assessing forest health, with application to Chinese fir plantations in Dagang Mountain, Jiangxi, China. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2), 1232-1238.

Yen, T.M. (2015). Relationships of *Chamaecyparis formosensis* crown shape and parameters with thinning intensity and age. *Annals of Forest Research*, 58(2), 323-332.

Zhao, D., Kane, M., & Borders. B.E. (2012). Crown ratio and relative spacing relationships for Loblolly Pine plantations. *Open Journal of Forestry*, 2(3), 110-115.

DAMPAK PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN TERHADAP RESPON HIDROLOGIS DI DAS ASAHAN

Landuse Change Impact on Hydrologic Responses in Asahan Watershed

**Ahmad Dany Sunandar¹, Endang Suhendang², Hendrayanto²,
I Nengah Surati Jaya² dan/and Marimin³**

¹Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Aek Nauli, Indonesia
Jl. Raya Parapat Km 10,5 Ds. Sibaganding, Parapat, Sumatera Utara, Indonesia
Tlp. (0625) 41659; Fax. (0625) 891963

²Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor
Jl. Lingkar Akademik Kampus IPB Dramaga Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia
Tlp. (0251) 8621677, Fax. (0251) 8621256

³Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia
Tlp. (0251) 8629354; 8629364, Fax. (0251) 8629352 Email: faperta@ipb.ac.id

Email: sunandar_dany@yahoo.com; e_suhendang@yahoo.com; hendrayanto@gmail.com; ins-jaya@cbn.net.id

Tanggal diterima: 30 April 2016; Tanggal direvisi: 6 Mei 2016; Tanggal disetujui: 6 Juni 2016

ABSTRACT

Land use change is a dynamic process of human activity and these changes will affect hydrological response of a watershed. The research aimed to identify hydrological responses of Asahan watershed due to land use change. Post classification image analysis method was applied to analyze landsat image to detect land use change. SWAT model was built using land use data, soil type and daily climate data from 1985-2010. The results showed that landuse change were more prevalent in non forest land while the forest was relatively fixed. Optimum land use was shown in 2010, indicated with the lowest surface run off and the highest water yield. Improved hydrological response of Asahan Watershed throughout 1985-2010 occurred due to relatively fixed area of forest cover, reduction of barrend land and shrubs and addition of plantation area.

Keywords: *Surface run off, landuse, watershed, water yield*

ABSTRAK

Perubahan penggunaan lahan merupakan proses yang dinamis dari aktivitas manusia dan perubahan ini akan berpengaruh terhadap respon hidrologi dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi respon hidrologi DAS Asahan akibat perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Asahan. Analisis perubahan penggunaan lahan dilakukan melalui analisis citra *Landsat* dengan metode *post classification image analysis*. Model SWAT dibangun dengan data penggunaan lahan, data jenis tanah dan iklim harian antara tahun 1985-2010. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan lahan lebih banyak terjadi di lahan non hutan sedangkan lahan hutan relatif tetap. Penggunaan lahan optimal terlihat pada tahun 2010 yang ditunjukkan dengan aliran permukaan yang paling kecil dan hasil air yang tinggi. Perbaikan respon hidrologis DAS Asahan dari tahun 1985-2010 terjadi karena luas hutannya relatif tetap, berkurangnya luas lahan terbuka dan semak belukar serta bertambahnya luas lahan perkebunan.

Kata kunci: Aliran permukaan, daerah Aliran Sungai, hasil air, penggunaan lahan

I. PENDAHULUAN

Penggunaan lahan dan sistem hidrologi merupakan suatu sistem yang saling terkait dimana penggunaan lahan mengontrol proses-proses yang terkait dengan intersepsi curah hujan dan evapotranspirasi yang berpengaruh terhadap penyimpanan dan aliran air (Nyeko *et al.*, 2012).

Penggunaan lahan dan perubahannya merupakan salah satu faktor kritis yang mempengaruhi komponen dalam hidrologi seperti evaporasi, aliran permukaan, infiltrasi dan pengisian air permukaan (Ozturk *et al.*, 2013). Perubahan penggunaan lahan juga akan berdampak pada suplai air dengan merubah proses-proses hidrologi seperti infiltrasi, pengisian air tanah,

aliran dasar dan limpasan permukaan (*run off*) (Lin *et al.*, 2007) dan kualitas air, habitat perairan dan saluran serta morfologi banjir (James & Lecce, 2013).

Pengaruh penutupan lahan (seperti hutan) terhadap respon hidrologi dalam DAS sudah banyak dibuktikan melalui berbagai penelitian (Mubarok *et al.*, 2015; Dasanto *et al.*, 2014; Zhang & Wei, 2013; Winkler *et al.*, 2010). Perubahan tutupan lahan hutan dan faktor manajemen yang diaplikasikan pada suatu kawasan hutan akan merubah respon hidrologi dalam suatu DAS (Pike *et al.*, 2010; Jones *et al.*, 2009). Di Indonesia, penelitian mengenai pengaruh perubahan penggunaan lahan terhadap respon hidrologis telah banyak dilakukan. Anwar *et al.* (2011) menyatakan bahwa penurunan penutupan lahan hutan di DAS Barito Hulu sebanyak 9,51% dari kondisi semula dapat meningkatkan hasil air, evapotranspirasi dan erosi berturut-turut sebesar 8,52%, 5,94% dan 1,73 ton per ha per tahun serta simpanan air menurun sebesar 14,46%. Prasena & Srestha (2013) menyatakan bahwa berkurangnya lahan kebun campuran menjadi lahan pemukiman sebanyak 4,28% dan meningkatkan limpasan antara 3,42%-4,67%.

Salah satu model untuk menduga dampak perubahan penggunaan lahan terhadap respon hidrologi adalah *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) (Dechmi *et al.*, 2012). Untuk membangun sebuah model menggunakan SWAT, diperlukan data spasial dan tabular yang akan digabung ke dalam model. Data spasial yang dibutuhkan adalah data *Digital Elevation Model* (DEM) untuk membentuk aliran dan peta kelas lereng, data jenis tanah dan data tutupan atau penggunaan lahan. Data iklim dalam bentuk tabular kemudian digabungkan untuk membangun model. Dalam aplikasinya, SWAT membagi sebuah DAS menjadi beberapa sub DAS yang dihubungkan dengan jaringan sungai dan *Hydrologic Response Unit* (HRU) yang dibangun dari kombinasi tutupan lahan, jenis tanah dan lereng pada setiap sub DAS (Nobert & Jeremiah, 2012). Dalam SWAT, kalibrasi merupakan upaya untuk menghasilkan parameter model yang lebih baik, sesuai dengan kondisi DAS setempat, sehingga bisa mengurangi ketidakpastian prediksi (Arnold *et al.*, 2012).

Aplikasi SWAT dalam berbagai keperluan terkait dengan hidrologi dalam DAS di Indonesia telah banyak dilakukan diantaranya untuk evaluasi kinerja DAS dan simulasi konservasi di sub DAS Tabung, Siak (Fajri *et al.*, 2016),

pengelolaan DAS Cisadane (Junaidi & Tarigan, 2012), kajian respon perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi di DAS Cirasea (Yusuf, 2010) dan untuk pengelolaan lahan terbaik di sub DAS Ciliwung Hulu (Yustika, 2013). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak perubahan penggunaan lahan terhadap respon hidrologis (aliran permukaan, debit, aliran dasar dan hasil air) di DAS Asahan yang terjadi antara tahun 1990-2010.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2013 sampai dengan Januari 2014. Penelitian ini dilakukan di DAS Asahan, Provinsi Sumatera Utara yang terletak antara 99,03-99,96° BT dan 2,40-3,04° BT (Gambar 1). Luas DAS Asahan berdasarkan hasil deliniasi menggunakan model SWAT adalah 2.833,86 km² dengan panjang sungai utama mencapai 170 km. DAS Asahan mempunyai topografi yang curam di sekitar hulu, tetapi landai di tengah hingga ke hilir dan mempunyai elevasi mulai dari 0 m dpl hingga ketinggian 2.100 m dpl. Penggunaan lahan didominasi oleh pertanian lahan kering dan perkebunan dengan komoditas utama berupa kelapa sawit dan karet. Curah hujan antara 1.924-3.406 mm per tahun (berdasarkan data tahun 1985-2010).

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian berupa data spasial dan data tabular. Data spasial yang digunakan adalah data hasil analisis citra *Landsat* yang menampilkan citra penutupan lahan tahun 1990 (path 128, row 58, *date acquisition* 18 Desember 1990), 2002 (path 128, row 58, *date acquisition* 2 Februari 2002) dan 2010 (path 128, row 58, *date acquisition* 10 Februari 2010), data DEM (*Digital Elevation Model*), data jenis tanah dan atributnya (jumlah lapisan, ketebalan setiap lapisan, berat jenis, fraksi) yang diperoleh dari Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat dan hasil pengamatan serta data iklim (hujan harian, suhu maksimum-minimum harian, kelembaban relatif, lama penyinaran matahari, kecepatan angin rata-rata harian) yang diperoleh dari Badan Meteorologi Geofisika dan Klimatologi untuk stasiun yang berada di DAS Asahan serta sebagai data pembandingan dalam proses kalibrasi dan validasi

adalah data debit sungai di DAS Asahan (data tersedia adalah tahun 1990-2010 minus tahun 2004 dan 2008) yang diperoleh dari Balai Wilayah Sungai II Medan dan Pusat Litbang Pengairan, Kementerian Pekerjaan Umum. Alat yang digunakan adalah komputer dengan software ArcGIS 10.1 dengan tambahan ekstensi SWAT, *Global Positioning System* (GPS) dan alat pengambilan contoh tanah.

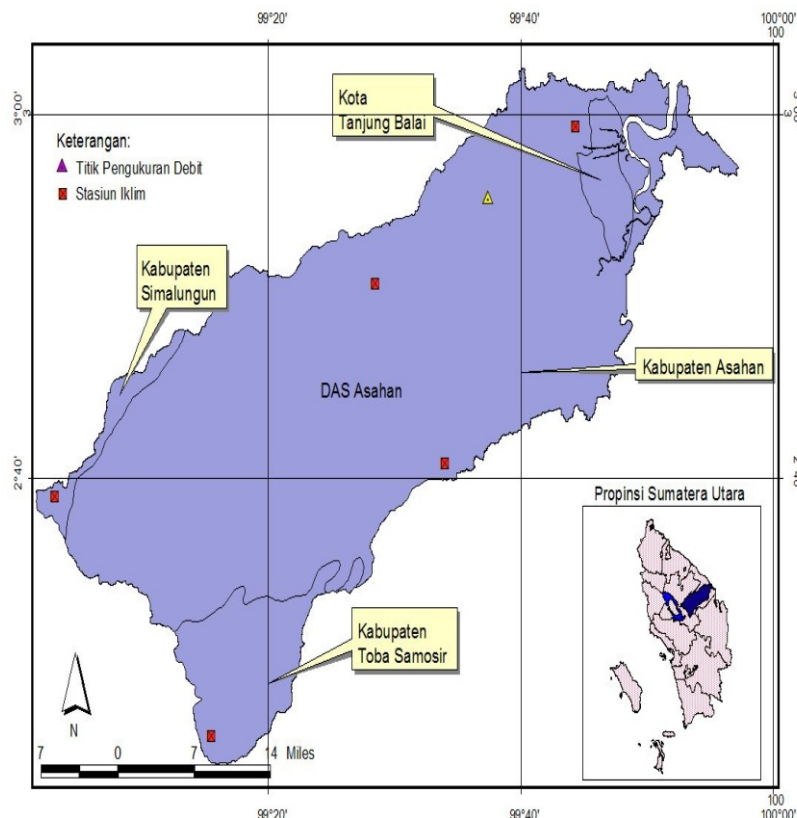
C. Metode

Analisis perubahan penggunaan lahan dilakukan menggunakan citra *Landsat* yang diperoleh tahun akuisisi 1990, 2002 dan 2010 dianalisis dengan menggunakan program *ERDAS Imagine* dengan metode *visual delineation*. Penentuan penutupan atau penggunaan lahan didasarkan pada panduan yang dikeluarkan oleh Badan Planologi Kehutanan (2008) dan membagi penutupan atau penggunaan lahan menjadi 11 kelas, yaitu hutan campuran, perkebunan, pertanian, pemukiman, tanah terbuka, sawah, mangrove, lahan basah tidak berhutan, rawa, semak belukar dan tubuh air. Untuk mengetahui perubahan yang terjadi dilakukan *post classification image analysis* dengan melakukan tumpang

susun dan kemudian diidentifikasi dan dikuantifikasi perubahan yang terjadi.

Pembangunan model hidrologi menggunakan SWAT dilakukan dalam beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah pendefinisian areal tangkapan dan deliniasi batas dengan menggunakan data DEM dan *masking* (penentuan batas area). Pada tahapan ini juga dilakukan pembentukan sub DAS yang dalam penelitian ini area minimumnya diatur pada 10.000 ha dan ditentukan titik outlet DAS. Tahapan berikutnya adalah pembentukan HRU yang merupakan hasil tumpang susun antara penggunaan atau penutupan lahan, jenis tanah dan kelas lereng. Batas atau *threshold* yang digunakan adalah persentase luas area dan digunakan masing-masing untuk penggunaan atau penutupan lahan, jenis tanah dan kelas lereng masing-masing adalah 10%, 10% dan 5%.

Pemasukan data iklim menjadi tahapan berikutnya dimana data iklim hasil pengolahan menjadi data input dalam *weather generator* (“wgn”) sebagai pembangkit data iklim dari Stasiun Iklim Sampali, Medan. Data curah hujan harian dan suhu maksimum–minimum harian berasal dari lima stasiun pengukur hujan. Setelah data iklim terinput maka model SWAT dapat



Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian (Research location)

disimulasikan. Dalam simulasi ini, data penggunaan atau penutupan lahan yang digunakan adalah data tahun 2010.

Analisis sensitivitas dan kalibrasi model SWAT yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan program SWAT CUP SUFI-2 yang merupakan program kalibrasi semi otomatis (Abbaspour, 2011). Penentuan parameter yang dikalibrasi didasarkan pada hidrograf yang terbentuk hasil simulasi SWAT yang dibandingkan dengan data debit hasil pengukuran. Kalibrasi menggunakan data debit rata-rata bulanan dari Januari 2009 sampai dengan Agustus 2010 dan data penutupan lahan tahun 2010 dengan jumlah iterasi atau pengulangan sebanyak 300 kali dan diharapkan menghasilkan nilai NSE yang mendekati 1. Menurut Moriasi *et al.* (2007) nilai NSE adalah antara 0-1, apabila nilai NSE mendekati 0 berarti rata-rata nilai observasi lebih baik dari nilai simulasi dan hal ini mengindikasikan kinerja model yang tidak dapat diterima. Proses kalibrasi ini akan menghasilkan nilai parameter terbaik dan parameter yang sensitif terhadap perubahan nilainya. Nilai parameter

yang terbaik kemudian akan divalidasi untuk menguji kehandalan model yang dalam penelitian ini dilakukan untuk data debit tahun 1990-1991 dan data penggunaan lahan tahun 1990.

Untuk menganalisis dampak perubahan penggunaan luasan lahan terhadap respon hidrologis di DAS Asahan, digunakan dua metode. Metode pertama melalui analisis deskriptif dengan membandingkan curah hujan dengan debit (observasi) yang dihasilkan. Metode kedua adalah melalui simulasi menggunakan model SWAT, untuk mengidentifikasi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap aliran permukaan, aliran dasar dan hasil air.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis citra satelit, perubahan luasan penutupan lahan terjadi di seluruh tipe penutupan lahan. Hasil tabulasi perubahan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Luas masing-masing tutupan lahan dan perubahannya (ha) (*Coverage areas of land use and its change*) (ha)

No	Tutupan lahan (<i>Landuse type</i>)	Luas (<i>Areas</i>) (ha)					
		1990	2002	2010	1990-2002	2002-2010	1990-2010
1	Hutan lahan kering (<i>Dryland forest</i>)	47.352	47.353	47.623	0	270	271
2	Hutan lahan basah (<i>Wetland forest</i>)	468	469	451	1	-18	-17
3	Pemukiman (<i>Urban</i>)	2.465	2.469	2.746	4	277	281
4	Perkebunan (<i>Plantation</i>)	71.413	70.703	78.347	-710	7.644	6.934
5	Pertanian lahan kering (<i>Dryland agriculture</i>)	112.167	110.884	116.183	-1.283	5.299	4.016
6	Rawa (<i>Swamp</i>)	397	365	235	-32	-130	-162
7	Sawah (<i>Paddy field</i>)	1.451	1.871	3.172	420	1.301	1.721
8	Semak/belukar (<i>Bush</i>)	27.965	22.025	21.171	-5.940	-854	-6.794
9	Tanah terbuka (<i>Barrend land</i>)	3.715	14.413	5.153	10.698	-9.260	1.438
10	Tubuh air (<i>Water body</i>)	3.390	3.390	3.366	0	-24	-25
11	Vegetasi rawa (<i>Non forest swamp vegetation</i>)	10.607	7.437	2.922	-3.170	-4.515	-7.685

Sumber (Source): Hasil interpretasi citra (*Image interpretation result*)

Perubahan luas terbesar adalah perkebunan yang bertambah hingga 6.934 ha dan pertanian lahan kering seluas 4.016 ha. Penambahan ini karena banyaknya perkebunan baru yang dibangun seiring dengan naiknya harga komoditas perkebunan. Perluasan areal perkebunan sebagian besar berasal dari kawasan hutan lahan basah, terutama hutan rawa dan semak belukar. Perubahan penggunaan lahan lainnya yang cukup besar adalah sawah dan pertanian lahan kering.

Penambahan sawah diduga karena adanya saluran irigasi, dimana dalam rencana tata ruang wilayah Kabupaten Asahan. Penambahan areal irigasi menjadi salah satu fokus pembangunan wilayah (Kabupaten Asahan, 2013). Keberadaan lahan hutan di DAS Asahan relatif tetap, hanya mengalami penambahan 271 ha, yang diduga berasal dari hutan tanaman karena hutan tanaman dalam penelitian ini dimasukkan pada katagori hutan lahan kering. Untuk melihat distribusi perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Asahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Pada periode perubahan antara tahun 1990-2002, perubahan terbesar terjadi dari semak belukar yang berubah menjadi tanah terbuka dan

perkebunan menjadi tanah terbuka. Hal ini terjadi karena adanya masa pergiliran tanaman di lahan pertanian yang terdeteksi dalam citra sebagai tanah terbuka. Begitu juga di areal perkebunan, diduga adanya masa *replanting*, sehingga areal tersebut merupakan areal perkebunan tetapi yang terlihat dalam citra adalah sebagai tanah terbuka. Periode tahun 2002-2010, perubahan terbesar dari tanah terbuka dan vegetasi rawa menjadi lahan perkebunan serta dari perkebunan menjadi lahan pertanian.

Hutan lahan kering bertambah dari tahun 1990 sampai 2010 sebesar 271 ha. Meskipun di sisi lain, ada lahan hutan yang berubah menjadi tanah terbuka tetapi perubahan dari pertanian lahan kering yang berubah menjadi hutan lebih besar seperti yang terlihat pada Tabel 2. Pertambahan areal hutan terjadi karena dalam klasifikasi hutan lahan kering termasuk hutan tanaman. Adanya penanaman baru di lahan hutan tanaman menyebabkan bertambahnya hutan lahan kering. Selain itu, daerah dengan penutupan lahan hutan tidak banyak berubah karena berada di daerah dengan topografi yang relatif curam dan mempunyai elevasi yang relatif tinggi

Tabel (Table) 2. Distribusi perubahan penggunaan lahan antara tahun 1990-2010 (*Landuse change distribution from 1990-2010*)

Tutupan lahan (<i>Landuse type</i>)	Luas perubahan penggunaan lahan tahun 1990-2010 (ha) (<i>Landuse change areas in 1990 to 2010</i>) (ha)										
	HLK	HLB	PMKM	PKBN	PLKR	Rawa	Sawah	S/B	TTBK	T. AIR	VGRW
Hutan lahan kering (<i>Dryland forest</i>)	-	-	-	-	-	-	-	-	419	-	-
Hutan lahan basah (<i>Wetland forest</i>)	-	-	10	-	-	-	-	-	7	-	-
Pemukiman (<i>Urban</i>)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Perkebunan (<i>Plantation</i>)	-	-	-	-	7.869	-	-	199	3.418	-	-
Pertanian lahan kering (<i>Dryland agriculture</i>)	605	-	401	2.561	-	-	142	144	540	-	-
Rawa (<i>Swamp</i>)	-	-	-	22	153	-	-	-	-	-	-
Sawah (<i>Paddy field</i>)	-	-	-	184	-	-	-	-	-	-	-
Semak belukar (<i>Bush</i>)	85	-	-	6.016	854	-	1.447	-	9	-	-
Tanah terbuka (<i>Barrend land</i>)	-	-	-	901	1.123	-	-	1.259	-	-	-
Tubuh air (<i>Water body</i>)	-	1	1	4	13	-	-	5	-	-	2
Vegetasi rawa (<i>Non forest swamp vegetation</i>)	-	-	-	7.930	1.096	-	418	-	362	-	-

Sumber (*Source*): Hasil pengolahan citra *Landsat* (*Landsat image processing result*)

Keterangan (*Remarks*): HLK: Hutan lahan kering (*Dryland forest*); HLB: Hutan lahan basah (*Wetland forest*); PMKM: Pemukiman (*Urban*); PKBN: Perkebunan (*Plantation*); PLKR: Pertanian lahan kering (*Dryland agriculture*); S/B: Semak/belukar (*Bush*); T. Air: Tubuh air (*Water body*); TTBK: Tanah terbuka (*Barrend land*); VGRW: vegetasi rawa (non hutan) (*Swamp forest*)

dengan aksesibilitas yang terbatas, sehingga dapat terjaga keutuhannya. Hal ini sejalan dengan penelitian dari Freitas *et al.* (2010) yang menyatakan bahwa topografi berpengaruh terhadap penggunaan lahan dan dinamika hutan. Sisi hukum, daerah ini juga merupakan kawasan hutan lindung, sehingga secara hukum lebih dapat terlindungi.

Hasil perhitungan diperoleh bahwa sebelum kalibrasi nilai $R^2 = 0,76$ dengan $NSE = 0,64$. Meskipun ini sudah cukup baik, namun masih bisa lebih baik lagi dengan proses kalibrasi. Proses kalibrasi dilakukan dengan membagi waktu simulasi menjadi tiga bagian, yaitu *warm up period*, periode kalibrasi dan periode validasi (Arnold *et al.*, 2012). Parameter yang digunakan dalam kalibrasi adalah mencakup aliran (gw), aliran permukaan dan *routing* serta HRU. Parameter yang sensitif untuk keluaran model pada proses kalibrasi meliputi parameter yang sensitif terhadap debit aliran, yang meliputi metode penelusuran air pada aliran sungai (*routing*), parameter *baseflow*, parameter pada saluran sungai utama, parameter pada tingkat sub DAS dan HRU. Input parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3 dan kalibrasi dilakukan menggunakan Sufi-2 SWAT-CUP.

Hasil kalibrasi dengan menggunakan SWAT-CUP memberikan hasil yang baik yaitu nilai $R^2 = 0,89$ dan $NSE = 0,88$. Hal ini menunjukkan bahwa model SWAT sudah cukup baik dan dapat digunakan untuk validasi. Proses validasi dilakukan dengan menggunakan nilai parameter hasil kalibrasi dan dilakukan untuk penutupan lahan tahun 1990 dan data debit bulanan tahun 1990-1991.

Validasi merupakan langkah evaluasi terhadap model dan bertujuan untuk membuktikan bahwa model yang dibangun dapat diduga pada sebagian besar DAS. Apabila aliran permukaan ini berubah akan berdampak pada perubahan seluruh komponen dalam kesetimbangan hidrologis (Arnold *et al.*, 2012). *Recharge_dp* adalah

koefisien perkolasi dari akuifer. Jika nilai *Recharge_dp* ditingkatkan akan berpengaruh pada peningkatan pengisian akuifer dalam (Abraham *et al.*, 2007). Perbedaan antara debit hasil observasi dengan debit simulasi sebelum dan sesudah kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Perubahan penggunaan lahan dilihat dari aspek hidrologi, berpengaruh langsung terhadap karakteristik penutupan lahan, sehingga akan mempengaruhi sistem tata air DAS. Fenomena ini ditunjukkan oleh karakteristik DAS yang dapat dikenali melalui produksi air, erosi dan sedimen. Perubahan pola debit terhadap perubahan penggunaan lahan di DAS Asahan dapat dilihat pada Tabel 4 dan grafik hubungan curah hujan dengan debit pada masing-masing penggunaan lahan dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, terdapat perbedaan pola pada debit untuk masing-masing tahun penggunaan lahan. Penggunaan lahan tahun 1990 menunjukkan bahwa curah hujan yang tinggi relatif tidak berpengaruh terhadap debit yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan oleh penyebaran debit yang mendekati 50 mm pada kondisi curah hujan yang meningkat.

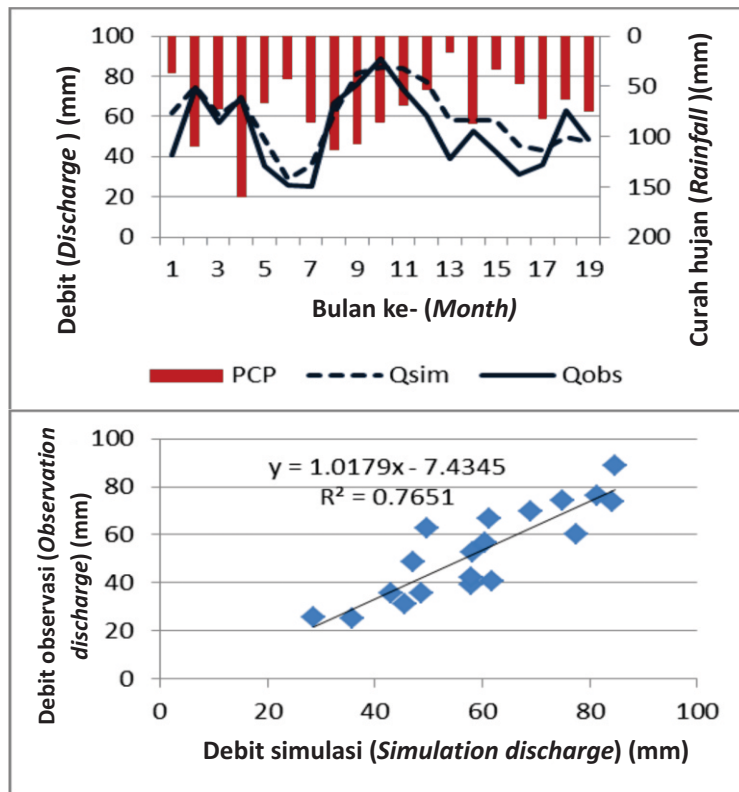
Berbeda dengan penggunaan lahan tahun 2002, dimana ada kecenderungan kenaikan debit seiring dengan kenaikan curah hujan meskipun pada curah hujan 44,71 mm menghasilkan debit 41,2 mm (pada bulan Januari 2002). Ini dikarenakan curah hujan yang relatif lebih sedikit pada tahun 2002, sehingga kenaikan curah hujan direspon dengan positif oleh debit. Pada penggunaan lahan tahun 2010, debit yang dihasilkan mempunyai pola yang hampir sama dengan penggunaan lahan pada tahun 1990. Namun debit pada penggunaan lahan tahun 2010 relatif lebih tinggi dan cenderung naik lebih tinggi seiring dengan kenaikan curah hujan dibandingkan penggunaan lahan tahun 1990.

Besaran debit yang relatif stabil pada penggunaan lahan tahun 1990 dan 2010 disebabkan

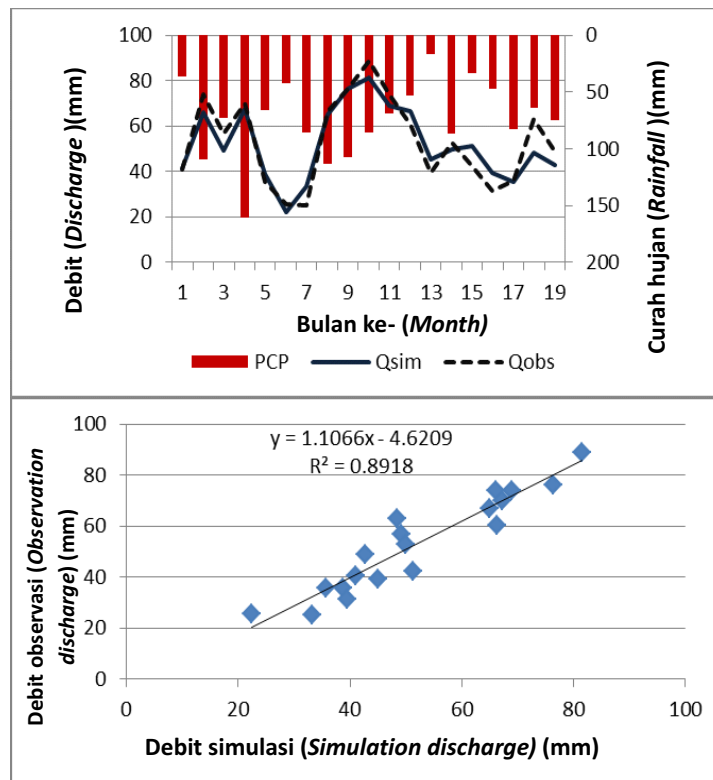
Tabel (Table) 3. Parameter yang digunakan dalam kalibrasi (*Parameters used in calibration process*)

Paramater (Parameters)	Nilai akhir (End values)	Minimum (Minimum)	Maksimum (Maximum)	t-stat	P-value
1. CN2.mgt	-4,25	-30	20	-1,60	0,11
2. ALPHA_BNK.rte	0,715	0	1	2,15	0,03
3. RCHRG_DP.gw	0,565	0	1	-2,86	0,01
4. DEEPST.gw	2,265	0	3,000	-2,02	0,05
5. GWHT.gw	17,875	0	25	-1,86	0,07
6. HRU_SLP.hru	0,369	0	0,6	3,72	0,00

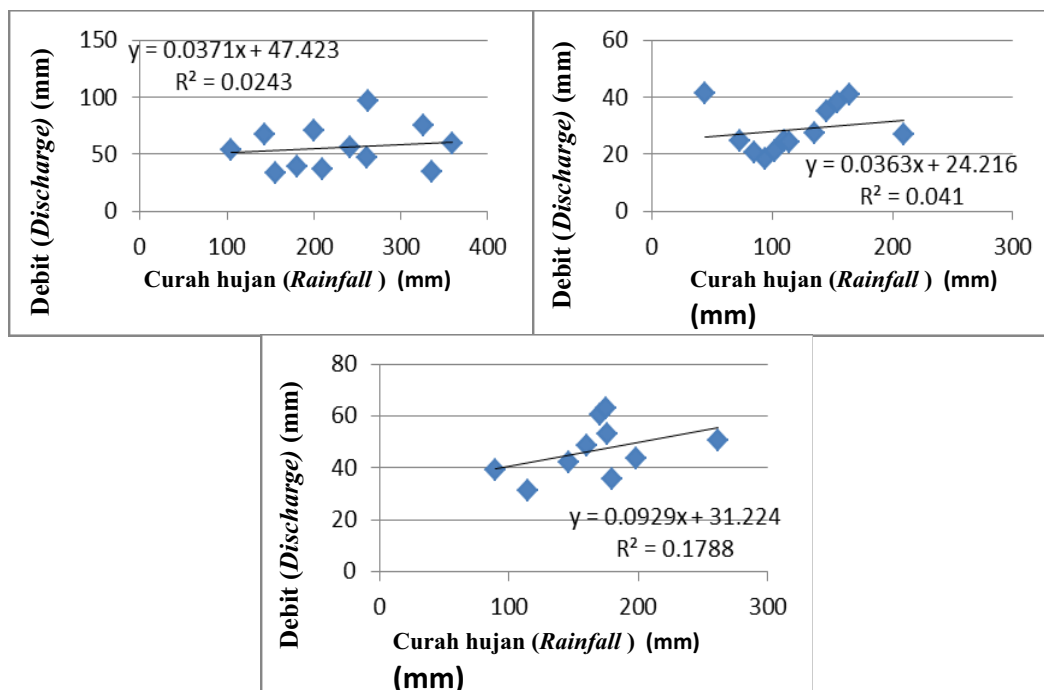
Sumber (Source): Hasil pengolahan dengan SWAT-CUP (SWAT-CUP processing result)



Gambar (Figure) 2. Perbandingan data debit observasi dan debit simulasi sebelum kalibrasi (*Comparison between observed and simulation discharge before calibration*)



Gambar (Figure) 3. Perbandingan data debit observasi dan debit simulasi setelah kalibrasi (*Comparison between observed and simulation discharge after calibration*)



Gambar (Figure) 4. Perbandingan data debit observasi dan debit simulasi sebelum kalibrasi (*Comparison between observed and simulation discharge before calibration*)

oleh penutupan vegetasi yang relatif merata dengan persentase tanah terbuka yang paling kecil (Tabel 1), sehingga curah hujan yang turun tidak berpengaruh terhadap debit yang dihasilkan. Pada kondisi lahan tertutup vegetasi, seperti pada penggunaan lahan tahun 1990 dan 2010, akan memperbesar daya sangga DAS terhadap

debit puncak karena lebih banyak curah hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah dan aliran permukaan akan berkurang. Sebaliknya pada penggunaan lahan tahun 2002 dimana terjadi pengurangan lahan bervegetasi dengan meningkatnya tanah terbuka (Tabel 1). Hal ini dapat menurunkan daya sangga DAS meskipun curah hujan turun akan direspon positif oleh debit.

Tabel (Table) 4. Respon debit terhadap hujan pada masing-masing tahun penggunaan lahan (mm) (*Discharge response on rainfall in each land use (mm)*)

1990		2002		2010	
Curah hujan (Rainfall)	Debit (Discharge)	Curah hujan (Rainfall)	Debit (Discharge)	Curah hujan (Rainfall)	Debit (Discharge)
143,68	67,9	44,71	41,2	170,29	60,4
104,81	54,4	94,56	18,4	89,38	39,2
210,24	37,5	109,94	24,5	175,83	52,9
336,22	34,9	145,36	34,9	146,77	42,3
325,55	74,7	114,82	24,1	114,64	31,4
181,08	39,1	73,19	24,7	179,97	35,7
260,95	46,8	101,97	21,3	174,94	62,8
156,38	34,1	85,77	20,7	160,56	48,8
242,35	55,6	209,67	26,8	262,2	50,6
263,06	97,1	164,33	40,8	198,09	43,6
358,94	59,8	154,92	38		
199,62	70,3	135,14	27,2		

Sumber (Source): Hasil SWAT (SWAT result)

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa pada penggunaan lahan tahun 1990 dengan curah hujan sebesar 2.783 mm, menghasilkan debit sebesar 672 mm, aliran permukaan 190,2 mm, aliran dasar 296,7 mm serta hasil air 1.083,2 mm. Jika dirasioikan, maka dari total curah hujan yang turun di DAS Asahan selama satu tahun, sebanyak 38,92% dikonversi menjadi aliran (hasil air) yang merupakan penjumlahan dari aliran permukaan, aliran dasar dan perkolasi. Curah hujan yang membentuk aliran permukaan sebesar 6,83% dan 10,66% menjadi aliran dasar (Lampiran 1). Gambaran hubungan antara curah hujan dengan respon hidrologi, pada Gambar 5 terlihat bahwa penggunaan lahan tahun 1990 memberikan respon yang relatif tetap terhadap debit dan aliran dasar sedangkan terhadap aliran permukaan, akan memberikan korelasi yang positif dengan peningkatan curah hujan. Demikian juga untuk hasil air yang berkorelasi positif dengan kenaikan curah hujan.

Pada tahun 2002, curah hujan jauh menurun (1.434 mm) dan ini direspon dengan debit yang turun menjadi 343 mm, penurunan aliran permukaan menjadi 39 mm, hasil air menjadi 590 mm sedangkan aliran dasar relatif sama (279 mm). Penggunaan lahan pada tahun 2002 ini mengkonversi lebih banyak curah hujan menjadi aliran, yaitu hasil air sebesar 41,12%, aliran dasar 19,98%, debit 23,88% dan aliran permukaan 2,70% (Lampiran 1). Hasil ini relatif lebih baik dibandingkan penggunaan lahan tahun 1990, dimana aliran permukaan jauh lebih kecil dengan total hasil air yang lebih besar. Curah hujan yang lebih kecil mampu direspon dengan baik oleh penggunaan lahan yang ada serta struktur geologinya, sehingga menghasilkan aliran permukaan yang relatif lebih kecil dengan hasil air yang lebih banyak.

Pada saat curah hujan relatif rendah, maka terjadinya kelebihan kapasitas infiltrasi akan lebih kecil, sehingga air hujan yang turun lebih banyak terinfiltrasi menjadi aliran dasar. Kondisi ini dapat dilihat seperti pada Gambar 5 (tengah) dimana aliran dasar cenderung naik dan aliran permukaan relatif datar pada kondisi curah hujan kurang dari 200 mm per bulan. Perbedaan respon terlihat pada saat dimana curah hujan yang relatif tinggi seperti pada tahun 1990 saat curah hujan yang dikonversi menjadi aliran permukaan naik dan aliran dasar menurun (Gambar 5). Pada kondisi penggunaan lahan tahun 1990 ini, air yang berubah menjadi aliran dasar lebih sedikit dibandingkan pada tahun 2002 sedangkan pada tahun 2010, terjadi kenaikan aliran dasar yang

paling tinggi dibanding penggunaan lahan sebelumnya, sehingga hasil airnya paling tinggi.

Penggunaan lahan tahun 2010 cenderung mempunyai pola yang mirip dengan tahun 1990 dengan curah hujan mencapai 2.259 mm yang menghasilkan aliran permukaan 116 mm, aliran dasar 429 mm dan hasil air 1.93 mm. Pada penggunaan lahan tahun 2010 ini, konversi curah hujan menjadi debit adalah 27,96% (untuk sepuluh bulan), aliran permukaan 5,14%, aliran dasar 19,01% dan hasil air 48,33% (Lampiran 1).

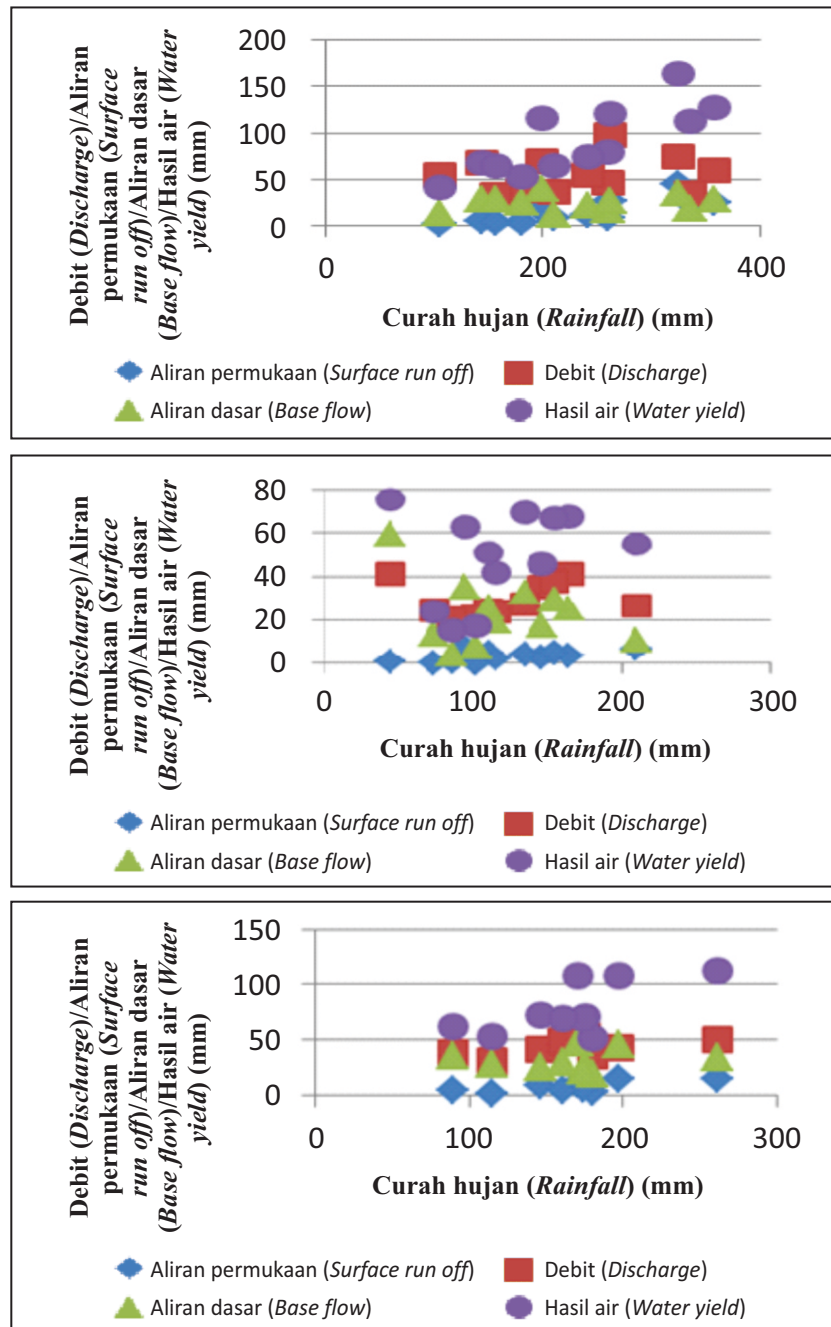
Berdasarkan Gambar 5, terlihat bahwa debit dan aliran cenderung tetap dengan kenaikan curah hujan sedangkan aliran permukaan meskipun naik namun sangat sedikit. Dilihat dari respon hidrologis, hasil yang ditunjukkan oleh penggunaan lahan tahun 2010 relatif lebih baik dari penggunaan lahan tahun 1990 dan 2002. Kondisi geologis yang tetap, namun mampu mengkonversi lebih banyak air hujan menjadi hasil air dengan lebih sedikit aliran permukaan yang terjadi.

Hasil analisis debit dan simulasi SWAT secara umum menunjukkan bahwa penggunaan lahan yang terbaik adalah pada penggunaan lahan tahun 2010, karena pada tahun ini memberikan respon hidrologi yang paling baik. Meskipun demikian, penggunaan lahan yang ada saat ini (diasumsikan tahun 2010) belum merupakan penggunaan lahan terbaik untuk memaksimalkan hasil air dan meminimalkan aliran permukaan yang terjadi di DAS Asahan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Perubahan penggunaan lahan yang terjadi di DAS Asahan sebagian besar berada di bagian tengah ke arah hilir DAS dan merupakan lahan pertanian dan perkebunan. Dalam rentang waktu 20 tahun, luas hutan relatif tidak berubah dan perubahan penggunaan lahan yang lebih dinamis terjadi pada areal pertanian lahan kering, perkebunan dan lahan basah. Model SWAT yang dibangun mampu memberikan hasil yang baik dan mampu menggambarkan respon hidrologis akibat dari perubahan penggunaan lahan. Perubahan respon hidrologis ditunjukkan dengan perubahan aliran permukaan, debit, aliran dasar dan hasil air terhadap curah hujan yang turun pada masing-masing tahun penggunaan lahan. Penggunaan lahan pada tahun 2010 mampu menurunkan aliran permukaan, meningkatkan



Gambar (Figure) 5. Hubungan curah hujan dengan debit, aliran permukaan, aliran dasar dan hasil air pada penggunaan lahan tahun 1990 (atas), 2002 (tengah), 2010 (bawah) (*Relationship among rainfall and discharge, run off, base flow and water yield in 1990 (top), 2002 (middle) and 2010 (bottom) land use*)

aliran dasar dan hasil air. Dengan luas hutan yang relatif tetap, penurunan luas lahan terbuka, semak belukar yang diiringi dengan penambahan perkebunan dapat memperbaiki respon hidrologis DAS Asahan. Untuk memperbaiki respon hidrologis DAS Asahan maka perlu dilakukan optimasi penggunaan lahan berdasarkan penggunaan lahan yang ada saat ini.

B. Saran

Kawasan hutan yang ada di daerah hulu tetap dipertahankan dan perubahan penggunaan lahan ke non hutan perlu dipertimbangkan dengan baik agar tidak terjadi perubahan respon hidrologis yang bersifat merugikan. Optimasi lahan dapat dilakukan untuk mengurangi lahan terbuka dan

semak belukar dan ditanami dengan tanaman perennial untuk meningkatkan daya sangga DAS pada saat terjadinya surplus air yang turun dalam DAS Asahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada para pembimbing disertasi yang telah mencurahkan waktu perhatian dan pemikirannya hingga selesainya naskah ini. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Aek Nauli atas bantuannya hingga pengambilan data di lapangan bisa terlaksana. Terima kasih juga untuk teman-teman sesama mahasiswa S3 di IPB yang telah membantu dalam pelatihan SWAT, Pak Iwan Ridwansyah, Mbak Mala dan lainnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbaspour, K. (2011). *SWAT CUP4: SWAT Calibration and uncertainty program – a user manual*. Eawag.
- Abraham L.Z, Roehrig J., & Dilnesaw A.C. (2007). *Calibration and validation of SWAT hydrological model for Meki Watershed Ethiopia*. University of Applied Science, Cologne.
- Anwar, M., Pawitan, H., Murtalaksono, K., & Jaya, I.N.S. (2011). Respon hidrologi akibat deforestasi di DAS Barito Hulu, Kalimantan Tengah. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 17(3), 119-126.
- Arnold J.G., Moriasi, D.N., Gassman, P.W., Abbaspour, K.C., White, M.J., Srinivasan, R., Santhi, C., Harmel, R.D., van Griensven, A., van Liew, M.W., Kannan, N., & Jha, M.K. (2012). *SWAT: Model use, calibration and validation*. Transaction of ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers), 55(4), 1491-1508.
- Badan Planologi Kehutanan. (2008). *Pemantauan sumberdaya hutan*, Pusat Inventarisasi dan Perpetaan Badan Planologi Kehutanan. Jakarta.
- Dasanto, B.D., Pramudya, B., Boer, R., & Suharnoto, Y. (2014). Effect of forest cover change on flood characteristics in the Upper Citarum Watershed. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 20(3), 141-149.
- Dehmi, F., Burguete, J., & Skhiri, A. (2012). SWAT application in intensive irrigation systems: Model modification, calibration and validation. *Journal of Hydrology* 470-471, 227-238. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.08.055
- Fajri, M., Fauzi, M., & Sandhyavitri, A. (2016). Evaluasi kinerja DAS dan simulasi konservasi menggunakan SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) (Studi kasus: Sub DAS Tapung, Siak, Provinsi Riau). *Jom FTEKNIK*, 3(1), 1-11.
- Freitas, S.R., Hawbaker, T.J., & Metzger, J.P. (2010). Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 259, 410-417.
- James, L.A. & Lecce, S.A. (2013). Impacts of land-use and land-cover change on river systems. *Treatise on Geomorphology*, 9, 768-792. DOI: 10.1016/B978-0-12-374739-6.00264-5
- Jones, J.A., Achterman, G.I., Augustine, L.A, Creed, I.F., Ffolliott, P.F, MacDonald, L., & Wemple, B.C. (2009). Hydrologic effects of a changing forested landscape – challenges for the hydrological sciences. *Hydrol. Process*, (23), 2699-2704. DOI: 10.1002/hyp.7404.
- Junaedi, E., & Tarigan, S.D. (2012). Penggunaan model hidrologi SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) dalam pengelolaan DAS Cisadane. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9(3), 221-237.
- Kabupaten Asahan. (2013). *Rencana tata ruang wilayah Kabupaten Asahan 2011-2030*. Kisaran.
- Lin, Y., Hong, N., Wu, P., Wu, C., & Verburg, P.H. (2007). Impacts of land use change scenarios on hydrology and land use patterns in the Wu-Tu watershed in Northern Taiwan. *Landscape and Urban Planning*, 80, 111-126.
- Moriasi D.N., Arnold, J.G., Van Liew, M.W., Bingner, R.L., Harmel, R.D., & Veith, T.L. (2007). *Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations*. Transaction of the ASABE, 50(3), 885-900.
- Mubarok, Z., Murtalaksono, K., & Wahjunie, E.D. (2015). Kajian respons perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi DAS Way Betung, Lampung. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 4(1), 1-10.
- Nobert, J., & Jeremiah, J. (2012). Hydrological response of watershed sistem to land use/cover change. Acase of Wami River Basin. *The Open Hydrology Journal*, 6, 78-87.

- Nyeko, M., D'Urso, G., & Immerzeel, W.W. (2012). Adaptive simulation of the impact of changes in land use on water resources in the lower Aswa basin. *Journal of Agricultural engineering*, 42, e24.
- Ozturk, M., Coptu, N.K., & Saysel, A.K. (2013). Modeling the impact of land use change on the hydrology of a rural watershed. *Journal of Hydrology*, 497, 97-109.
- Pike R.G., Feller, M.C., Stednick, J.D., Rieberger, K.J., & Carver, M. (2010). Water quality and forest management. In: Pike, R.G., Redding, T.E., Moore, R.D., Winkler, R.D., & Bladon, K.D. (Editors). 2010. *Compendium of Forest Hydrology and Geomorphology in British Columbia*, 2(2). B.C. Min For. Range. For. Sci. Prog. Victoria BD and FORREX Forum for Research and Extention in Natural Resources Kamloops, BC. Land manag. Handb. 66.
- Prasena, A., & Shrestha, D.B.P. (2013). Assessing the effect of Land Use Change on Run Off in Bedog Sub Watershed Yogyakarta. *Indonesian Journal of Geography*, 45(1), 48-61.
- Winkler, R.D., Moore, R.D., Redding, T.D., Spittlehouse, D.L., Smerdon, B.D., & Carlyle-Moses, D.E. (2010). The effect of forest disturbance on hydrologic processes and watershed response. In: Pike, R.G., Redding, T.E., Moore, R.D., Winkler, R.D., & Bladon, K.D. (Editors). 2010. *Compendium of Forest Hydrology and Geomorphology in British Columbia*, 1 (2). B.C. Min For. Range. For. Sci. Prog. Victoria BD and FORREX Forum for Research and Extention in Natural Resources Kamloops, BC. Land manag. Handb. 66.
- Yustika, R.D. (2013). Pengelolaan lahan terbaik hasil simulasi model SWAT untuk mengurangi aliran permukaan di Sub DAS Ciliwung Hulu. Thesis. Sekolah Pasca Sarjana IPB.
- Yusuf, S.M. (2010). Kajian respon perubahan penggunaan lahan terhadap karakteristik hidrologi pada DAS Cirasea menggunakan model MWSAT. Thesis. Sekolah Pasca Sarjana IPB.
- Zhang M., & Wei, X. (2012). The cumulative effects of forest disturbance on streamflow in a large watershed in the central interior of British Columbia, Canada. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss*, 9, 2855-2895. DOI: 10.5194/hessd-9-2855-2012.

UJI LABORATORIUM DAN LAPANG INSEKTISIDA NABATI BIOPROTEKTOR BP-1 TERHADAP TUNGAU PARASIT *Varroa destructor* Anderson & Trueman PADA LEBAH MADU *Apis mellifera* L.

Laboratory and Field Trials of Bio-Insecticide Bioprotektor BP-1 Against Parasitic Mites Varroa destructor Anderson & Trueman on Apis mellifera L. Honey Bees

Kuntadi

Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Kampus Badan Litbang dan Inovasi
Jl. Gunung Batu No. 5 Kotak Pos 165 Bogor 16118, Jawa Barat, Indonesia
Tlp.: (0251) 8633234; Fax. : (0251) 8638111

Email: kundadi10@yahoo.com

*Tanggal diterima: 25 Februari 2016; Tanggal direvisi: 5 Maret 2016; Tanggal disetujui: 6 Juni 2016

ABSTRACT

Bioprotektor BP-1 is a botanical pesticide formulated from clove, lemongrass, and temulawak oils. Previous studies concluded that the pesticide composed of eugenol, citronellal, and xanthorrhizol is the most promising agent to control parasitic mite Varroa destructor compared to several essential oils and bio-insecticides. An experimental research was conducted to determine the effective dose and application method of BP-1 through laboratory and field trials. The efficacy trials in 2 phases followed by application test in the laboratory showed that 10% concentrations of the bio-insecticide given in a dose of 0.25 ml per liter volume resulted V. destructor mortality rate above 50% with low rate on honey bee mortality. Field trials indicated that 10% concentration and spray method were the most prospective procedure in applying BP-1 to control V. destructor in Apis mellifera honey bee colonies.

Keywords: Apis mellifera, application test, botanical insecticide, efficacy test

ABSTRAK

Bioprotektor BP-1 merupakan insektisida nabati berbahan baku minyak cengkeh, serai wangi, dan temulawak. Hasil skrining dan uji toksisitas beberapa jenis minyak atsiri dan insektisida nabati menemukan bahwa insektisida Bioprotektor BP-1 yang berbahan aktif eugenol, sitronellal dan xanthorizol potensial untuk mengendalikan *Varroa destructor* pada lebah madu *Apis mellifera*. Penelitian dilakukan untuk mengetahui dosis efektif dan cara aplikasi insektisida nabati Bioprospektor BP-1 melalui uji aplikasi di laboratorium dan lapang. Hasil uji efikasi dalam 2 tahap dan uji aplikasi di laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi 10% dan dosis 0,25 ml per liter volume sarang menghasilkan tingkat kematian *V. destructor* di atas 50% dengan efek kematian lebah yang rendah. Pengujian lebih lanjut di lapang menunjukkan bahwa konsentrasi 10% dengan metode aplikasi semprot paling prospektif untuk mengendalikan tungau *V. destructor* pada koloni lebah madu *A. mellifera*.

Kata kunci: Apis mellifera, insektisida nabati, uji aplikasi, uji efikasi

I. PENDAHULUAN

Varroa destructor Anderson & Trueman adalah tungau parasit lebah madu yang paling merugikan secara ekonomi pada budidaya *Apis mellifera* di seluruh dunia (Locke, 2012; Martin *et al.*, 2012; Gonzáles-Cabrera *et al.*, 2016), tidak terkecuali di Indonesia (Kuntadi & Andadari, 2013). Upaya pengendalian hama secara kimiawi dalam jangka panjang terbukti menimbulkan

efek resisten pada tungau tersebut (Adjlane *et al.*, 2013; Asha & Sharma, 2014; Goswami *et al.*, 2014; Gonzáles-Cabrera *et al.*, 2016; Kamler *et al.*, 2016) dan residunya berisiko mencemari produk yang dihasilkan dari peternakan lebah madu (Çobanoğlu & Tüze, 2008; Howis & Nowakowski, 2009; Medici *et al.*, 2012; Mahmood *et al.*, 2014; Ostiguy & Eitzer, 2014; Boi *et al.*, 2016).

Akarisida nabati merupakan salah satu bahan alternatif yang potensial digunakan untuk mengendalikan populasi tungau *V. destructor*. Selain ramah lingkungan, akarisida berbahan baku tumbuhan diharapkan tidak akan menimbulkan efek resisten pada organisme target (Mahmood *et al.*, 2014). Beberapa jenis minyak atsiri, misalnya minyak cengkeh dan serai wangi, diketahui memiliki senyawa bioaktif yang dapat berfungsi sebagai pestisida (Asaad & Wilis, 2012; Histo *et al.*, 2014; Kumalasari, 2015). Beberapa diantaranya telah diramu menjadi produk pestisida nabati (Rizal, 2009).

Kuntadi dan Andadari (2013) telah menguji sepuluh jenis minyak atsiri atau insektisida nabati terhadap hama tungau *V. destructor*. Kesepuluh jenis minyak atsiri atau insektisida nabati tersebut yaitu minyak cengkeh (bahan aktif *eugenol*), minyak gandapura (bahan aktif *methyl salisilat*), minyak kayu putih (bahan aktif *sineol*), minyak kayu manis (bahan aktif *sinamaldehida*), minyak serai wangi (bahan aktif *sitronellal*), *peppermint* (bahan aktif *menthol*), cuka kayu (bahan aktif metanol dan asam asetat) dan tiga jenis insektisida nabati hasil produksi Balai Penelitian Perkebunan, yaitu campuran minyak cengkeh, minyak serai wangi dan minyak temulawak (bahan aktif *eugenol*, *sitronellal* dan *xanthorizol*), campuran minyak cengkeh dan minyak kayu manis (bahan aktif *eugenol* dan *sinamaldehida*) dan campuran minyak cengkeh dan minyak serai wangi (bahan aktif *eugenol* dan *sitronellal*). Hasil uji skrining dan uji toksisitas menunjukkan bahwa insektisida nabati yang diformulasikan dari campuran minyak cengkeh, serai wangi dan temulawak adalah bahan yang paling berpeluang digunakan sebagai akarisida dibanding minyak atsiri lainnya, karena kurang toksik terhadap lebah madu tetapi sangat toksik pada tungau *V. destructor*.

Sebagai tindak lanjut dari penelitian tersebut telah dilakukan penelitian untuk mendalami potensi insektisida nabati campuran minyak cengkeh, serai wangi dan temulawak sebagai akarisida dengan melakukan uji efikasi dan uji aplikasi. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan informasi dosis dan metoda aplikasi yang paling efektif untuk mengendalikan tungau *V. destructor* pada koloni lebah madu *A. mellifera*.

II. METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di peternakan lebah Desa Bantarjaya, Kecamatan Rancabungur, Kabupaten Bogor. Desa Bantarjaya termasuk salah satu tempat persinggahan sementara bagi beberapa peternak lebah dalam kegiatan pengembalaan lebah *Apis mellifera*, khususnya pada musim 'paceklik' nektar. Tanaman sumber pakan yang tersedia di Desa Bantarjaya didominasi tanaman jagung yang hanya menghasilkan serbuk sari. Kebutuhan nektar yang menjadi sumber karbohidrat lebah madu digantikan dengan air gula yang diberikan secara rutin. Dalam kondisi musim panceklik populasi koloni cenderung melemah dan serangan tungau *V. destructor* cenderung meningkat.

B. Bahan dan Alat

Bahan penelitian terdiri dari koloni lebah madu *A. mellifera* yang terserang *V. destructor* dan satu jenis insektisida nabati berbahan dasar minyak cengkeh, serai wangi dan temulawak. Insektisida nabati diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatika (Balitro) Bogor, dengan nama produksi Bioprotektor BP-1. Peralatan yang digunakan meliputi perlengkapan kerja perlebahan (pengasap, pakaian pelindung, pengungkit sarang, sikat lebah) dan perlengkapan aplikasi insektisida (sprayer, cawan petri).

C. Prosedur Kerja

Penelitian dilakukan dengan mengadakan uji efikasi dan uji aplikasi insektisida nabati. Uji Efikasi dimaksudkan untuk mendapatkan dosis efektif Bioprotektor BP-1 sebagai akarisida pengendali hama tungau *V. destructor*. Efektivitas akarisida diukur dari seberapa besar kemampuannya mengurangi atau menghilangkan tingkat infeksi tungau. Uji aplikasi dimaksudkan untuk mendapatkan cara aplikasi akarisida yang paling efektif.

1. Pemilihan koloni

Pemilihan koloni dilakukan melalui survei serangan tungau *V. destructor* di peternakan lebah *A. mellifera* guna mendapatkan koloni lebah dengan intensitas serangan yang relatif sama. Survei dilakukan dengan menghitung populasi tungau di lebah pekerja dewasa dan di sarang anakan lebah pada setiap koloni.

Survei tingkat serangan *V. destructor* pada lebah dewasa dilakukan dengan mengambil sampel lebah pekerja dari dalam sarang (sedikitnya tidak kurang dari 100 ekor dari masing-masing koloni percobaan). Sampel lebah pekerja dimasukkan ke dalam botol gelas tembus pandang dan dimatikan dengan alkohol 70%. Setelah semua lebah mati ditambahkan air bersih dan dikocok dengan kencang agar tungau yang menempel di badan lebah terlepas. Setelah itu, satu per satu lebah dikeluarkan dan dihitung jumlahnya. Setelah semua lebah dikeluarkan kemudian diamati dan dihitung jumlah tungau yang tertinggal. Persentase jumlah tungau terhadap jumlah sampel lebah pekerja dinilai sebagai persentase serangan pada masing-masing koloni yang diamati.

Survei tingkat serangan *V. destructor* di sarang anakan dilakukan dengan membuka 100 sel pupa lebah pekerja dari sampel sarang yang diambil secara acak dari setiap koloni percobaan. Jumlah sel yang terserang tungau menunjukkan persentase serangan pada anakan lebah.

2. Uji efikasi

a. Uji *in vitro*

Uji efikasi secara *in vitro* di laboratorium dilakukan dalam 3 tahap, yaitu 2 tahap untuk mendapatkan konsentrasi insektisida nabati yang tepat dan 1 tahap berikutnya untuk mendapatkan dosis efektif. Untuk mendapatkan tingkat konsentrasi yang dikehendaki, insektisida nabati dilarutkan dalam air.

Pada tahap 1 diuji 3 macam perlakuan konsentrasi insektisida nabati, masing-masing yaitu 100%, 50% dan 25%, dibandingkan dengan kontrol yang tidak diberi perlakuan. Pada tahap 2 dilakukan uji coba 3 macam perlakuan konsentrasi, yaitu 20%, 10% dan 5%, dibandingkan dengan kontrol yang tidak diberi perlakuan. Dosis yang digunakan dalam pengujian tersebut semua sama, yaitu 1 ml. Setelah diperoleh konsentrasi terkecil yang efektif selanjutnya dilakukan uji dosis. Pada uji dosis diuji tiga macam dosis insektisida nabati, yaitu 1 ml; 0,5 ml dan 0,25 ml, dibandingkan dengan kontrol yang tidak diberi perlakuan.

Semua uji coba di atas dilakukan mengikuti Rancangan Acak Lengkap dengan ulangan masing-masing sebanyak 3 kali. Dalam percobaan secara *in vitro* di laboratorium digunakan cawan plastik sebagai tempat memelihara lebah dan tungau. Cawan berukuran satu liter dan diberi 3 lubang udara, yaitu 2 lubang masing-masing

berukuran 2 cm x 4 cm di dinding cawan dan satu lubang dengan ukuran 4 cm x 4 cm di bagian tutup cawan. Semua lubang ventilasi ditutup dengan kain kasa halus untuk mencegah keluarnya lebah dan tungau.

Pada setiap percobaan setiap cawan plastik yang menjadi unit percobaan diisi 10 ekor lebah pekerja dewasa yang terserang tungau. Di atas kain kasa pada lobang udara yang berada ditutup cawan diberi kapas yang secara teratur diteteskan larutan gula untuk memberi makan lebah pekerja yang ada di dalamnya. Insektisida nabati diteteskan di kapas yang diletakkan di dasar cawan. Parameter yang diamati yaitu persen kematian lebah pekerja dan persen kematian tungau.

b. Uji lapang

Setelah diketahui konsentrasi dan dosis insektisida nabati yang efektif pada uji *in vitro*, selanjutnya konsentrasi dan dosis tersebut digunakan pada uji lapang. Khusus untuk dosis, volume penggunaan insektisida nabati digandakan menyesuaikan dengan volume kotak lebah berkisar 40 liter.

Uji lapang dilakukan berdasarkan Rancangan Acak Lengkap dengan ulangan sebanyak 3 kali. Unit percobaan adalah koloni lebah madu *A. mellifera* yang dipelihara menggunakan kotak *type Langstroth* berukuran volume 40 liter. Insektisida nabati diteteskan sesuai volume masing-masing perlakuan di gulungan kain kasa yang diletakkan di dasar kotak.

Parameter yang diamati adalah persentase serangan tungau pada lebah pekerja dewasa dan pupa serta persentase kematian anakan lebah. Persentase kematian anakan diamati untuk mengetahui sejauh mana pengaruh negatif penggunaan insektisida nabati. Sebelum dilakukan pemberian perlakuan dipilih secara acak 100 sel sarang yang berisi telur. Sel tersebut digambar dalam sebuah plastik transparan yang diletakkan di salah satu permukaan sarang yang dipilih sebagai sampel dari setiap koloni percobaan. Pada hari ke-9, ke-100 sel sarang tersebut diamati perkembangannya dengan meletakkan plastik transparan yang telah bergambar tersebut di tempat yang sama seperti pada saat letak sel-sel tersebut digambar. Sel sarang yang masih terbuka dihitung sebagai kematian anakan, karena pada hari ke-9 setiap telur seharusnya sudah berkembang menjadi pupa yang tertutup selnya. Persen kematian anakan masing-masing koloni percobaan dihitung berdasarkan jumlah sampel sel yang tidak tertutup.

3. Uji aplikasi

Uji aplikasi dimaksudkan untuk menguji cara pemakaian insektisida nabati yang paling mudah dan efektif untuk mengendalikan *V. destructor*, namun relatif aman bagi lebah madu. Pada uji aplikasi ini dilakukan percobaan tiga cara pemakaian insektisida nabati, yaitu:

- Semprot. Insektisida nabati disemprotkan ke kerumunan lebah pekerja di kedua permukaan setiap sarang lebah di masing-masing koloni uji coba.
- Strip. Potongan bilah tipis ukuran 12 cm x 3 cm x 3 mm (panjang x lebar x tebal) yang sudah dicelupkan ke insektisida nabati diselipkan di antara bingkai-bingkai sarang.
- Fumigasi. Insektisida nabati sebanyak 10 ml diteteskan di kain kasa yang diletakkan di dasar kotak lebah.

Uji aplikasi menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan. Konsentrasi insektisida nabati yang digunakan adalah 10%. Parameter yang diamati dan metode

pengambilan datanya sama dengan yang dilakukan pada uji lapang.

D. Analisis Data

Data dianalisis dengan sidik ragam menggunakan program statistik dengan perangkat lunak JMP dari SAS Institute. Apabila hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan karena perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji Tukey untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Uji efikasi di laboratorium

Uji efikasi secara *in vitro* dimaksudkan untuk menguji konsentrasi dan dosis larutan akarisisida terhadap kematian lebah pekerja dewasa dan tungau. Hasil uji efikasi bioprotektor BP-1 tahap 1 pada berbagai konsentrasi di sajikan pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Persentase kematian lebah pekerja dan tungau pada pemberian insektisida nabati BP-1 dengan konsentrasi 100%, 50%, 25%, 0% dengan dosis 1 ml (*Mortality percentages of worker honey bees and mites after treated with 100%, 50%, 25%, 0% in concentrations of botanical insecticide Bioprotektor BP-1 at 1 ml dose*)

Waktu dan subyek pengamatan (Time and subject of observations)		Mortalitas (Mortality) (%)			
		0%	25%	50%	100%
Jam ke-1 (1 st hour)	Lebah pekerja (Worker bees)	0 ± 0 c	32 ± 16 b	43 ± 11 b	80 ± 10 a
	Tungau (Mites)	10 ± 10 b	77 ± 21 a	83 ± 12 a	100 ± 0 a
Jam ke-2 (2 nd hour)	Lebah pekerja (Worker bees)	0 ± 0 d	58 ± 9 c	76 ± 5 b	98 ± 2 a
	Tungau (Mites)	10 ± 10 b	97 ± 6 a	90 ± 17 a	100 ± 0 a

Keterangan (Remarks): Nilai rata-rata diikuti huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% (*The mean values followed by the same letter at the same row are not significantly different at 5%*)

Hasil analisis data menunjukkan adanya pengaruh perlakuan yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap tingkat kematian lebah maupun tungau. Pada satu jam pertama tingkat kematian tungau di atas 50% untuk ketiga konsentrasi insektisida nabati, dimana tidak ada perbedaan antara rata-rata tingkat kematian tungau pada perlakuan konsentrasi 25%, 50%, dan 100%. Meskipun tingkat kematian lebah lebih rendah dibanding kematian tungau, namun seiring berjalannya waktu, tingkat kematian lebah semakin meningkat sebagaimana juga terjadi pada tungau. Hal ini terlihat pada pengamatan jam ke 2, dimana pada perlakuan dengan konsentrasi terkecil (25%) tingkat kematian lebah sudah di atas 50%. Hasil

percobaan tahap awal ini menunjukkan bahwa konsentrasi insektisida nabati yang digunakan masih terlalu toksik bagi spesies bukan target.

Hasil uji efikasi tahap 2 dengan konsentrasi insektisida nabati yang lebih kecil (konsentrasi 20%, 10%, 5% dan 0%) dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa konsentrasi 10% menghasilkan tingkat kematian yang masih cukup tinggi pada tungau, namun relatif rendah pada lebah pekerja dewasa. Oleh karena itu, konsentrasi 10% digunakan sebagai tolok ukur untuk pengujian lebih lanjut, yaitu uji dosis efektif insektisida nabati.

Tabel (Table) 2. Persentase kematian lebah pekerja dan hama tungau pada pemberian insektisida nabati Bioprotektor BP-1 dengan konsentrasi 20%, 10%, 5%, 0%, dosis 1 ml (*Mortality percentages of worker honey bees and mites after being treated with 20%, 10%, 5%, 0% in concentrations of botanical insecticide Bioprotektor BP-1 at 1 ml dose*)

Waktu dan subyek pengamatan (Time and subject of observations)		Mortalitas (Mortality) (%)			
		0%	5%	10%	20%
Jam ke-1 (1 st hour)	Lebah pekerja (Worker bees)	0 ± 0 a	0 ± 0 a	3 ± 5 a	26 ± 25 a
	Tungau (Mites)	0 ± 0 b	3 ± 6 b	40 ± 10 a	40 ± 20 a
Jam ke-2 (2 nd hour)	Lebah pekerja (Worker bees)	0 ± 0 a	1 ± 2 a	26 ± 11 a	36 ± 35 a
	Tungau (Mites)	0 ± 0 b	10 ± 10 b	67 ± 25 a	63 ± 21 a
Jam ke-3 (3 rd hour)	Lebah pekerja (Worker bees)	0 ± 0 b	1 ± 2 b	40 ± 17 a	47 ± 32 a
	Tungau (Mites)	0 ± 0 b	13 ± 6 b	77 ± 32 a	70 ± 30 a

Keterangan (Remarks): Nilai rata-rata diikuti huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% (*The mean values followed by the same letter at the same row are not significantly different at 5%*)

Uji dosis dimaksudkan untuk mengetahui dosis terkecil pada tingkat konsentrasi larutan insektisida nabati yang juga terkecil tetapi masih cukup efektif untuk mengendalikan tungau. Dosis yang digunakan selama uji efikasi tahap 1 dan 2, yakni sebanyak 1 ml, dipakai sebagai dosis tertinggi pada uji dosis yang dilakukan. Pada uji dosis digunakan empat perlakuan, terdiri dari 1 ml; 0,5 ml; 0,25 ml dan 0 ml (kontrol). Data pengamatan persentase kematian lebah pekerja dan tungau setelah pemberian perlakuan tertera pada Tabel 3.

Hasil analisis data menunjukkan dosis 0,25ml paling berpeluang sebagai tolok ukur untuk digunakan dalam pengendalian tungau *V. destructor* menggunakan insektisida nabati Bioprotektor BP-1. Hal ini ditunjukkan oleh tingkat kematian yang tinggi pada tungau, namun sangat rendah

efeknya terhadap lebah pekerja dewasa sebagai ditunjukkan nilai rata-rata mortalitas kedua parameter yang diamati pada jam ke-18.

2. Uji efikasi di lapangan

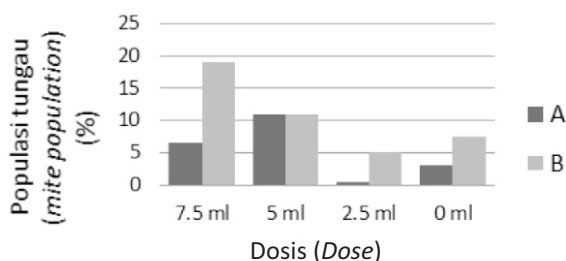
Dengan hasil di atas maka uji lapang tahap 1 dilakukan untuk menguji dosis tersebut (0,25 ml per l) sebagai tolok ukur dosis tertinggi setelah disesuaikan dengan ukuran kotak lebah yang volumenya sekitar 40 liter. Pada percobaan lapangan tahap 1 diuji 3 macam dosis, yaitu 7,5 ml, 5 ml dan 2,5 ml, dengan konsentrasi 10%. Penggunaan dosis 7,5 ml sebagai dosis tertinggi dihitung berdasarkan hasil perkalian dosis efektif hasil uji laboratorium (0,25 ml) dengan volume kotak lebah setelah dikurangi perkiraan volume sarang dan lebah.

Tabel (Table) 3. Persentase kematian lebah pekerja dan tungau pada pemberian insektisida nabati BP-1 dengan dosis 1 ml, 0,5 ml, 0,25 ml dan 0 ml, konsentrasi 10% (*Mortality percentages of worker honey bees and mites after treated with 1 ml, 0,5 ml, 0,25 ml and 0 ml in doses of botanical insecticide Bioprotektor BP-1 at 10% concentration*)

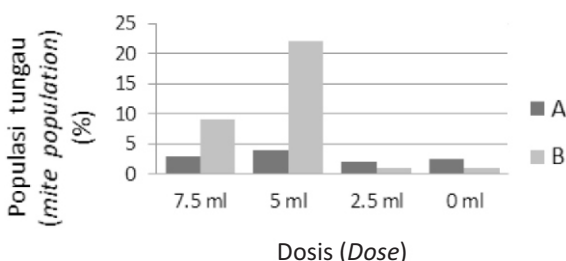
Waktu dan subyek pengamatan (Time and subject of observations)		Mortalitas (Mortality) (%)			
		0ml	0,25ml	0,5ml	1,0ml
Jam ke-1 (1 st hour)	Lebah pekerja (Worker bees)	2 ± 3 a	0 ± 0 a	3 ± 3 a	10 ± 9 a
	Tungau (Mites)	0 ± 0 b	7 ± 12 b	50 ± 26 a	87 ± 5 a
Jam ke-2 (2 nd hour)	Lebah pekerja (Worker bees)	3 ± 3 a	0 ± 0 a	6 ± 2 a	15 ± 6 a
	Tungau (Mites)	0 ± 0 c	10 ± 0 c	53 ± 23 b	93 ± 6 a
Jam ke-18 (18 th hour)	Lebah pekerja (Worker bees)	5 ± 5 b	9 ± 13 b	60 ± 5 a	59 ± 13 a
	Tungau (Mites)	10 ± 10 b	80 ± 0 a	77 ± 21 a	97 ± 6 a

Keterangan (Remarks): Nilai rata-rata diikuti huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% (*The mean values followed by the same letter at the same row are not significantly different at 5%*)

Hasil uji efikasi insektisida nabati di lapangan tahap 1 menunjukkan tidak adanya penurunan populasi tungau setelah pemberian perlakuan, bahkan ada kecenderungan peningkatan populasi baik yang ada di lebah dewasa maupun di dalam sarang anakan (Gambar 1 dan 2). Tampaknya dosis yang digunakan tidak efektif untuk menurunkan populasi tungau. Hasil ini jauh berbeda dengan hasil uji laboratorium, dimana pemberian perlakuan menghasilkan efek yang berbeda terhadap kontrol.



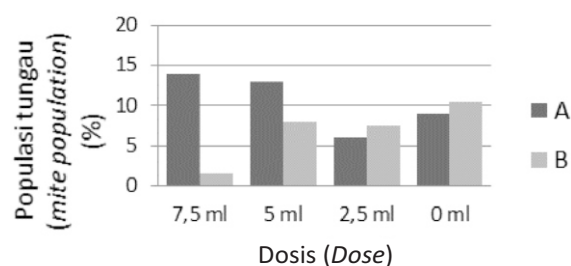
Gambar (Figure) 1. Populasi tungau pada lebah pekerja sebelum (A) dan sesudah (B) perlakuan dosis insektisida nabati dengan konsentrasi 10% (*Population of phoretic mites before (A) and after (B) treatment with 4 doses of botanical insecticide at 10% concentration*)



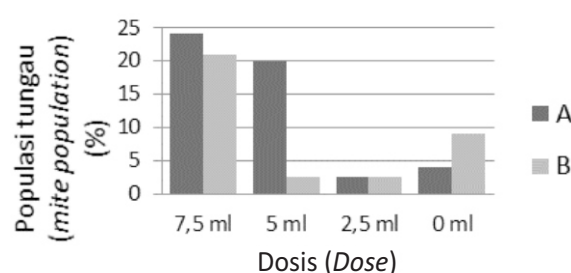
Gambar (Figure) 2. Populasi tungau pada sel sarang sebelum (A) dan sesudah (B) perlakuan dosis insektisida nabati dengan konsentrasi 10% (*Mite population in worker brood before (A) and after (B) treatment with 4 doses of botanical insecticide at 10% concentration*)

Mengingat pada saat uji efikasi insektisida nabati di laboratorium data pengamatannya menunjukkan tidak ada perbedaan antara konsentrasi 10% dengan konsentrasi 20% (Tabel 2), maka uji lapang dilanjutkan ke tahap 2 dengan meningkatkan konsentrasi insektisida nabati yang digunakan. Uji lapang tahap 2 dilakukan

dengan dosis yang sama dengan tahap 1, namun konsentrasinya ditingkatkan menjadi 20%. Hasil pengujian sebagaimana terlihat pada Gambar 3 dan 4. Hasil uji coba menunjukkan penurunan populasi tungau pada penggunaan dosis 7,5 ml dan 5 ml, baik tungau yang ada di lebah pekerja dewasa maupun yang ada di dalam sel sarang anakan lebah. Sementara untuk dosis 2,5 ml dan kontrol yang tidak diberi perlakuan justru terjadi peningkatan populasi tungau.



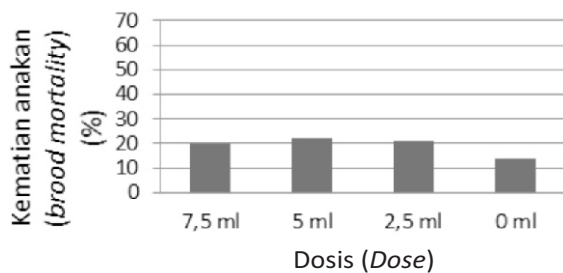
Gambar (Figure) 3. Populasi tungau pada lebah pekerja sebelum (A) dan sesudah (B) perlakuan dosis insektisida nabati dengan konsentrasi 20% (*Population of phoretic mites before (A) and after (B) treatment with 4 doses of botanical insecticide at 20% concentration*)



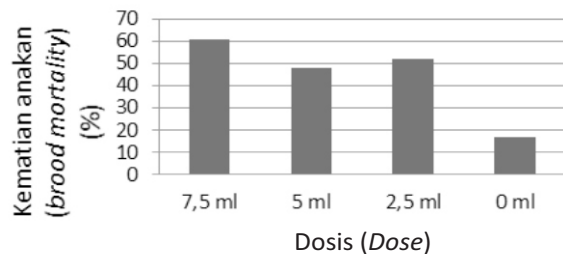
Gambar (Figure) 4. Populasi tungau pada sel sarang sebelum (A) dan sesudah (B) perlakuan dosis insektisida nabati dengan konsentrasi 20% (*Mite population in worker brood before (A) and after (B) treatment with 4 doses of botanical insecticide at 20% concentration*)

Apabila dibandingkan dengan hasil uji coba tahap 1 yang menggunakan konsentrasi 10%, maka konsentrasi 20% memperlihatkan hasil yang lebih prospektif. Namun apabila keduanya dibandingkan menurut tingkat kematian anakan yang dapat ditimbulkannya, maka konsentrasi 20% jauh lebih berbahaya pada anakan lebah

(Gambar 5 dan 6). Tingkat kematian anakan pada perlakuan dengan konsentrasi 10% rata-rata hanya sekitar 20%, sedikit di atas tingkat kematian anakan dari koloni kontrol yang tidak diberi perlakuan (rata-rata sekitar 13%). Sementara pada perlakuan dengan konsentrasi 20% tingkat kematian anakan lebah sekitar 50%, bahkan untuk dosis 7,5 ml di atas 60%. Dengan tingkat kematian yang sangat tinggi, maka penggunaan insektisida nabati Bioprotektor BP-1 dengan konsentrasi 20% akan menghambat perkembangan populasi lebah.



Gambar (Figure) 5. Kematian anakan lebah pada perlakuan dosis insektisida nabati dengan konsentrasi 10% (Brood mortality after treated with 4 doses of botanical insecticide at 10% concentration)



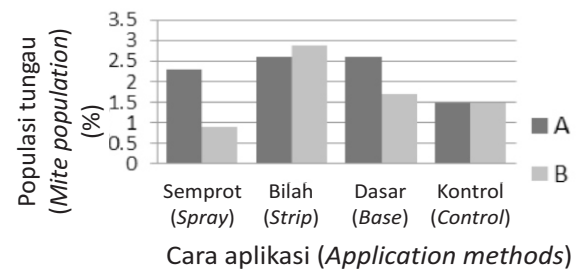
Gambar (Figure) 6. Kematian anakan lebah pada perlakuan dosis insektisida nabati dengan konsentrasi 20% (Brood mortality after treated with 4 doses of botanical insecticide at 20% concentration)

3. Uji aplikasi

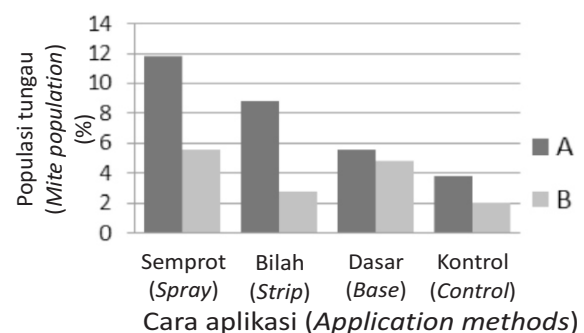
Berdasarkan pertimbangan bahwa konsentrasi insektisida nabati Bioprotektor sebesar 20% beresiko pada kematian anakan lebah yang cukup tinggi, maka uji aplikasi tetap menggunakan konsentrasi 10% karena ada kemungkinan bahwa tidak bekerjanya insektisida nabati pada tahap uji lapangan berhubungan dengan metode aplikasi yang digunakan. Pemberian insektisida nabati di dasar kotak dengan konsentrasi yang kecil diduga menyebabkan tidak bekerjanya fungsi akarisida secara baik. Sebagaimana diketahui, zat aktif insektisida bekerja melalui beberapa cara antara

lain kontak, penguapan, repelen dan lain-lain (Arshad *et al.*, 2014; Zoubiri & Baaliouamer, 2014). Oleh karena itu, penggunaan konsentrasi 10% masih berpeluang dapat bekerja secara efektif apabila diaplikasikan secara tepat.

Hasil uji aplikasi menggunakan cara semprot, strip dan fumigasi di dasar kotak menunjukkan bahwa konsentrasi 10% dengan metode aplikasi semprot cukup efektif menurunkan populasi tungau, baik yang ada di lebah pekerja dewasa maupun sel sarang anakan (Gambar 7 dan Gambar 8). Sementara aplikasi menggunakan strip terlihat cukup efektif menurunkan populasi tungau di sel sarang, tetapi tidak terlihat cukup baik untuk tungau yang ada di lebah dewasa. Hal ini kemungkinan disebabkan dosis insektisida di strip relatif kecil, yaitu sekitar 1 ml untuk setiap strip. Dengan demikian penggunaan strip dalam jumlah yang lebih banyak ada kemungkinan akan memberikan hasil yang lebih baik untuk pengendalian hama *V. destructor*.



Gambar (Figure) 7. Populasi tungau di lebah pekerja sebelum (A) dan sesudah (B) perlakuan cara aplikasi insektisida nabati (Population of phoretic mites before (A) and after (B) treatment with 4 different methods of pesticide application)



Gambar (Figure) 8. Populasi tungau di sel sarang anakan lebah sebelum dan sesudah (B) perlakuan cara aplikasi insektisida nabati (Mite population in worker brood cells before and after treatment with 4 different methods of pesticide application)

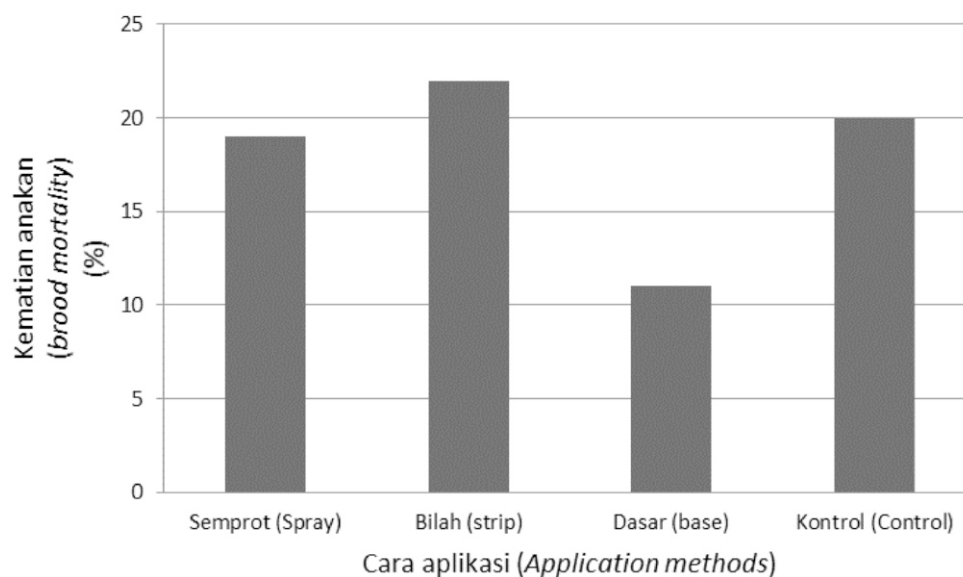
Hasil uji aplikasi di atas, metode semprot dapat digunakan untuk aplikasi insektisida nabati Bioprotektor BP-1 pada koloni lebah madu. Selain mampu menurunkan populasi tungau yang ada di dalam sel sarang dan yang menempel di lebah pekerja, metode aplikasi ini juga relatif aman bagi anakan lebah. Gambar 9 bahwa tingkat kematian anakan lebah madu relatif rendah pada metode aplikasi semprot.

B. Pembahasan

Hama tungau *V. destructor* masih menjadi persoalan penting di dalam budidaya lebah madu *A. mellifera*. Serangan hama ini dan infeksi virus yang menyertainya diduga kuat ikut andil terjadinya peristiwa *colony collapse disorder* (CCD) di berbagai belahan dunia yang telah mengakibatkan musnahnya sebagian besar koloni *A. mellifera* yang dibudidayakan (González-Cabrera *et al.*, 2016). Mengutip data Kementerian Kehutanan tahun 1997, Kuntadi & Andadari (2013) mengatakan bahwa Indonesia pernah mengalami kehilangan sekitar 50-60% populasi koloni *A. mellifera* pada pertengahan tahun 1990-an akibat ledakan hama *V. destructor*. Meskipun *outbreak* sejenis tidak terjadi lagi, namun serangan hama tungau terus terjadi di peternakan lebah dan tetap menjadi ancaman serius bagi kegiatan budidaya *A. mellifera* di Indonesia (Widyasari, 2006; Budiwijono, 2012;

Widiarti & Kuntadi, 2012; Kuntadi & Andadari, 2013).

Peternak *A. mellifera* pada umumnya melakukan pengobatan secara rutin sebagai upaya untuk meminimalisir dampak kerusakan koloni lebah akibat hama tungau. Jenis pestisida yang digunakan antara lain Apistan™ dan Mavrik™ dengan bahan aktif masing-masing yakni fluvalinate dan amitraz (Kuntadi & Andadari, 2013). Beberapa tahun terakhir digunakan Rotraz 200 EC (Budiwijono, 2012) setelah kedua obat pestisida terdahulu tidak tersedia lagi di pasaran. Rotraz 200 EC adalah insektisida atau akarasisida kontak dengan bahan aktif amitraz yang biasa digunakan di pertanian untuk membasmi kutu dan hama serangga. Teknik pengobatan lainnya yakni menggunakan campuran kapur barus (kamper) dan belerang (sulfur). Tampaknya pengobatan yang dilakukan peternak cukup efektif menekan perkembangan hama (Widiarti & Kuntadi, 2012), meskipun rutinitas pengobatan diakui banyak peternak (komunikasi pribadi) mulai menampilkan munculnya gejala resistensi. Secara empirik, gejala resistensi *V. destructor* pada bahan kimia tertentu seperti amitraz dan lain-lain sudah terdeteksi di berbagai hasil penelitian (Maggi *et al.*, 2009; Maggi *et al.*, 2010). Oleh sebab itu diperlukan bahan-bahan baru yang, di satu sisi, dapat secara efektif mengontrol perkembangan hama dan di sisi lain, relatif tidak meninggalkan



Gambar (Figure) 9. Tingkat kematian anakan lebah setelah perlakuan insektisida nabati BP-1 konsentrasi 10% dengan 4 metode aplikasi (*Brood mortality of honey bees after treated with 10% concentration of bio-insecticide BP-1 in 4 different methods of application*)

residu yang dapat mencemari produk-produk perlebahan. Minyak atsiri termasuk bahan yang layak dipertimbangkan mengingat banyak di antaranya dapat berfungsi sebagai pestisida (El-Zemity *et al.*, 2006). Minyak atsiri bersifat volatile dan mudah terdegradasi dengan toksisitas rendah sehingga zat aktif di dalamnya diharapkan tidak menjadi bahan pencemar yang membahayakan (Hartati, 2012; Arshad *et al.*, 2014).

Berbagai jenis minyak atsiri dan insektisida nabati telah diuji coba untuk mengendalikan hama *V. destructor* (Qayyoom *et al.*, 2013; Goswami *et al.*, 2014; Mahmood *et al.*, 2014; Ruffinengo *et al.*, 2014; Azis *et al.*, 2015), banyak diantaranya memperlihatkan prospek yang baik. Kuntadi dan Andadari (2013) telah menguji beberapa jenis minyak atsiri dan insektisida nabati dan menyatakan bahwa insektisida nabati yang disintesis dari minyak cengkeh, serai wangi dan temulawak merupakan bahan yang paling prospektif digunakan untuk mengendalikan tungau *V. destructor*. Insektisida nabati yang sama digunakan dalam penelitian ini untuk mencari dosis dan konsentrasi yang tepat serta cara aplikasi yang sesuai.

Insektisida nabati Bioprotektor BP-1 mengandung zat aktif *eugeno*, sitronellal dan xanthorizol yang berasal dari minyak cengkeh, serai wangi dan temulawak (Rizal, 2009). Bioprotektor BP-1 antara lain berfungsi sebagai insektisida (obat anti serangga) dan akarisisida (obat anti tungau) dengan organisme pengganggu tanaman (OPT) sasaran antara lain thrips, kutu, tungau. Hasil uji efikasi secara *in vitro* menunjukkan bahwa pada konsentrasi di atas 25% BP-1 memiliki daya racun yang tinggi pada organisme target (*V. destructor*) maupun non target (lebah pekerja *A. mellifera*) (Tabel 1). Kekuatan fungsi BP-1 sebagai pestisida juga terlihat pada Tabel 3 dimana kematian organisme target dan non target masih cukup tinggi pada saat dosis yang diberikan di atas 0,25 ml per l dengan konsentrasi relatif rendah (< 20%), walaupun membutuhkan waktu yang lebih lama. Uji coba pada hama lain juga memperlihatkan bahwa aplikasi Bioprotektor BP-1 mampu menekan tingkat serangan hama, antara lain penggerek batang *Helopeltis antonii* dan *Conopomorpha cramerella* pada tanaman kakao (Willis *et al.*, 2010; Asaad & Willis, 2012) dan hama *Crociodolomia binotalis* pada tanaman brokoli (Willis *et al.*, 2013).

Kemampuan BP-1 menekan serangan hama tampaknya sangat ditentukan oleh kandungan zat aktif eugenol dan sitronellal dari minyak cengkeh

dan serai wangi yang menjadi bahan utamanya. Beberapa penelitian sebelumnya membuktikan bahwa ke dua zat aktif tersebut mempunyai daya bunuh dan daya tolak terhadap beberapa jenis organisme pengganggu tanaman seperti serangga, nematoda, fungi, tungau (Wiratno, 2008; Balfas & Willis, 2009; Djiwanti & Wiratno, 2011; Wiratno, 2011; Kuntadi & Andadari, 2013). Komponen lainnya di dalam insektisida nabati BP-1 yakni xanthorizol yang berasal dari ekstrak rimpang temulawak dikenal memiliki sifat antimikroba (Rukayadi *et al.*, 2006; Handayani *et al.*, 2007; Djiwanti & Wiratno, 2011; Sundararajan *et al.*, 2014).

Meskipun dalam uji *in vitro* menunjukkan hasil positif, namun aplikasi BP-1 membutuhkan konsentrasi larutan yang lebih tinggi daripada dosis anjuran (5 ml per l air). Pada uji aplikasi BP-1 secara *in vitro* diperlukan konsentrasi di atas 10% dengan dosis 1 ml untuk dapat menghasilkan kematian tungau *V. destructor* di atas 50% (Tabel 2). Pada uji lapang, hasil positif BP-1 sebagai akarisisida juga baru terlihat pada saat konsentrasi yang digunakan sebesar 20% (Gambar 3 dan Gambar 4), namun dengan resiko kematian yang tinggi pada lebah (Gambar 5 dan Gambar 6). Hal ini tampaknya disebabkan karena pada uji efikasi di laboratorium maupun di lapang BP-1 diaplikasikan sebagai insektisida *fumigant*, sementara dosis anjuran 5 ml per l air atau setara dengan konsentrasi larutan 0,5% yakni untuk penggunaan melalui cara semprot sebagai racun kontak atau sistemik. Hasil uji aplikasi membuktikan hal tersebut, dimana aplikasi BP-1 sebagai racun kontak dengan metoda semprot lebih tinggi daya racunnya daripada diaplikasikan sebagai *fumigant* baik dengan cara strip yang diletakkan diantara bingkai sarang maupun yang diletakkan di dasar kotak sarang (Gambar 7 dan Gambar 8). Tampaknya bioaktifitas eugenol, sitronellal dan xanthorizol yang termasuk memiliki sifat sebagai racun sistemik atau kontak untuk hama tertentu (Deletre *et al.*, 2013; Kumalasari, 2015) menjadikan metoda semprot lebih efektif untuk aplikasi insektisida Bio-protektor BP-1.

Meskipun hasil penelitian ini memberikan gambaran positif terhadap potensi Bioprotektor BP-1 untuk mengendalikan tungau *V. destructor* pada koloni lebah madu *A. mellifera*, namun sedikitnya ada 2 tantangan yang perlu dicari-jalan keluar dalam penggunaan pestisida nabati. Pertama, bahan baku dan kandungan pestisida nabati umumnya merupakan senyawa volatile dan mudah terdegradasi di alam (Hartati, 2012;

Arshad *et al.*, 2014) dan cenderung tidak stabil serta tidak bertahan lama pada sarang lebah yang bersifat lipofilik (Girisgin *et al.*, 2014), sehingga daya bunuh atau daya tolak yang dimiliki menjadi sangat terbatas dengan jangka waktu yang relatif pendek. Sebagai contoh, eugenol dari minyak cengkeh hanya bertahan antara 2-3 minggu di lilin sarang lebah (Girisgin *et al.*, 2014). Dengan demikian efektivitasnya menjadi berkurang mengingat keberadaan tungau *V. destructor* di dalam koloni lebah tidak hanya menempel (foretik) di lebah dewasa, tetapi juga bereproduksi di dalam sel pupa yang tertutup. Menurut Medici *et al.* (2015), agar suatu akarisida efektif digunakan untuk mengendalikan *V. destructor* di dalam koloni lebah maka akarisida tersebut harus dapat bertahan selama 45 hari di dalam stup (*hive*).

Persoalan kedua berkaitan dengan penggunaan insektisida nabati pada lebah madu adalah potensi cemaran pada produk perlebahan. Penggunaan metoda semprot membawa konsekuensi yang lebih besar kepada potensi cemaran pada produk lebah madu mengingat aplikasinya secara langsung mengena sarang lebah di mana terdapat madu dan serbuk sari yang merupakan bahan pangan. Meskipun insektisida nabati tergolong ramah lingkungan dan memiliki daya racun rendah pada manusia dan mamalia (Girisgin *et al.*, 2014), namun pada umumnya memiliki aroma dan rasa yang kuat, sehingga residu yang ditinggalkan sekurangnya dapat mengganggu keaslian rasa dan aroma madu. Mengingat hal tersebut, pemanfaatan BP-1 sebagai akarisida untuk pengendalian tungau *V. destructor* masih memerlukan kajian lebih dalam khususnya berkaitan dengan waktu dan cara aplikasi supaya di satu sisi penggunaannya lebih efektif dan di sisi lain potensi cemarannya dapat diminimalisir.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Uji efikasi insektisida nabati Bioprotektor BP-1 dengan bahan aktif eugenol, sitronellal dan xanthozol dan uji dosis secara *in vitro* di laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi 10% dan dosis 0,25 ml per liter volume sarang menghasilkan tingkat kematian *V. destructor* di atas 50% dengan efek kematian individu lebah pekerja yang rendah. Pengujian lapang menunjukkan bahwa konsentrasi 10% dengan metode aplikasi semprot paling efektif untuk

mengurangi populasi tungau *V. destructor* pada koloni lebah madu *A. mellifera* daripada 2 metode aplikasi lainnya yakni fumigasi dan strip dengan resiko kematian anakan lebah yang relatif kecil.

Hasil tersebut di atas memperlihatkan bahwa metode aplikasi sangat menentukan efektifitas dari penggunaan insektisida nabati pada tingkat konsentrasi dan dosis yang sama. Pada insektisida nabati Bioprotektor BP-1 yang diformulasikan dari minyak cengkeh, serai wangi dan rimpang temulawak, penerapannya sebagai racun kontak melalui aplikasi semprot langsung pada sarang dan lebah memperlihatkan hasil yang cukup prospektif untuk digunakan sebagai obat pengendali tungau parasit *V. destructor* pada koloni lebah madu *A. mellifera*.

B. Saran

Perlu kajian lebih mendalam berkaitan dengan metode aplikasi Bioprotektor BP-1 agar bioaktivitasnya memiliki waktu efektif yang lebih lama, sehingga dapat dihindari aplikasi berlebihan secara berulang-ulang untuk memperoleh hasil yang optimal. Penggunaan mikrokapsul dapat dipertimbangkan untuk dikaji sebagai alternatif metode aplikasi Bioprotektor BP-1 untuk pengendalian tungau *V. destructor* pada koloni lebah madu *A. mellifera*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada jajaran manajemen Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga Penulis sampaikan kepada teknisi dan petugas pengelola ternak lebah sdr. Suminta yang telah membantu dalam pengumpulan data di lapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjlane, N., Doumandji, S.E., & Haddad, N. (2013). *Varroa destructor* resistance to fluvalinate in Algeria. *Trends Entomol*, 12, 123-125.
- Arshad, Z., Hanif, M.A., Qadri, R.W.K., & Khan, M.M. (2014). Role of essential oils in plant diseases protection: A review. *International J. of Chem. And Biochem. Sci.*, 6, 11-17.
- Asaad, M., & Wilis, M. (2012). Kajian pestisida nabati yang efektif terhadap hama penggerek buah

- kakao (PBK) pada tanaman kakao di Sulawesi Selatan. *Suara Perlindungan Tanaman*, 2(2), 24-34.
- Asha, R.G., & Sharma, S.K. (2014). Comparative evaluation of oxalic acid and formic acid against *Varroa destructor* Anderson and Trueman in *Apis mellifera* L. colonies. *J. Entomology and Zoology Studies*, 2(4), 119-124.
- Azis, M.A., Azeem, M., Ahmed, M.S., Siddique, F., & Jamal, M. (2015). Control of *Varroa destructor* Anderson and Trueman (Acari: Varroidae) on *Apis mellifera* Linnaeus by using thymol and formic acid in Pothwar region of Punjab, Pakistan. *Asian J. Agri Biol.*, 3(4), 150-154.
- Balfas, R., & Willis, M. (2009). Pengaruh ekstrak tanaman obat terhadap mortalitas dan kelangsungan hidup *Spodoptera litura* (Lepidoptera, Noctuidae). *Bul. Littro.*, 20(2), 148-156.
- Boi, M., Serra, G., Colombo, R., Lodesani, M., Massi, S., & Costa, C. (2016). A 10 year survey of acaricide residues in beeswax analysed in Italy. *Pest Manag. Sci.* 72: 1366-1372.
- Budiwijono, T. (2012). Identifikasi produktifitas koloni lebah *Apis mellifera* melalui mortalitas dan luas eraman pupa di sarang pada daerah dengan ketinggian berbeda. *Jurnal Gamma*, 7(2), 111-123.
- Çobanoğlu, S., & Tüze, Ş. (2008). Determination of amitraz (varroaset) in honey by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). *Tarim Bilimleri Dergisi*, 14(2), 169-174.
- Deletre, E., Martin, T., Campagne, P., Bourguet, D., Cady, A., Menut, C., Bonafos, R., & Chandre, F. (2013). Repellent, irritant, and toxic effects of 20 plant extracts on adults of the malaria *Anopheles gambiae* mosquito. *PLOS one*, 12(8), e82103, doi:10.1371/journal.pone.0082103.
- Djiwanti, S.R., & Wiratno. (2011). Evaluasi pemanfaatan formula pestisida nabati cengkeh dan serai wangi untuk pengendalian busuk rimpang jahe > 50%. Di dalam *Prosiding Seminar Nasional Pestisida Nabati IV Jakarta 15 Oktober 2011*. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor, 213-222.
- El-Zemity, S.R., Rezk, H.A., & Zaitoon, A.A. (2006). Acaricidal activity of some essential oils and their monoterpenoid constituents against the parasitic mites, *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *J. of Applied Science Research*, 2(11), 1032-1036.
- Girisgin, A.O., Barel, S., Zilberman-Barzilai, D., & Girisgin, O. (2014). Determining the stability of clove oil (eugenol) for use as an acaricide in beeswax. *Israel J. of Veterinary Medicine*, 69(4), 192-196.
- González-Cabrera, J., Rodríguez-Vargas, S., Davies, T.G.E., Field, L.M., Schmehl, D., Ellis, J.D., Krieger, K., & Williamson, M.S. (2016). Novel mutations in the voltage-gated sodium channel of pyrethroid-resistant *Varroa destructor* populations from the southeastern USA. *PLoS ONE*, 11(5), e0155332. Doi:10.1371/journal.pone.0155332.
- Goswami, V., Srivastava, P., & Khan, M.S. (2014). Efficacy of essential oils against *Varroa destructor* infesting *Apis mellifera* Linn. colonies and their impact on brood development. *J. of Applied and Natural Science*, 6(1), 27-34.
- Handayani, T., Sakinah, S., Nallappan, L., & Pihie, A.H.L. (2007). Regulation of p53-, Bcl-2-, and caspase-dependent signaling pathway in xanthorizol-induced apoptosis of HepG2 hepatoma cells. *Anticancer Research* 27, 965-972.
- Hartati, S.Y. (2012). Prospek pengembangan minyak atsiri sebagai pestisida nabati. *Perspektif* 11(1): 45-58.
- Histo, D.M., Utomo, E.P., & Himawan, T. (2014). Kajian secara *in silico* terhadap potensi eugenol dan sitronelal sebagai pestisida nabati untuk pengendalian serangga *Helopeltis antonii*. *Kimia Student J.*, 2(2), 562-568.
- Howis, M., & Nowakowski, P. (2009). *Varroa destructor* removal efficiency using bee vital hive clean preparation. *J. of Apicultural Science*, 35(2), 15-20.
- Kampller, M., Nesvorna, M., Stara, J., Erban, T., & Hubert, J. (2016). Comparison of tau-fluvalinate, acrinathrin, and amitraz effects on susceptible and resistance populations of *Varroa destructor* in a vial test. *Experimental and Applied Acarology*, 69(1), 1-9.
- Kumalasari, A.N. (2015). Analisis probiotik untuk menentukan pestisida nabati yang efektif bagi *Crociodolamia pavonana*. Thesis S1. Departemen Statistika, Fak. MIPA, IPB.
- Kuntadi & Andadari, L. (2013). Aktivitas akarisisida beberapa minyak atsiri, insektisida nabati dan cuka kayu terhadap *Varroa destructor* Anderson & Trueman. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(1), 33-42.
- Locke, B. (2012). Host-parasite adaptations and interaction between honey bees, varroa mites, and viruses. Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Science, Uppsala, Sweden.

- Maggi, M., Ruffinengo, S., Damiani, N., Sardella, N., & Eguaras, M. (2009). First detection of *Varroa destructor* resistance to coumaphos in Argentina. *Experimental and Applied Acarology*, 47, 317-320.
- Maggi, M., Ruffinengo, S., Negri, P., & Eguaras, M. (2010). Resistance phenomena to amitraz from populations of the ectoparasitic mite *Varroa destructor* of Argentina. *Parasitology Research*, 107, 1189-1192.
- Mahmood, R., Asad, S., Raja, S., Mohsin, A.U., Wagchoure, E.S., Sarwar, G., Islam, N., & Ahmad, W. (2014). Control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) by using plant oils and extract. *Pakistan J. Zool.*, 46(3), 609-615.
- Martin, S.J., Highfield, A.C., Brettell, L., Villalobos, E.M., Budge, G.C., Powell, M., Nikaido, S., Schroeder, D.C. (2012). Global honey bee viral landscape altered by a parasitic mite. *Science*, 336, 1304-1306.
- Medici, S.K., Castro, K., Sarlo, E.G., Marioli, J.M., & Eguaras, M.J. (2012). The concentration effect of selected acaricides present in beeswax foundation on the survival of *Apis mellifera* colonies. *J. of Apic. Res.*, 51(2), 164-168.
- Ostiguy, N., & Oitzer, B. (2014). Overwintered brood comb honey: colony exposure to pesticide residues. *J. of Apicultural Research*, 53(3), 413-421.
- Qayyoom, M.A., Khan, B.S., & Bashir, M.H. (2013). Efficacy of plant extracts against honey bee mite, *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *World J. of Zoology* 8(2), 2012-2016.
- Rizal, M. (2009). Produk pestisida nabati berbasis minyak atsiri. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor. *Info Tek Perkebunan*, 1(12), 47.
- Ruffinengo, S.R., Maggi, M.D., Fuselli, S., De Piano, F.G., Negri, P., Brasesco, C., Satta, A., Floris, I., & Eguaras, M.J. (2014). Bioactivity of microencapsulated essential oils and perspective of their use in the control of *Varroa destructor*. *Bulletin of Insectology*, 67(1), 81-86.
- Rukayadi, Y., Yong, D., & Hwang, J.K. (2006). In vitro anticandidal activity of xanthorizol isolated from *Curcuma xanthorrhiza* Rozb. *J. of Antimicrobial Chemotherapy* 57, 1231-1234.
- Sundararajan, R., Bharampuram, A., & Koduru, R. (2014). A review on phytoconstituents for nephroprotective activity. *Pharmacophore* 5(1), 160-182.
- Widiarti, A. & Kuntadi. (2012). Budidaya lebah madu *Apis mellifera* L. oleh masyarakat pedesaan di Kabupaten Pati-Jawa Tengah. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 4(4), 351-361.
- Widyasari, R. (2006). Pengujian asam semut dan cuka kayu dalam pengendalian tungau (*Varroa destructor*) pada lebah madu (*Apis mellifera*). Skripsi S1. Program Studi Budidaya Hutan, Fakultas Kehutanan, IPB.
- Wilis, M., Wiratno, & Wahyuno, D. (2013). Efektivitas mulsa limbah atsiri dan pestisida nabati mengendalikan serangan *Crociodolomia binotalis*. *Bul. Litro*, 24(2), 111-122.
- Wilis, M. (2010). Formulasi pestisida nabati berbahan aktif eugenol, sitronela, *sinamal dehid*, curcumin, dan xanthorizol yang efektif menekan *Conopomorpha cramerella* dan *Helopeltis* sp. pada kakao (40-50%) dan tidak membunuh musuh alami. *Laporan akhir. Program Insentif Riset Terapan*, Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor.
- Wiratno. (2008). Effectiveness and safety of botanical pesticides applied in black pepper (*Piper nigrum*) plantations. Doctoral Thesis. Wageningen University, Wageningen, Netherlands.
- Wiratno. (2011). Efektifitas pestisida nabati berbasis minyak jarak pagar, cengkeh dan serai wangi terhadap mortalitas *Nilaparvata lugens* Stahl. Di dalam *Prosiding Seminar Nasional Pestisida Nabati IV Jakarta 15 Oktober 2011*. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor, 19-28.
- Zoubiri, S., & Baaliouamer, A. (2014). Potentiality of plants as a source of insecticide principles. *J. of Saudi Chem. Soc.*, 18, 925-938.

PENDUGAAN BIOMASSA DAN KANDUNGAN KARBON KAYU AFRIKA (*Maesopsis emenii* Engl.) DI KABUPATEN SUKABUMI, JAWA BARAT

Biomass and Carbon Stock of Maesopsis emenii Engl. at Sukabumi District, West Java

Ismayadi Samsuudin¹, Harmastini Sukiman², Marfuah Wardani¹ dan/and N. M. Heriyanto¹

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan

Jl. Gunung Batu Kotak Pos 165 Telp. (0251) 8633234, 7520067

Fax. (0251) 8638111 Bogor, Jawa Barat, Indonesia

²Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI.

Jl. Raya Bogor KM 46, Cibinong, Bogor, Jawa Barat, 16911;

Telp. (021) 8754587, 87905152; Fax (021) 8754588

E-mail: isamsuodin@gmail.com; p2biotek@bioteknologi.lipi.go.id; marfuah58@yahoo.co.id;
nurmheriyanto88@yahoo.com

Tanggal diterima: 19 Januari 2015; Tanggal direvisi: 25 Mei 2016; Tanggal disetujui: 6 Juni 2016

ABSTRACT

Maesopsis emenii Engl. is one of the fast growing species that can grow on marginal soils with a high enough increment. This study aims to develop allometry equation and predict carbon content in every part of tree and forest stands of *M. emenii* at the age of eight years. Data was collected using a destructive sampling method through selection of sample trees, 10 out of 450 trees were selected that best represent the stand. Results showed that dry weight of the average oven plant organs are, consecutively stem sections 122.54 kg, 42.94 kg of roots, branches and twigs of 7.15 kg and 6.03 kg of leaf. Allometry equation between the above-ground dry weight of diameter is $Y = 0,0363X^{2,5131}$ ($R^2 = 0,96$), logs with diameter of $Y = 0,0347X^{2,4926}$ ($R^2 = 0,95$), root with diameter of $Y = 0,0205X^{2,3267}$ ($R^2 = 0,90$) and between total dry weight with diameter of $Y = 0,0559X^{2,464}$ ($R^2 = 0,97$). Carbon content obtained at the highest part of the trunk that is as much as 68,07%, respectively roots as much as 23,87%, branches and twigs of 3,97% and the leaves as much as 3,35%. Total carbon content in the stands at *M. emenii* 30.65 tonnes C per ha.

Keyword: Biomass, carbon content and *Maesopsis emenii*

ABSTRAK

Kayu afrika (*Maesopsis emenii* Engl.) merupakan salah satu tanaman tumbuh cepat yang dapat tumbuh pada tanah marjinal dengan riap yang cukup tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk membuat persamaan alometri guna menduga kandungan karbon di setiap bagian pohon dan menduga potensi karbon pada tegakan kayu afrika umur 8 tahun dan menduga kandungan karbon pada tegakan hutan tanaman kayu afrika (*M. emenii*) umur 8 tahun. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode *destructive sampling* melalui pemilihan pohon contoh, dari 450 pohon dipilih 10 pohon yang dapat mewakili tegakan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat kering oven rata-rata bagian kayu afrika berturut-turut adalah bagian batang 122,54 kg, akar 42,94 kg, cabang dan ranting 7,15 kg dan bagian daun 6,03 kg. Persamaan alometri antara berat kering bagian atas tanah kayu afrika dengan diameter ialah $Y = 0,0363x^{2,5131}$ ($R^2 = 0,96$), batang kayu afrika dengan diameter ialah $Y = 0,0347x^{2,4926}$ ($R^2 = 0,95$), akar kayu afrika dengan diameter ialah $Y = 0,0205x^{2,3267}$ ($R^2 = 0,90$) dan antara berat kering total kayu afrika dengan diameter ialah $Y = 0,0559x^{2,464}$ ($R^2 = 0,97$). Kandungan karbon kayu afrika paling tinggi diperoleh pada bagian batang sebanyak 68,07%, berturut-turut bagian akar sebanyak 23,87%, cabang dan ranting 3,97% dan bagian daun sebanyak 3,35%. Total kandungan karbon pada tegakan kayu afrika umur 8 tahun sebesar 30,65 ton C per ha.

Kata kunci: Biomassa, kandungan karbon, *Maesopsis emenii*

I. PENDAHULUAN

Kayu Afrika (*Maesopsis emenii* Engl.) merupakan jenis tanaman kehutanan dari yang famili Rhamnaceae. Jenis ini tumbuh tersebar

secara alami di daerah tropika Afrika Timur, dan diintroduksi pertama kali di daerah Jawa Barat tahun enam puluhan. Kayu afrika termasuk jenis tanaman eksotik dan cepat tumbuh (*fast growing species*). Tanaman kayu afrika termasuk jenis

intoleran yaitu jenis yang membutuhkan cahaya penuh. Jenis ini mampu tumbuh baik pada ketinggian 100-900 m dari permukaan laut (dpl), curah hujan 1.000-2.000 mm per tahun, tekstur tanah ringan-sedang dan drainase baik (Pratiwi *et al.*, 2014; Bintoro & Riniarti, 2014).

Kegunaan kayunya luas, yaitu untuk kayu bahan bangunan seperti konstruksi ringan, peti kemas, box dan *plywood* (Pratiwi *et al.*, 2014). Karakteristik kayu afrika memiliki gubal berwarna hampir putih dan kayu terasnya kekuningan apabila masih basah, berubah menjadi coklat keemasan atau coklat tua setelah lama terbuka. Tekstur kayu agak kasar dengan serat bersilang, menghasilkan corak pada permukaan papan. Kerapatan kayu pada kadar air 15% sebesar 0,64-0,72 g per cm³ dari pohon berumur 42 tahun sedangkan dari pohon berumur 6 tahun sebesar 0,58-0,64 g per cm³ (Ani & Aminah, 2006). Tanaman kayu afrika memiliki manfaat yang ganda mulai dari kayu, daun dan penyerap karbondioksida dari udara dan penghasil oksigen. Hasil dari fotosintesis tanaman tersebut akan disimpan di komponen pohon dalam bentuk biomassa baik yang hidup maupun yang sudah mati (Onrizal & Kusmana, 2009).

Besar kecilnya biomassa tanaman ditentukan oleh umur tanaman, diameter, tinggi, kesuburan tanah dan sistem silvikultur yang diterapkan (Heriansyah *et al.*, 2007; Dharmawan & Siregar, 2008; Subiandono *et al.*, 2013). Hal ini berakibat pada kemampuan tanaman untuk menyimpan karbon yang bervariasi. Biomassa hutan, kurang lebih sebanyak 45-50 persen adalah kandungan karbon (Onrizal *et al.*, 2008; Bismark *et al.*, 2008; Dharmawan & Samsuudin, 2012). Samsuudin *et al.* (2009) menyatakan bahwa kandungan karbon di hutan primer Aek Nabara Batang Toru, Sumatera Utara sebesar 104,78 ton C per ha. Kandungan karbon di hutan tanaman *Acacia mangium* Wild. umur 5 tahun di Kabupaten Bogor, Jawa Barat sebesar 31,41 ton C per ha dan *Pinus merkusii* Jungh et De Vriese umur 5 tahun sebesar 11,93 ton C per ha (Heriyanto & Siregar, 2007a; Heriyanto & Siregar 2007b).

Data biomassa suatu ekosistem sangat berguna untuk mengevaluasi pola produktivitas berbagai macam ekosistem yang ada. Tegakan hutan tanaman mempunyai potensi besar dalam menyerap dan mengurangi kadar karbondioksida di udara melalui kegiatan konservasi dan perbaikan manajemen tegakan hutan tanaman. Oleh karena itu, kandungan karbon yang terdapat pada komponen pohon kayu afrika menjadi penting untuk diketahui. Data tersebut sangat

bermanfaat guna menduga potensi karbon pada kerapatan tegakan dan umur tertentu. Penelitian kandungan karbon pada jenis dan umur tertentu belum banyak dilakukan, sehingga penelitian ini bertujuan untuk membuat persamaan alometri guna menduga kandungan karbon di setiap bagian pohon dan menduga potensi karbon pada tegakan kayu afrika umur 8 tahun.

II. METODOLOGI

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kawasan hutan Bodogol, Seksi Konservasi Wilayah II Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Lokasi ini mempunyai ketinggian tempat antara 600 m sampai 800 m dari permukaan laut (dpl), iklimnya termasuk tipe A dengan curah hujan rata-rata 4.962 mm per tahun menurut Schmidt & Ferguson. Secara geografis lokasi penelitian terletak pada koordinat 106°51'17" Bujur Timur dan 6°46'38" Lintang Selatan.

Keadaan topografi Bodogol secara umum berbukit-bukit, dengan kemiringan lahan antara 25% sampai 60%. Berdasarkan Peta Tanah Tinjau Pulau Jawa dan Madura. Tanah di lokasi penelitian termasuk jenis tanah Latosol. Penelitian dilakukan pada bulan Mei-Juni 2014.

B. Bahan Penelitian

Bahan penelitian adalah tegakan tanaman kayu Afrika (*M. emenii*) berumur 8 tahun dengan jarak tanam 2 m x 3 m, setelah penjarangan menjadi 4 m x 6 m. Pada penelitian ini jumlah tanaman kayu afrika ada 450 pohon. Semua tanaman dalam plot diukur diameter dan tinggi. Selanjutnya data tersebut menjadi dasar dalam menentukan jumlah pohon contoh yang diambil.

C. Metode Penelitian

1. Pemilihan pohon contoh
Setelah dilakukan sensus pohon, pohon yang dipilih berdasarkan distribusi diameter (DBH) pada lokasi tersebut yaitu pohon dengan diameter terbesar dan terkecil yang menyebar merata. Untuk penelitian ini diperlukan 10 pohon contoh yang dapat mewakili tegakan tersebut.
2. Pengukuran tinggi dan diameter batang pohon
Setelah pohon ditebang, diameter batang diukur berturut-turut pada posisi 0 m; 0,3 m; 1,3 m (DBH); 3,3 m; 5,3 m; 7,3 m; 9,3 m dan

- seterusnya setiap 2 meter. Selain itu juga diukur diameter bebas cabang (Dbc).
3. Pengukuran berat basah pohon
Cabang dan ranting dipisahkan dari batang dan batang dipotong dalam bentuk log, dimana masing-masing log diberi nomor dan ditimbang. Cabang dan ranting yang hidup kemudian dipisahkan dari cabang dan ranting mati. Daun juga dipisahkan dari cabang dan ranting.
 4. Contoh dipilih dan ditimbang untuk diukur berat kering dan kandungan karbonnya. Pengambilan contoh bagian batang utama mulai bagian bawah sampai atas pohon, bagian batang yang diambil untuk contoh kandungan karbon yaitu bagian batang utama di atas tanah setinggi 0-0,3 m; 0,3-1,3 m; 1,3-3,3 m; 3,3-5,3 m; 5,3-7,3 m dan seterusnya. Bagian akar, cabang dan ranting hidup, cabang dan ranting mati serta daun, masing-masing sebanyak kurang lebih 250 gram.
 5. Untuk mengetahui berat kering, contoh dimasukkan dalam kantong kertas dan dikeringkan di oven pada suhu 85°C selama 48 jam.

D. Analisis Data

Untuk mengetahui berat kering contoh digunakan rumus sebagai berikut:

$$Bkt = \frac{Bks \times Bbt}{Bbs}$$

Dimana :

Bkt = Berat kering total (kg),

Bks = Berat kering contoh (gr),

Bbt = Berat basah total (kg),

Bbs = Berat basah contoh (gr).

- Kandungan karbon dalam tanaman dihitung dengan menggunakan rumus:
- Kandungan karbon = berat kering tumbuhan x kadar karbon
Kadar karbon pada pohon kayu afrika menurut (Hairiah & Rahayu, 2007) adalah bagian batang 68%, cabang dan ranting 4,7%, akar 24%, daun 3,3% dan secara total 46%.
- Serapan karbondioksida (CO₂) = Mr. CO₂/Ar. C (atau 3,67 x kandungan karbon)
Keterangan : Mr : molekul relatif, Ar : Atom relatif.
- Pendugaan persamaan alometri dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$Y = aX^b$$

Dimana :

Y = Berat kering pohon

X = Diameter pada tinggi 10 cm di atas leher akar

a,b = Koefisien

Dalam penelitian ini juga dilakukan pengujian keabsahan dan keakuratan model.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kelas Diameter dan Tinggi Pohon Contoh

Empat ratus lima puluh pohon diambil pohon contoh sebanyak 10 pohon yang dapat mewakili tegakan tersebut. Kelas diameter dan tinggi rata-rata pohon contoh disajikan pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Sebaran kelas diameter pohon contoh kayu afrika berumur 8 tahun (*Class diameter distribution of 8 year old afrika wood sample tree*)

No.	Diameter setinggi dada (<i>Diameter at breast height</i>) (cm)	Diameter bebas cabang (<i>Diameter at the lowest branch</i>) (cm)	Tinggi bebas cabang (<i>Height of free branch</i>) (m)	Tinggi total (<i>Total height</i>) (m)
1.	15,7	9,4	7,82	9,75
2.	20,2	12,0	11,32	13,54
3.	23,7	8,7	17,40	18,74
4.	22,2	8,7	13,35	14,76
5.	25,7	11,9	17,30	19,57
6.	26,1	12,0	17,31	19,34
7.	27,5	9,6	17,30	18,43
8.	30,1	9,7	15,32	17,32
9.	28,5	8,3	13,40	15,38
10.	36,3	5,5	15,30	17,36
Rata-rata (<i>Average</i>)	25,6	9,6	14,71	16,42
STDEV	5,67	2,0	3,17	3,09

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa tinggi bebas cabang rata-rata relatif tinggi yaitu 9,58 m, hal ini dikarenakan tanaman kayu afrika termasuk jenis pohon yang tumbuh cepat (*fast growing species*), daur tebang untuk kelas perusahaan pulp dan kertas 6-8 tahun sedangkan untuk kayu pertukangan 10 tahun. Kerapatan tegakan pada umur 8 tahun 450 pohon per hektar.

B. Biomassa Tegakan

Biomassa tegakan dapat dibedakan ke dalam dua kategori, yaitu biomassa di atas tanah (batang, cabang, ranting, daun, bunga dan buah) dan biomassa di dalam tanah (akar). Diameter setinggi dada (DBH) tanaman berkaitan erat dengan biomassa, dimana semakin besar diameter, maka semakin besar biomasannya. Data berat kering, yang merupakan penduga biomassa pohon contoh disajikan pada Tabel 2.

Pada Tabel 2, biomassa daun, cabang ranting hidup atau mati tidak mengikuti kecenderungan besaran biomassa batang dan akar. Rata-rata biomassa pohon kayu afrika umur 8 tahun biomassa terbesar berada pada bagian batang (122,454 kg atau 68,07%), diikuti oleh akar (42,94 kg atau 23,87%), cabang dan ranting hidup (7,149 kg atau 3,97%), daun (6,029 kg atau 3,35%), cabang dan ranting mati (1,317 kg atau 0,73%). Secara umum biomassa pada tiap bagian pohon terbesar diperoleh dari pohon dengan diameter yang terbesar pula. Hal ini dapat

dijelaskan bahwa biomassa berkaitan erat dengan proses fotosintesis. Hasil dari fotosintesis tersebut digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan baik ke arah vertikal (tinggi) maupun horizontal (diameter) dan sisanya disimpan dalam batang.

A. Persamaan Alometri dan Kandungan Karbon Tegakan Kayu Afrika

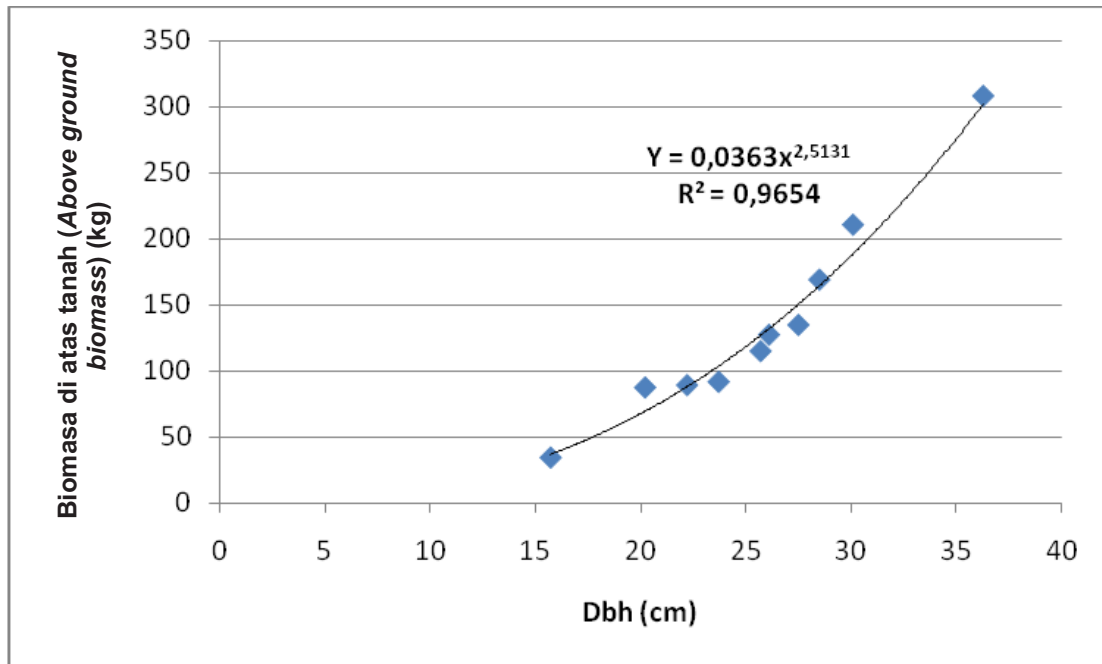
1. Persamaan alometri

Kandungan biomassa dari hutan tanaman dapat diestimasi secara langsung dengan menggunakan persamaan regresi biomassa, yaitu fungsi matematik yang didasarkan pada hubungan berat kering biomassa dengan satu atau lebih kombinasi dari dimensi tegakan pohon. Persamaan regresi yang digunakan didasarkan pada data dari tegakan yang diameternya dapat mewakili kisaran kelas diameter pada tegakan tersebut.

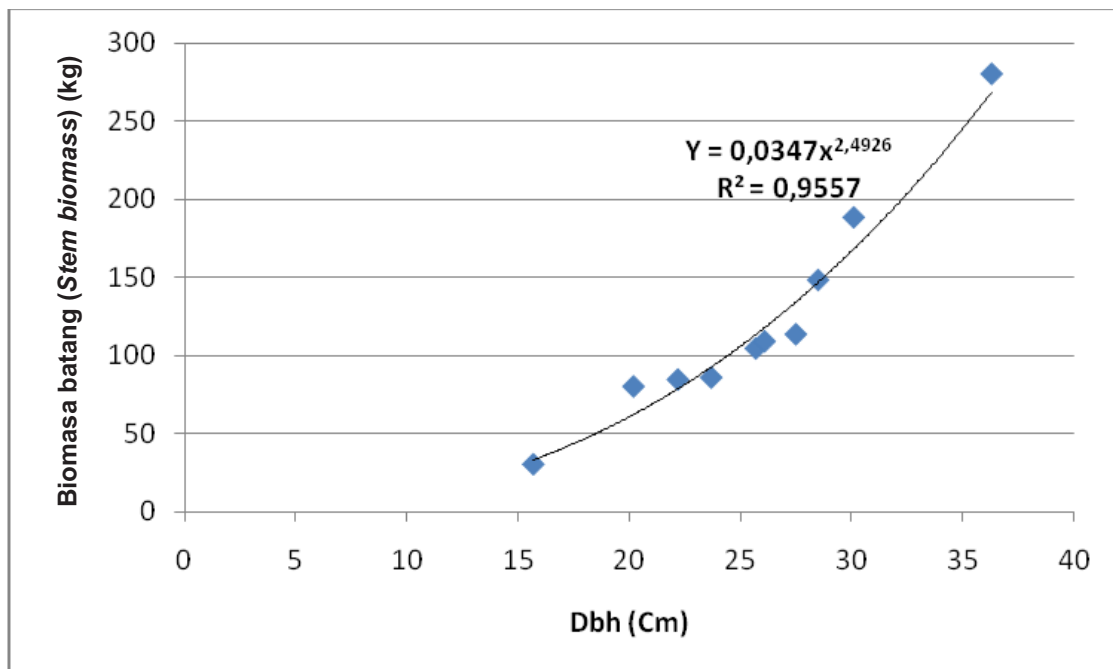
Pengukuran berat biomassa tanaman hutan yang dilakukan dengan cara menebang seluruh tanaman memerlukan waktu lama dan biaya yang besar. Untuk mempermudah diperlukan adanya persamaan alometri, yang berguna untuk menduga berat total biomassa tegakan. Setelah ditemukan alometri, maka berat biomassa tegakan dapat dihitung hanya dengan mengukur diameter. Model alometri biomassa untuk pohon kayu afrika berumur delapan tahun dapat dilihat pada Gambar 1-4.

Tabel (Table) 2. Berat kering biomassa pohon contoh kayu afrika berumur 8 tahun (*Dry biomass of 8 year old afrika wood sample tree*)

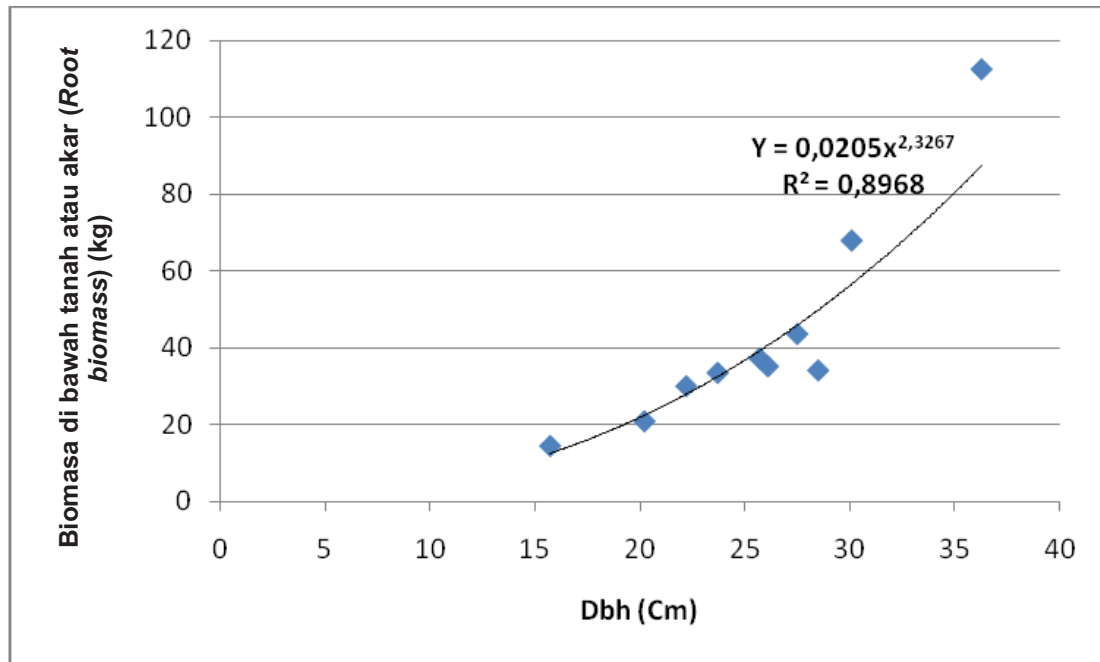
No.	Diameter (cm)	Biomassa (<i>Biomass</i>) (kg)					Berat total (<i>Total dry weight</i>) (kg)
		Daun (<i>Leave</i>)	Cabang dan ranting hidup (<i>Branch and twig live</i>)	Cabang and ranting mati (<i>Branch and twig dead</i>)	Batang (<i>Stem</i>)	Akar (<i>Root</i>)	
1.	15,7	0,97	2,27	0,96	30,37	14,46	49,03
2.	20,2	3,70	2,59	1,17	80,16	20,88	108,5
3.	22,2	1,84	2,24	0,82	84,53	30,03	119,46
4.	23,7	2,16	2,79	1,13	85,84	33,50	125,42
5.	25,7	4,45	4,99	1,24	104,45	37,25	152,38
6.	26,1	8,47	8,84	1,20	109,04	35,17	162,72
7.	27,5	7,13	11,90	2,42	113,54	43,61	178,6
8.	28,5	10,48	9,38	1,13	148,22	34,12	203,33
9.	30,1	12,05	9,09	1,35	188,30	67,93	278,72
10.	36,3	9,04	17,40	1,75	280,09	112,50	420,78
Rata-rata (<i>Average</i>)		6,03	7,15	1,32	122,45	42,94	179,89
STDEV	5,67	3,92	5,07	0,46	69,51	28,26	104,48



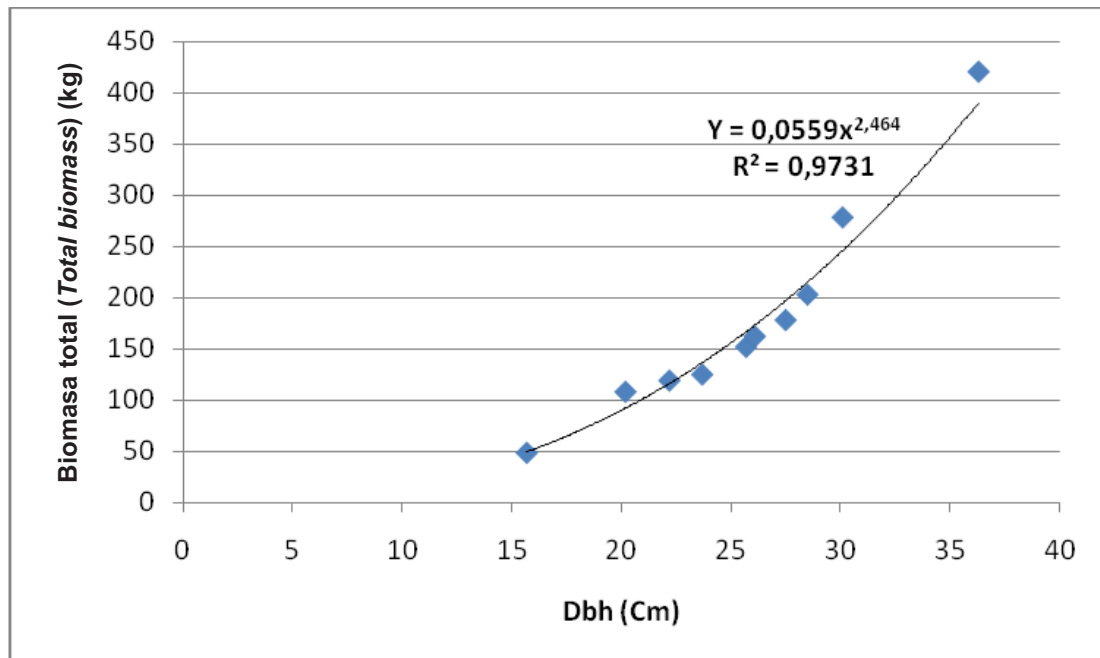
Gambar (Figure) 1. Grafik hubungan antara biomassa bagian atas tanah kayu afrika dengan diameter beserta persamaan alometrinya (*Allometric equation of the relationship between above ground biomass and diameter at breast height*)



Gambar (Figure) 2. Grafik hubungan antara biomassa batang kayu afrika dengan diameter beserta persamaan alometrinya (*Allometric equation of the relationship between stem dry weight and diameter at breast height*)



Gambar (Figure) 3. Grafik hubungan antara berat kering akar kayu afrika dengan diameter beserta persamaan alometrinya (*Allometric equation of the relationship between root dry weight and diameter at breast height*)



Gambar (Figure) 4. Grafik hubungan antara biomassa total kayu afrika dengan diameter beserta persamaan alometrinya (*Allometric equation of the relationship between total dry weight and diameter at breast height*)

Gambar 1, 2, 3 dan 4, antara biomassa pada tiap bagian tegakan kayu afrika (akar, batang, bagian di atas tanah dan total) dengan diameter memiliki korelasi yang tinggi. Nilai koefisien determinasi (R^2) untuk semua hubungan didapatkan di atas 90%, yang berarti 90% keragaman dari biomassa kayu afrika dapat dijelaskan oleh persamaan tersebut. Nilai simpangan agregat (S_a) = 1,01% dan simpangan rata-rata (S_r) = 7,82%, berdasarkan nilai tersebut persamaan dapat dikatakan valid atau dapat dipercaya. Dengan demikian untuk menduga biomassa kayu afrika dapat dilakukan dengan cara mengukur diameter saja.

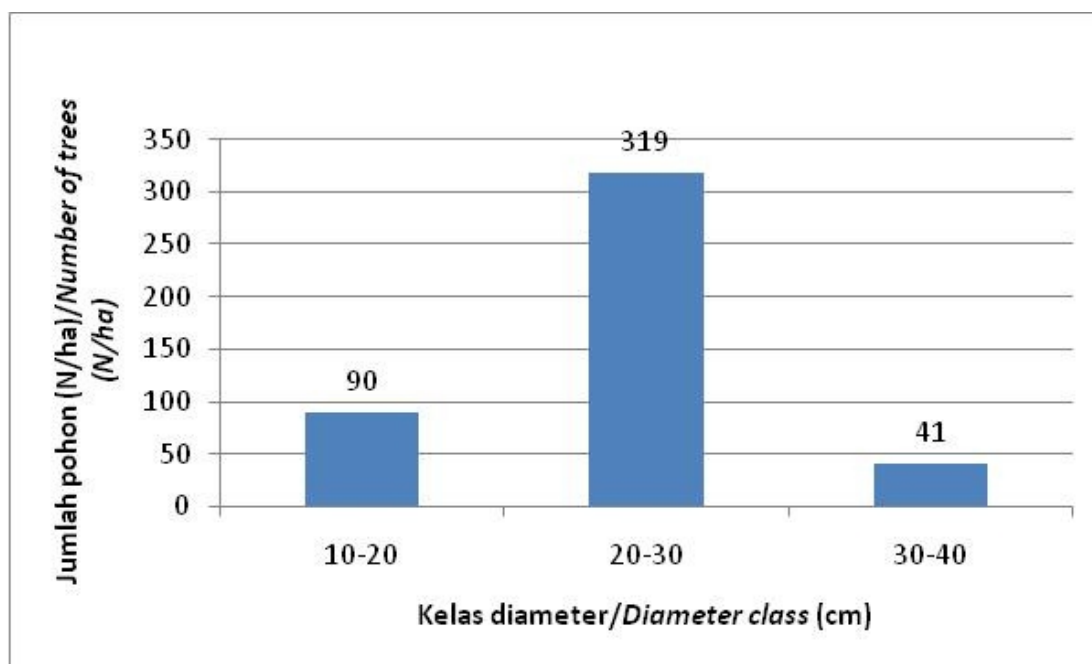
2. Kandungan karbon dan konbondioksida tegakan kayu afrika

Pada penelitian ini semua pohon kayu afrika diukur tinggi dan diameternya secara sensus, luas lahan 1 ha dengan jumlah pohon 450 (kepadatan tegakan 450 pohon per ha), data kelas diameter tersebut disajikan pada Gambar 5. Pada Gambar 5 tersebut, sebaran tegakan kayu afrika umur delapan tahun didominasi oleh kelas diameter 20 cm - 30 cm dan grafiknya berbentuk lonceng (tegakan normal).

Hairiah & Rahayu (2007), yang menyatakan bahwa rata-rata 46% kandungan karbon pada

tanaman kayu afrika bahan kering pohon terdiri dari kandungan karbon. Kandungan karbon dan karbondioksida pada tegakan kayu afrika umur 8 tahun, berdasarkan rumus hubungan biomassa total dengan diameter yakni persamaan $Y = 0,0559x^{2,464}$ tegakan kayu afrika tersebut tersaji pada Tabel 3, demikian juga dengan biomassa bagian pohon (batang, akar, cabang dan ranting serta daun).

Tabel 3 di atas dapat dikatakan bahwa biomassa pada tegakan kayu afrika umur 8 tahun sebesar 66,63 to per ha. Kandungan karbonnya sebesar 30,65 ton C per ha dan kandungan karbondioksida sebesar 112,39 ton CO_2 per ha. Bagian batang pohon merupakan bagian tertinggi kandungan karbonnya, akar, cabang ranting dan bagian daun. Kandungan karbon pada penelitian ini termasuk tinggi bila dibandingkan dengan hasil penelitian Heriyanto & Siregar (2007a; 2007b), pada tegakan tusam (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) umur 5 tahun di Cianten, Bogor dilaporkan bahwa kandungan karbon dan serapan CO_2 sebanyak 11,93 ton C per ha atau setara dengan 43,74 ton CO_2 per ha. Pada akasia (*Acacia mangium* Willd.), umur 5 tahun di Parung Panjang, Bogor, kandungan karbonnya sebesar 31,41 ton C per ha atau setara dengan 115,29 ton CO_2 per ha. Onrizal *et al.* (2010), melaporkan kandungan karbon *Eucalyptus*



Gambar (Figure) 4. Grafik hubungan antara biomassa total kayu afrika dengan diameter beserta persamaan alometrinya (*Allometric equation of the relationship between total dry weight and diameter at breast height*)

Tabel (Table) 3. Biomassa, karbon dan karbondioksida tegakan *Maesopsis emenii* umur 8 tahun (Biomass, carbon and carbondioxide *Maesopsis emenii* stand 8 year old) per ha

Kelas Diameter (Diameter class) (cm)	Kerapatan tegakan (Stand density) (trees per ha)	Biomassa batang (Stem biomass) (ton per ha)	Biomassa akar (Root biomass) (ton per ha)	Biomassa daun (Leaf biomass) (ton per ha)	Biomassa cabang & ranting (Branch and twig biomass) (ton per ha)	Biomassa pohon (Biomass) (ton per ha)	Karbon (Carbon) (ton C per ha)	Karbon dioksida (Carbondioxide) (ton CO ₂ per ha)
10-20	90	4,06	1,44	0,21	0,24	5,95	2,74	10,03
20-30	319	33,14	11,60	1,64	2,29	48,67	22,39	82,08
30-40	41	8,18	2,87	0,41	0,56	12,02	5,53	20,27
Total	450	45,48	15,91	2,26	3,09	66,63	30,65	112,39

grandis umur 9 tahun di Sumatera Utara sebesar 58,43 ton C per ha. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan karbon dipengaruhi oleh umur dan jenis pohon. Pada pohon yang cepat tumbuh cepat akan menghasilkan kandungan karbon yang tinggi dan sifat pohon yang demikian dapat dijadikan alternatif untuk menghijaukan tanah-tanah yang kritis.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Persamaan alometri biomassa bagian atas tanah kayu afrika (batang, cabang, ranting, daun dan buah) dengan variabel penduga diameter setinggi dada ($Y_{\text{-atatanah}} = 0,0363x^{2,5131}$ ($R^2 = 0,96$), biomassa batang ($Y_{\text{-batang}} = 0,0347x^{2,4926}$ ($R^2 = 0,95$), biomassa akar ($Y_{\text{-akar}} = 0,0205x^{2,3267}$ ($R^2 = 0,90$) dan biomassa total ($Y_{\text{-total}} = 0,0559x^{2,464}$ ($R^2 = 0,97$)). Kandungan karbon rata-rata kayu afrika paling tinggi diperoleh pada bagian batang yaitu 68,07%, diikuti oleh bagian akar 23,87%, cabang dan ranting 3,97% dan bagian daun 3,35%. Total kandungan karbon pada tegakan kayu afrika pada umur 8 tahun 30,65 ton C per ha.

B. Saran

Persamaan alometri biomassa bagian atas tanah kayu afrika ini hanya berlaku di areal kawasan hutan Bodogol, Seksi Konservasi Wilayah II Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat dan/atau daerah lainnya yang setipe.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Seksi Konservasi

Wilayah II Taman Nasional Gunung Gede Pangrango beserta staf di Bodogol, masyarakat dan staf biometrika Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ani, S., & Aminah, H. (2006). Plantation timber of *Maesopsis eminii*, *Journal of Tropical Forest Science*, 18(2), 87-90.
- Bintoro, A.O., & Riniarti, M. (2014). Pengaruh perendaman benih pada berbagai suhu air terhadap viabilitas benih kayu afrika (*Maesopsis eminii*). *Jurnal Sylva Lestari*, 2(1), 101-108.
- Bismark, M., Subiandono, E., & Heriyanto, N.M. (2008). Keragaman dan potensi jenis serta kandungan karbon hutan mangrove di sungai subelen Siberut. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(3), 297-306.
- Dharmawan, I. W. S. & Siregar, C. A. (2008). Karbon tanah dan pendugaan karbon tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di BKPH Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(4), 317-328.
- Dharmawan, I. W. S. & Samsudin, I. (2012). Dinamika potensi biomassa karbon pada lanskap hutan bekas tebangan di Hutan Penelitian Malinau. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 9(1), 12-20.
- Hairiah, K., & Rahayu, S. (2007). *Pengukuran karbon tersimpan di berbagai macam penggunaan lahan*. World Agroforestry Centre. ICRAFSA, Bogor.
- Heriansyah, I., Miyakuni, K., Kato, T., Kiyono, Y., & Kanazawa, Y. (2007). Growth characteristics and biomass accumulations of *Acacia mangium* under different management practices in Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science*, 19(4), 226-235

- Heriyanto, N.M., & Siregar, C.A. (2007a). Biomassa dan kandungan karbon pada hutan tanaman tusam (*Pinus merkusii* Jungh et de Vriese) umur lima tahun di Cianjen Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 4(1), 75-81.
- Heriyanto, N.M., & Siregar, C.A. (2007b). Biomassa dan konservasi karbon pada hutan tanaman mangium (*Acacia mangium* Willd.) di Parungpanjang, Bogor. Jawa Barat. *Info Hutan*. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam, 4(1), 65-73.
- Onrizal & Kusmana, C. (2009). Struktur dan keanekaragaman jenis mangrove pasca tsunami di Pulau Nias. *Jurnal Berita Biologi*, 9(4), 359-364.
- Onrizal, Ismail, E.A., Perbatakusuma, H., Sudjito, J., Suprijatna, & Wijayanto, I.H. (2008). Struktur vegetasi dan simpanan karbon hutan hujan primer di Batang Toru, Sumatera Utara. *Jurnal Biologi Indonesia*, 5(2), 187-199.
- Onrizal, Hartono, R., Basuki, R.B., & Kusmana, C. (2010). *Simpanan karbon biomassa hutan tanaman Eucalyptus grandis di Sumatera Utara. Cadangan karbon pada berbagai tipe hutan dan jenis tanaman di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Badan Litbang Kehutanan, Kementerian Kehutanan. Bogor. 43 h.
- Pratiwi, Narendra, B.H., Hartoyo, G.M.E., Kalima, T., & Pradjadinata, S. (2014). *Atlas Jenis-jenis Pohon Andalan Setempat untuk Rehabilitasi Hutan dan Lahan di Indonesia*. Forda Press.
- Samsuedin, I., Heriyanto, N.M. & Siregar, C.A. (2009). Biomassa karbon pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Toru, Sumatera Utara. *Info Hutan*, 6(2), 111-124.
- Subiandono, E., Bismark, M., & Heriyanto, N.M. (2013). Kemampuan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. dan *Rhizophora apiculata* Bl. dalam penyerapan polutan logam berat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9(1), 23-32.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Reviewer yang telah menelaah naskah yang dimuat pada Jurnal Penelitian Hutan Tanaman Vol.13 No. 1, Juni 2016 :

Dr. Darwo (Silvikultur dan Biometrika Hutan, KLHK)

Prof (Riset). Dr. Nina Mindawati (Silvikultur-KLHK)

Dr. Made Hesti Lestari Tata (Silvikultur-KLHK)

Dr. Tatang Tiryana (Perencanaan Pengelolaan Hutan-IPB)

Dr. Tania June (Iklim-Tanaman Mikrometeorologi, Fliks CO₂-IPB)

Hani S. Nuroniah, S.Si, M.Si, Ph.D. (Silvikultur-KLHK)

PEDOMAN BAGI PENULIS

Jurnal Hutan Tanaman adalah publikasi ilmiah resmi dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan. Jurnal ini menerbitkan tulisan hasil Perbenihan, Pembibitan, Teknik Silvikultur, Pemuliaan Pohon, Perlindungan Hutan Tanaman (meliputi nama penyakit, gulma, kebakaran), Biometrika, Sistem Silvikultur, Sosial Ekonomi, Pengelolaan Lingkungan Hutan Tanaman.

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia dengan huruf **Times New Roman**, font ukuran 12 dan jarak 2 (dua) spasi pada kertas A4 putih pada satu permukaan dan disertai file elektroniknya 3,5 cm. Naskah sebanyak 2 (dua) rangkap dikirimkan kepada Sekretariat Redaksi Jurnal Penelitian Hutan Tanaman, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan. File elektronik dikirim ke Sekretariat Redaksi dalam bentuk CD atau dikirim melalui email ke alamat pp_p3ht@yahoo.co.id

Penulis menjamin bahwa naskah yang diajukan belum pernah dimuat/diterbitkan dalam publikasi manapun, dengan cara mengisi blanko pernyataan yang dapat diperoleh di Sekretariat Redaksi Publikasi Pusat Litbang Hutan, atau download di website <http://www.puskonser.or.id>. Pengajuan naskah oleh penulis yang berasal dari instansi/institusi (bukan perorangan) di luar Pusat Litbang Hutan harus disertai dengan surat pengantar dari instansi/institusinya. Pengajuan dimaksud dapat dilakukan melalui <http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/>.

Struktur Penulisan

JUDUL (letak tengah dan huruf KAPITAL)

Title (letak tengah dan cetak miring)

I. BAB

A. Sub Bab

1. Sub sub bab

a. Sub sub sub bab

1) Sub sub sub sub bab

2) Sub sub sub sub sub bab

Judul ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris, bersifat spesifik, efektif dan sebaiknya tidak terlalu panjang berkisar antara 10-15 kata serta harus mencerminkan isi tulisan. Di bawah judul ditulis terjemahannya dalam bahasa Inggris yang tercetak dengan huruf kecil dan miring. Nama penulis (satu atau lebih) dicantumkan di bawah judul dengan huruf kecil. Di bawah nama ditulis institusi asal penulis dan alamat lengkap instansi/institusi.

Isi Naskah terdiri atas **ABSTRAK** dengan *Kata kunci* dan **ABSTRAK** dengan kata kunci, **PENDAHULUAN, METODOLOGI, HASIL DAN PEMBAHASAN. KESIMPULAN DAN SARAN, UCAPAN TERIMA KASIH, DAFTAR PUSTAKA** dan **LAMPIRAN** (kalau ada)

GUIDELINES FOR WRITING

Journal of Forest Plantation Research is the official scientific publication of the Center for Forest Productivity Improvement Researches in various aspects of plantation forest such as seed, nursery, silvicultural techniques, social, economic, environmental management of plantation forest (pests/diseases, weeds, fire), biometrics, silviculture, social, economic and environmental management of forest plantations.

Manuscript is written in Indonesia, using **Times New Roman** font, 12pt size, double spaced, minimum margin of 3,5 cm (in all sides), printed on single-sided A4 size paper (softcopy must be attached). Two copies of manuscript are sent to the Editorial Secretariat of the Journal of Forest Plantation Research, Center for Forest Productivity Improvement Research. Center for Forest Productivity Improvement Research and Development. Softcopy is sent to the Editorial Secretariat in Compact Disc (CD) or via email to pp_p3ht@yahoo.co.id

The author must guarantee that the submitted manuscript has not been published in any publications, by filling out statement form that can be obtained at the Editorial Secretariat, or downloaded from the website <http://www.puskonser.or.id>. Submission of manuscripts by authors from agency/institution (not individuals) outside the Center for Research and Development of Forest must be accompanied by a covering letter from the agency/institution. The manuscript can be submitted to <http://ejournal.fordamof.org/ejournal-litbang/>.

Writing Structure

JUDUL (Center and CAPITAL)

Title (Center and Italic)

I. BAB

A. Sub Bab

1. Sub sub bab

a. Sub sub sub bab

1) Sub sub sub sub bab

2) Sub sub sub sub sub bab

The title is written in Indonesian and English, specific, effective and should range between 10-15 words and should reflect the contents of the writing. English translation should be provided below the title, in smaller font size and in italic. The author (s) name (one or more) is listed below the title, with name and address of the author's institution/agency below the author name (in smaller font size).

The manuscript consists of : **ABSTRACT** with **Keywords, INTRODUCTION, METHODOLOGY, RESULTS AND DISCUSSION, CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS, ACKNOWLEDGMENTS, APPEDIX and REFERENCES** (if any).

ABSTRAK dibuat dalam Bahasa Indonesia sebaiknya tidak lebih dari 250 kata dan Inggris sebaiknya tidak lebih dari 200 kata dalam satu paragraph. Isinya berupa intisari permasalahan., Tujuan, rancangan penelitian dan kesimpulan yang dinyatakan secara kuantitatif. Bahasa Inggris ditulis dengan huruf kecil miring dan bahasa Indonesia ditulis tegak, jarak 1 (satu) spasi. *Keywords* dan kata kunci masing-masing tidak lebih dari 5 kata kunci.

PENDAHULUAN berisi: latar belakang/masalah, tujuan penelitian dan hipotesis (tidak harus ada)

METODOLOGI berisi: waktu dan tempat, bahan dan alat, metode, rancangan penelitian (kalau ada), analisis data. Metode disajikan secara ringkas namun jelas.

HASIL DAN PEMBAHASAN berisi: hasil dan pembahasan yang disajikan secara mendalam dibuat terpisah atau dijadikan satu.

Tabel diberi nomor, judul tabel, sumber dan keterangan yang diperlukan. Judul, isi dan keterangan tabel ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris secara jelas dan singkat. Judul tabel diletakkan di atas tabel. Keterangan tabel ditulis dengan ukuran huruf lebih kecil dari judul tabel.

Gambar, Grafik dan Foto harus jelas (resolusi paling sedikit 300 dpi) dan dibuat kontras, diberi judul, sumber dan keterangan dalam bahasa Indonesia dan Inggris. Judul gambar, grafik dan foto diberi nomor dan diletakkan di bawah gambar. Foto renik atau peta harus diberi skala. Keterangan gambar, grafik dan foto ditulis dengan ukuran huruf lebih kecil dari judul gambar, grafik dan foto.

KESIMPULAN DAN SARAN disampaikan secara naratif ringkas, padat serta diusahakan dinyatakan secara kuantitatif dengan memperhatikan kedalaman bahasa dan perampatan bahasan.

UCAPAN TERIMA KASIH berupa ucapan terima kasih kepada orang/instansi/organisasi yang telah membantu baik berperan secara finansial, teknis maupun substantif.

DAFTAR PUSTAKA mengacu pada American Psychological Association (APA) Style (minimal 15 pustaka, dengan referensi yang berkualitas, 80% sumber acuan dianjurkan 5 tahun terakhir kecuali pustaka 5 tahun terakhir tidak ditemukan dan 80% merupakan sumber acuan primer), disusun menurut abjad nama pengarang dengan mencantumkan tahun terbit, seperti contoh berikut:

- Departemen Kehutanan. (2005). *Eksekutif data strategis kehutanan*. Jakarta: Departemen Kehutanan.
- Kementerian Kehutanan. (2009). *Keputusan Menteri Kehutanan No. SK 328/Menhut-II/2009 tentang Penetapan DAS Prioritas dalam rangka RPJ tahun 2010-2014*. Jakarta: Sekretariat Jenderal.
- Mindawati, N., Indrawan, A., Mansur, I., & Rusdiana, O. (2010). Kajian pertumbuhan tegakan hybrid *Eucalyptus urograndis* di Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 7(1), 39-50.
- Salisbury, F.B., & Ross, C.W. (1992). *Plant physiology*. Belmon: Wadsworth Publishing.Co.
- U.S. Census Bureau. American factfinder:Fact about my community. Akses tanggal 17 Agustus 2001, dari <http://factfinder.Census.gov/servlet/Basicfactervlet>>.

ABSTRACT is written in Indonesian (should be no more than 250 words) and in English (should be no more than 200 words), each in one paragraph. It contains the essence of the problem, objectives, research design and conclusions expressed quantitatively. Abstract in Indonesia written in regular font while abstract in English written in Italic, using single space. Keywords should be no more than five keywords.

INTRODUCTION contains: background/issues, research objectives and hypotheses (not mandatory)

METHODOLOGY contains: time and place, materials and equipment, methods, research Design (if any), data analysis. Methods are presented briefly but clearly

RESULTS AND DISCUSSION contains: results and discussion are given throughly separately or combined

Tables are numbered and provided with title, source and required description. Table title, contents and caption are written in Indonesian and English clearly and concisely. Table title is placed above the table. Caption is written in smaller font size than the title.

Image, Graphic and Photograph must have good quality (minimum resolution is 300 dpi) clear and contrast, provided with title and description in Indonesia and English. Title of image, graphic and photograph are numbered and placed below the picture. Microscopic photo or map should be provided with scale. Caption of graphics and photographs are written in smaller font size than the title.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS are presented naratively in brief (preferably in the form of numbered points), concise and should be expressed quantitatively.

ACKNOWLEDGMENTS in the from of gratitude to the person/agency/organization that helped the research, financially, technically or substantially.

REFERENCES follow the guidelines of APA style (at least 15 libraries, with qualified reference and recommended in the last 5 year), organized alphabetically by author name, including year of publication, as the following example.

Dewan Redaksi dan Sekretariat Redaksi berhak mengubah dan memperbaiki isi naskah sepanjang tidak mengubah substansi tulisan. Naskah yang tidak diterbitkan akan dikembalikan kepada penulis.

Editors and Editorial Secretariat reserve the right to change and improve the content of the manuscript as long as not changing the substance of the writing. Unpublished manuscript will be returned to the author.

