



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

penelitian **HUTAN** tanaman

Vol. 14 No. 2, Desember 2017

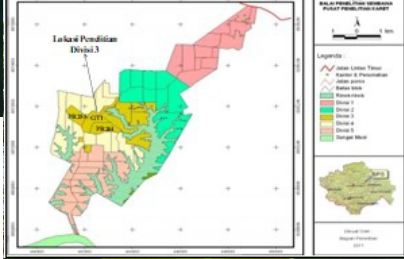
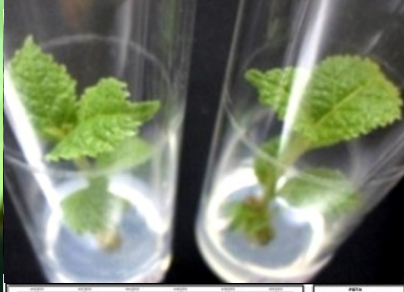
PATOGENISITAS ISOLAT Botryodiplodia spp. TERHADAP BIBIT JABON (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq)

PERKEMBANGAN BUNGA DAN BUAH PIRDOT (*Saurauia bracteosa* DC.) DI ARBORETUM AEK NAULI

KERAGAMAN DAN ESTIMASI PARAMETER GENETIK BIBIT MAHONI DAUN LEBAR (*Swietenia macrophylla* King.) DI INDONESIA

GROWTH AND MORPHOLOGICAL CHANGES AS AN EARLY INDICATION OF IN VITRO PLOIDIZATION OF *Tectona grandis*

MODEL PENDUGAAN VOLUME POHON KARET SAAT PEREMAJAAN DI SEMBAWA, SUMATERA SELATAN



**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. 14 No. 2, Desember 2017

Jurnal Penelitian Hutan Tanaman adalah media resmi publikasi ilmiah hasil penelitian dalam bidang aspek Hutan Tanaman, antara lain: Perbenihan, Pembibitan, Teknik Silviculture, Pemuliaan Pohon, Perlindungan Hutan Tanaman (meliputi nama penyakit, gulma, kebakaran), Biometrika, Sistem Silviculture, 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*)

Dr. Irdika Mansur

(*Silvikultur; Reklamasi dan Rehabilitasi Lahan Pasca Tambag - IPB*)

Dr. Ignatius Adi Nugroho

(*Kebijakan Kehutanan dan Sosial Ekonomi - KLHK*)

Dr. Maman Turjaman

(*Mikologi - KLHK*)

Copy Editor

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

(*Silvikultur - KLHK*)

Editor Bagian (Sec. Editor)

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

(*Silvikultur - KLHK*)

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

(*Silvikultur; Genetik - KLHK*)

Neo Endra Lelana, S.Si, M.Si

(*Perlindungan Hutan - KLHK*)

Lutfy Abdullah, S.Hut, M.Si

(*Biometrika - KLHK*)

Retno Agustarini, S.Hut, M.Si

(*Sosial Ekonomi - 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 dan Pengembangan Hutan
Badan Penelitian Pengembangan dan Inovasi
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

Terbit pertama kali September 1996 dengan judul Buletin 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. +628638111

Email: jurnalpht@gmail.com

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

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. 14 No. 2, Desember 2017

DAFTAR ISI

1. **PATOGENISITAS ISOLAT *Botryodiplodia* spp. TERHADAP BIBIT JABON (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq)**
Pathogenicity of Botryodiplodia spp. Isolates on Jabon (Anthocephalus cadamba (Roxb.) Miq) Seedlings
Ai Rosah Aisah, Bonny PW Soekarno, dan/and Achmad _____ 85-101
2. **PERKEMBANGAN BUNGA DAN BUAH PIRDOT (*Saurauia bracteosa* DC.) DI ARBORETUMA EK NAULI**
Flower and Fruit Development of Pirdot (Saurauia bracteosa DC.) at Aek Nauli Arboretum
Cica Ali dan/and Aam Aminah _____ 103-114
3. **KERAGAMAN DAN ESTIMASI PARAMETER GENETIK BIBIT MAHONI DAUN LEBAR (*Swietenia macropylla* King.) DI INDONESIA**
Variation and Estimation of Genetic Parameter of Swietenia macrophylla King. Seedling in Indonesia
Mashudi, Mudji Susanto dan/and Darwo _____ 115-126
4. **GROWTH AND MORPHOLOGICAL CHANGES AS AN EARLY INDICATION OF IN VITRO PLOIDIZATION OF *Tectona grandis***
Respon Pertumbuhan dan Morfologi Planlet Jati (Tectona grandis) sebagai Deteksi Dini poliploidi Pada Kultur In Vitro
Yusuf Sigit Ahmad Fauzan, Supriyanto dan/and Teuku Tajuddin _____ 127-138
5. **MODEL PENDUGAAN VOLUME POHON KARET SAAT PEREMAJAAN DI SEMBAWA, SUMATERA SELATAN**
Estimation Model of Rubber Tree Volume at Replanting Time in Sembawa, South Sumatra
Sahuri _____ 139-153

JOURNAL OF PLANTATION FOREST RESEARCH

ISSN : 1829-6327

Vol. 14 No. 2, 2017

E-ISSN : 2442-8930

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

UDC/ODC 630*414

Ai Rosah Aisah (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Nusa Tenggara Barat), Bonny PW Soekarno (Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor), and Achmad (Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor)

Pathogenicity of Botryodiplodia spp. Isolates on Jabon (Anthocephalus cadamba (Roxb.) Miq) Seedlings

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIV No. 2, 2017 p: 85-101

Botryodiplodia spp. potentially cause dieback disease on jabon (Anthocephalus cadamba (Roxb.) Miq) seedlings. Five isolates of Botryodiplodia spp were inoculated on jabon seedling to find out its virulence levels, mechanism of pathogen attack and mechanism of host plant defense. The virulence levels was estimated by disease severity of host plants; the pathogen attack mechanism was done by measuring pectinase and cellulase enzyme activities; whereas host plant defense mechanism was determined by measuring peroxidase enzyme activity. The virulent isolates caused disease severity > 50%. Botryodiplodia sp. 1, Botryodiplodia sp. 2, and Botryodiplodia sp. 3 showed pectinase activities of 21.311; 18.131; 26.083 U/ml, and cellulase 0.014; 0.015; 0.023 U/ml, respectively. The peroxidase activity of host plants after pathogen inoculated was ranging from 0.0006 to 0.0012 UAE/g. Based on this research, three Botryodiplodia spp. isolates were virulent on jabon seedlings and involved enzymatic strength as attack mechanism, whereas the host plant defense mechanism involved peroxidase activity.

Key words: Dieback, host defense, pathogen attack

UDC/ODC 630*176.1

Cica Ali (Balai Litbang Lingkungan Hidup dan Kehutanan Aek Nauli) and Aam Aminah (Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan)

Flower and Fruit Development of Pirdot (Saurauia bracteosa DC.) at Aek Nauli Arboretum

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIV No. 2, 2017 p: 103-113

Saurauia bracteosa is a potential plant for tumor and cancer medicine, but information about the reproductive system is currently unknown. The purpose of this study was to determine the development phases of S. bracteosa flower and fruit. The study was conducted by observing structural characteristics of flower and development stages from flower until ripe fruit. Phenology of flower and fruit development were classified into five stages namely flower initiation, small bud stage, large bud stage, anthesis, and fruit development. Changes in color, shape, size, and time period of each stage in twenty inflorescences of four plants were observed. The period from flower initiation to fruit maturity of S. bracteosa took on average 145 days. Flower initiation took on average 16 days, small bud stage occurred in 38 days, large bud phase occurred in 16 days, anthesis stage took on average 5 days and fruit development would complete in 74 days.

Keywords: Flowering development, fruiting development, Saurauia bracteosa DC

JOURNAL OF PLANTATION FOREST RESEARCH

ISSN : 1829-6327

Vol. 14 No. 2, 2017

E-ISSN : 2442-8930

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

UDC/ODC 630*176.1

Mashudi, Mudji Susanto (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan) and Darwo (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)

Variation and Estimation of Genetic Parameter of Swietenia macrophylla King. Seedling in Indonesia

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIV No. 2, 2017 p: 115-125

Swietenia macrophylla King. is an exotic species from Latin America. It had been planted in Indonesia since 1870 by the Dutch. This species is important construction timber in Indonesia. This study aimed to measure variation and genetic parameter estimation of *S. macrophylla* seedling as material of progeny trial development. The experimental design used Randomized Complete Block Design (RCBD) consisting of two factors, namely the land race (A) (Banjar-West Java, Samigaluh-Kulonprogo, Bondowoso-East Java and Lombok– West Nusa Tenggara) and mother trees (B) (35 mother trees). Five seedlings were recorded and repeated 5 times for each mother tree. In this study factor B nested in factor A. The result showed that land race significantly affected to height, stem diameter, and index of robustness; while the mother trees significantly affected to height, stem diameter, number of leaf, and index of robustness. Individual heritability of height, stem diameter, number of leaf, and index of robustness character were 0.35, 0.40, 0.17, and 0.48 respectively, while family heritability of height, stem diameter, number of leaf, and index of robustness character were 0.74, 0.75, 0.54, and 0.77 respectively. Genetic correlation between height and stem diameter (0.70), height and index of robustness (0.40), number of leaf and index of robustness (0.52) were positive value. While genetic correlation between height and number of leaf (-0.03), stem diameter and number of leaf (-0.46) and stem diameter and index of robustness (-0.67) were negative value.

Keywords : Genetic correlation, heritability, land race, *Swietenia macrophylla*, variation genetic

UDC/ODC 630*176.1:168

Yusuf Sigit Ahmad Fauzan (Program Studi Silvikultur Tropika, Sekolah Pasca Sarjana IPB), Supriyanto (Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB) and Teuku Tajuddin (Laboratorium Bioteknologi, BPPT)

Growth and Morphological Changes as an Early Indication of In Vitro Ploidization of *Tectona Grandis*

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIV No. 2, 2017 p: 127-138

Ploidization level estimation can be conducted in several methods, through morphological, growth response, anatomy, cytology, and molecular markers. The simplest and easiest methods are morphological marker and growth response. The study aimed to develop early detection method of polyploidy occurrence in in vitro *Tectona grandis* after treated by antimetabolic agent colchicine. Nodal segments were immersed at 0, 15, and 30 μ M colchicines for 5 days, then cultured for 8 weeks. Observations on plantlet height, number of leaves and morphology were performed at 2, 4, and 6 weeks after planting. Colchicine had high significant effect on the height and significant effect on leaves number. High concentration colchicine inhibited shoot elongation and leaves growth, however it increased morphological changes. The plantlets height of 0, 15, and 30 μ M of colchicine treatment was 4.14; 3.82; 3.12 cm; while the number of leaves as much as 8.72; 8.4, and 7.5. Colchicine led to increase in morphological changes at the levels 0, 15, 30 μ M were 26.60%; 46.66%; and 93.33%. Changes caused by polyploidy differ from media. Changes in polyploidy decreased the height, number of leaves, and induced morphological changes, whereas planting media resulted in vitrification. Response to colchicines in culture of *T. grandis* plantlet allows the growth and morphology to be a marker for early detection of polyploidization.

Key words: Colchicine, polyploidy detection, *tectona grandis*

JOURNAL OF PLANTATION FOREST RESEARCH

ISSN : 1829-6327

Vol. 14 No. 2, 2017

E-ISSN : 2442-8930

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

UDC/ODC 630*524

Sahuri (Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet)

Estimation Model of Rubber Tree Volume at Replanting Time in Sembawa, South Sumatra

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIV No. 2, 2017 p: 139-153

Estimation model of rubber (Hevea brasiliensis) tree volume compiled pursuant to one independent variable of stem girth. This study aimed to develop a model of mathematical equations to estimate the volume of rubber trees of clones GT 1, PR 255, PR 261, and the combined clones. The experiment was conducted at the Sembawa Research Station, South Sumatra. Sampling was purposive. The results showed that the volume of rubber tree clones of GT1, PR255, PR261 and mixed clones affected by stem girth at breast height and affected by clone. The model of PR255 clone volume, $V_{PR255} = 0,5827G^{1,7182}$ ($R^2 = 95,6\%$), klon GT1 $V_{GT1} = 0,5818G^{1,0352}$, ($R^2 = 97,8\%$), klon PR261 $V_{PR261} = 0,5651G^{0,6471}$ ($R^2 = 93,5\%$) and the mixed clones, $V = 0,5806G^{0,5696}$ ($R^2 = 98,6\%$). At replanting time, rubber wood has a potential used for sawn timber, plywood, veneer and MDF raw materials. The biggest utilization of rubber wood is for MDF raw materials, because in MDF processing all parts of the trees can be utilized.

Keywords: Clone, hevea brasiliensis, stem girth, and volume estimation

JOURNAL OF PLANTATION FOREST RESEARCH

ISSN : 1829-6327

Vol. 14 No. 2, 2017

E-ISSN : 2442-8930

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

UDC/ODC 630*414

Ai Rosah Aisah (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Nusa Tenggara Barat), Bonny PW Soekarno (Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor), dan Achmad (Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor)

Patogenisitas Isolat *Botryodiplodia* spp. Terhadap Bibit Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq)
J. Pen. Htn Tnm Vol. XIV No. 2, 2017 p: 85-101

Isolat *Botryodiplodia* spp. berpotensi menyebabkan penyakit mati pucuk pada bibit jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq). Lima isolat *Botryodiplodia* spp. diinokulasikan terhadap bibit jabon untuk menentukan tingkat virulensi isolat, mengetahui mekanisme infeksi patogen dan mekanisme pertahanan tanaman inang. Tingkat virulensi isolat ditentukan melalui nilai keparahan penyakit pada tanaman inang; mekanisme infeksi patogen dilakukan melalui pengukuran aktivitas enzim pektinase dan selulase; sedangkan mekanisme pertahanan tanaman inang dilakukan melalui pengukuran aktivitas enzim peroksidase. Isolat *Botryodiplodia* spp. yang virulen menghasilkan keparahan penyakit > 50%. Isolat-isolat tersebut adalah *Botryodiplodia* sp. 1, *Botryodiplodia* sp. 2, dan *Botryodiplodia* sp. 3 yang secara berturut-turut menunjukkan aktivitas pektinase sebesar 21,311; 18,131; 26,083 U/ml, dan aktivitas selulase sebesar 0,014; 0,015; 0,023 U/ml. Adapun aktivitas peroksidase tanaman inang setelah diinokulasi patogen, yaitu berkisar 0,0006-0,0012 UAE/g. Berdasarkan penelitian ini, tiga isolat *Botryodiplodia* spp. bersifat virulen terhadap bibit jabon dan melibatkan kekuatan enzim sebagai mekanisme infeksi, sedangkan mekanisme pertahanan inang melibatkan aktivitas peroksidase.

Kata kunci: Infeksi patogen, mati pucuk, pertahanan inang

UDC/ODC 630*176.1

Cica Ali (Balai Litbang Lingkungan Hidup dan Kehutanan Aek Nauli) dan Aam Aminah (Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan)

Perkembangan Bunga dan Buah Pirdot (*Saurauia bracteosa* DC.) di Arboretum Aek Nauli
J. Pen. Htn Tnm Vol. XIV No. 2, 2017 p: 103-113

Saurauia bracteosa DC. memiliki potensi sebagai obat kanker dan tumor, namun informasi mengenai sistem reproduksinya hingga saat ini belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahap perkembangan bunga dan buah *S. bracteosa*. Penelitian dilakukan dengan metode observasi terhadap bunga dan buah *S. bracteosa* meliputi: karakteristik struktur bunga dan tahapan perkembangan bunga sampai buah masak. Perkembangan pembungaan dan pembuahan diklasifikasikan ke dalam lima fase yaitu fase inisiasi, fase kuncup kecil, fase kuncup besar, bunga mekar, dan fase perkembangan buah. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan warna, bentuk, ukuran, dan periode waktu dari setiap tahap perkembangan bunga dan buah dari 20 pembungaan pada empat pohon sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata lama pembungaan dan pembuahan spesies *S. bracteosa* mulai awal inisiasi hingga buah masak adalah 145 hari. Durasi yang dibutuhkan untuk setiap fase adalah fase inisiasi 16 hari, fase kuncup kecil 38 hari, fase kuncup besar 16 hari, fase bunga mekar 5 hari, dan fase perkembangan buah dari bunga gugur hingga buah masak 74 hari.

Kata kunci: Perkembangan bunga, perkembangan buah, *Saurauia bracteosa* DC

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

UDC/ODC 630*176.1

Mashudi, Mudji Susanto (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan) dan Darwo (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan)
Keragaman dan Estimasi Parameter Genetik Bibit Mahoni Daun Lebar (*Swietenia macrophylla* King.) di Indonesia
J. Pen. Htn Tnm Vol. XIV No. 2, 2017 p: 115-125

Mahoni daun lebar (*Swietenia macrophylla* King.) merupakan jenis eksotik dari Amerika Latin yang telah ditanam di Indonesia sejak tahun 1870 oleh Belanda. Jenis ini merupakan kayu pertukangan yang penting di Indonesia. Tujuan penelitian adalah mengetahui keragaman dan nilai parameter genetik bibit *S. macrophylla* sebagai materi untuk membangun uji keturunan. Rancangan percobaan yang digunakan Rancangan Acak Lengkap Berblok Pola Tersarang yang terdiri dari dua faktor, yaitu ras lahan (Banjar-Jabar, Samigaluh-Kulonprogo, Bondowoso-Jatim, dan Lombok-NTB); dan pohon induk (35 pohon induk). Masing-masing pohon induk diamati 5 bibit dan diulang sebanyak 5 kali. Pada penelitian ini faktor pohon induk bersarang dalam faktor ras lahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa ras lahan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi, diameter batang, dan indeks kekokohan, sedang pohon induk berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi, diameter batang, jumlah daun, dan indeks kekokohan. Nilai heritabilitas individu sifat tinggi, diameter batang, jumlah daun, dan indeks kekokohan berturut-turut sebesar 0,35, 0,40, 0,17, dan 0,48, serta nilai heritabilitas famili untuk sifat tinggi, diameter batang, jumlah daun dan indeks kekokohan berturut-turut sebesar 0,74, 0,75, 0,54, dan 0,77. Korelasi genetik antara tinggi dengan diameter batang (0,70), tinggi dengan indeks kekokohan (0,40), dan jumlah daun dengan indeks kekokohan (0,52) bernilai positif. Sementara itu korelasi genetik antara tinggi dengan jumlah daun (-0,03), diameter batang dengan jumlah daun (-0,46), dan diameter batang dengan indeks kekokohan (-0,67) bernilai negatif.

Kata kunci : Heritabilitas, keragaman genetik, korelasi genetik, ras lahan, *Swietenia macrophylla*

UDC/ODC 630*176.1:168

Yusuf Sigit Ahmad Fauzan (Program Studi Silvikultur Tropika, Sekolah Pasca Sarjana IPB), Supriyanto (Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB) dan Teuku Tajuddin (³Laboratorium Bioteknologi, BPPT)
Respon Pertumbuhan dan Morfologi Planlet Jati (Tectona grandis) sebagai Deteksi Dini poliploidi Pada Kultur In Vitro
J. Pen. Htn Tnm Vol. XIV No. 2, 2017 p: 127-138

Pendugaan tingkat ploidi dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain: penanda morfologi, respon pertumbuhan, anatomi, sitologi, dan molekuler. Metode yang paling sederhana dan mudah dilakukan, terutama untuk deteksi dini yaitu dengan penanda morfologi dan respon pertumbuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati deteksi dini terjadinya poliploidisasi Tectona grandis akibat pemberian kolkisin pada kultur in vitro. Ruas nodus eksplan jati direndam dalam 3 konsentrasi kolkisin (0, 15, dan 30 µM) selama 5 hari, untuk selanjutnya dilakukan kultur in vitro selama 8 minggu. Pengamatan terhadap tinggi daun, jumlah daun dan morfologi daun dilakukan pada minggu ke-2, ke-4, dan ke-6 setelah tanam. Hasil penelitian menunjukkan pemberian kolkisin berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi dan berpengaruh nyata terhadap jumlah daun. Pertumbuhan tinggi daun dan jumlah daun mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi kolkisin. Tinggi planlet akibat perlakuan perendaman 0, 15, dan 30 µM kolkisin adalah 4,14; 3,82; dan 3,12 cm; sedangkan jumlah daun sebanyak 8,72; 8,4, dan 7,5. Peningkatan konsentrasi kolkisin menyebabkan peningkatan perubahan morfologi. Perubahan morfologi perlakuan kontrol, 15 dan 30 µM kolkisin sebesar 26,60%, 46,66%, dan 93,33%. Perubahan karena poliploidi berbeda dengan perubahan karena media. Perubahan akibat poliploidi menyebabkan perubahan pada tinggi planlet, jumlah daun, serta morfologi; sedangkan perubahan media tanam menyebabkan vitrifikasi. Adanya respon pemberian kolkisin pada kultur in vitro T. grandis memungkinkan pertumbuhan dan morfologi sebagai penanda untuk deteksi dini terjadinya poliploidi.

Kata kunci: Deteksi poliploidi, kolkisin, *Tectona grandis*

JOURNAL OF PLANTATION FOREST RESEARCH

ISSN : 1829-6327

Vol. 14 No. 2, 2017

E-ISSN : 2442-8930

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

UDC/ODC 630*524

Sahuri (Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet)

Model Pendugaan Volume Pohon Karet Saat Peremajaan di Sembawa, Sumatera Selatan

J. Pen. Htn Tnm Vol. XIV No. 2, 2017 p: 139-153

Model penduga volume pohon karet (*Hevea brasiliensis*) disusun berdasarkan satu peubah bebas lilit batang. Penelitian ini bertujuan menyusun model persamaan matematis untuk menduga volume pohon karet jenis klon GT 1, PR 255, PR 261, dan klon gabungan. Penelitian dilaksanakan pada areal peremajaan karet di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa, Sumatera Selatan. Pengambilan sampel pohon dilakukan secara *purposive*. Model penduga volume pohon karet klon GT1, PR255, PR261, dan klon gabungan dipengaruhi oleh lilit batang setinggi dada dan dipengaruhi oleh jenis klon. Model penduga volume klon PR255, $V_{PR255}=0,5827G^{1,7182}$ ($R^2=95,6\%$), klon GT1 $V_{GT1}=0,5818G^{1,0352}$ ($R^2=97,8\%$), klon PR261 $V_{PR261}=0,5651G^{0,6471}$ ($R^2=93,5\%$), dan klon gabungan, $V=0,5806G^{0,5696}$ ($R^2=98,6\%$). Pada saat peremajaan, kayu karet memiliki potensi untuk digunakan dalam industri kayu gergajian, kayu lapis, *veneer*, dan bahan baku MDF. Pemanfaatan kayu karet terbesar adalah untuk bahan baku MDF, karena pada pengolahan MDF semua bagian pohon dapat dimanfaatkan.

Kata kunci: *Hevea brasiliensis*, klon, lilit batang, dan pendugaan volume

PATOGENISITAS ISOLAT *Botryodiplodia* spp. TERHADAP BIBIT JABON (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq)

*Pathogenicity of Botryodiplodia spp. Isolates on Jabon (Anthocephalus cadamba (Roxb.)
Miq) Seedlings*

Ai Rosah Aisah^{1*}, Bonny PW Soekarno², dan/and Achmad³

¹ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Nusa Tenggara Barat
Jl. Raya Peninjauan Narmada Tlp. +62-370-671312; Fax +62-370-671620, Lombok Barat 83371,
Nusa Tenggara Barat, Indonesia

²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jl. Lingkar Kampus IPB Tlp. +62-251-8629364; Fax. +62-251-8629362, Bogor 16680, Indonesia

³Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Lingkar Kampus IPB, Tlp. +62-251-8626806; Fax. +62-251-8626886, Bogor 16680, Indonesia

*Email: arosfito10@gmail.com

Tanggal diterima: 1 September 2016; Tanggal direvisi: 29 Oktober 2017;

Tanggal disetujui: 24 Desember 2017

ABSTRACT

Botryodiplodia spp. potentially cause dieback disease on jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq) seedlings. Five isolates of *Botryodiplodia* spp were inoculated on jabon seedling to find out its virulence levels, mechanism of pathogen attack and mechanism of host plant defense. The virulence levels was estimated by disease severity of host plants; the pathogen attack mechanism was done by measuring pectinase and cellulase enzyme activities; whereas host plant defense mechanism was determined by measuring peroxidase enzyme activity. The virulent isolates caused disease severity > 50%. *Botryodiplodia* sp1, *Botryodiplodia* sp2, and *Botryodiplodia* sp3 showed pectinase activities of 21.31; 18.13; 26.08 U/ml, and cellulase 0.014; 0.015; 0.023 U/ml, respectively. The peroxidase activity of host plants after pathogen inoculated was ranging from 0.0006 to 0.0012 UAE/g. Based on this research, three *Botryodiplodia* spp. isolates were virulent on jabon seedlings and involved enzymatic strength as attack mechanism, whereas the host plant defense mechanism involved peroxidase activity.

Key words: Dieback, host defense, pathogen attack

ABSTRAK

Isolat *Botryodiplodia* spp. berpotensi menyebabkan penyakit mati pucuk pada bibit jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq). Lima isolat *Botryodiplodia* spp. diinokulasikan terhadap bibit jabon untuk menentukan tingkat virulensi isolat, mengetahui mekanisme infeksi patogen dan mekanisme pertahanan tanaman inang. Tingkat virulensi isolat ditentukan melalui nilai keparahan penyakit pada tanaman inang; mekanisme infeksi patogen dilakukan melalui pengukuran aktivitas enzim pektinase dan selulase; sedangkan mekanisme pertahanan tanaman inang dilakukan melalui pengukuran aktivitas enzim peroksidase. Isolat *Botryodiplodia* spp. yang virulen menghasilkan keparahan penyakit > 50%. Isolat-isolat tersebut adalah *Botryodiplodia* sp. 1, *Botryodiplodia* sp. 2, dan *Botryodiplodia* sp. 3 yang secara berturut-turut menunjukkan aktivitas pektinase sebesar 21,31; 18,13; 26,08 U/ml, dan aktivitas selulase sebesar 0,014; 0,015; 0,023 U/ml. Adapun aktivitas peroksidase tanaman inang setelah diinokulasi patogen, yaitu berkisar 0,0006-0,0012 UAE/g. Berdasarkan penelitian ini, tiga isolat *Botryodiplodia* spp. bersifat virulen terhadap bibit jabon dan melibatkan kekuatan enzim sebagai mekanisme infeksi, sedangkan mekanisme pertahanan inang melibatkan aktivitas peroksidase.

Kata kunci: Infeksi patogen, mati pucuk, pertahanan inang

I. PENDAHULUAN

Jabon merupakan salah satu jenis tanaman yang memiliki prospek tinggi untuk dikembangkan di hutan tanaman industri dan digunakan sebagai tanaman penghijauan. Hal ini dikarenakan jabon memiliki pertumbuhan yang cepat, mampu beradaptasi pada berbagai kondisi tempat tumbuh, dan perlakuan silvikultur relatif mudah. Jenis ini diharapkan dapat menjadi komoditas penting bagi industri perkebunan di masa yang akan datang, terutama ketika bahan baku kayu dari hutan alam akan semakin berkurang (Krisnawati, Kallio, & Kanninen, 2011).

Karakteristik yang dimiliki tanaman jabon menjadi daya tarik bagi masyarakat. Tanaman ini dapat digunakan sebagai bahan investasi berupa kayu atau dimanfaatkan untuk usaha konservasi lingkungan. Guna memenuhi kebutuhan masyarakat, maka usaha pembibitan jabon mulai banyak dilakukan. Perbanyak tanaman ini dapat dilakukan secara generatif melalui pengecambahan biji (Krisnawati *et al.*, 2011) maupun vegetatif melalui stek pucuk (Putra, Indriyanto, & Riniarti, 2014).

Usaha perbanyak tanaman jabon berpotensi mendapat gangguan penyakit di areal persemaian. Gangguan ini merupakan salah satu kendala yang umum dihadapi dalam usaha regenerasi tanaman hutan karena dapat mengurangi kualitas maupun kuantitas bibit. Penyakit yang umum mengganggu tanaman di persemaian adalah layu, busuk akar (Krishnan, Kalia, Tewari, & Roy, 2014), rebah kecambah (Achmad *et al.*, 2012), bercak dan hawar daun, karat daun (Pathak, Maru, HN, & SC, 2015), serta mati pucuk (Aisah, Soekarno, & Achamd, 2015). Penyakit tersebut dapat mengganggu pertumbuhan tanaman atau bahkan menyebabkan kematian, sehingga dapat merugikan pengusaha.

Penelitian Aisah *et al.* (2015) menunjukkan bahwa penyakit mati pucuk

pada bibit jabon dapat menyebabkan kematian tanaman. Penyakit ini disebabkan oleh *Botryodiplodia* spp. (sinonim *Lasioidiplodia* sp.).

Serangan *Botryodiplodia* sp. dapat menghasilkan gejala yang berbeda pada tanaman inang yang berbeda. Serangan *Botryodiplodia theobromae* (Pat.) menyebabkan penurunan pertumbuhan tanaman hingga kematian pada tanaman jambu (*Psidium guajava* Linn.) (Safdar, Khan, & Safdar, 2015), mati pucuk pada tanaman sisham (*Dalbergia sissoo* Roxb.) dan tanaman anggur (*Vitis vinifera* L.) (Ahmad, Khan, & Siddiqui, 2012; Rodríguez-Gálvez, Maldonado, & Alves, 2015), kemudian pada tanaman karet muda menyebabkan tekstur permukaan batang menjadi kasar dan berwarna coklat (Nurhasanah, 2012). Sementara itu, cendawan *Lasioidiplodia theobromae* (Pat.) pada tanaman jarak (*Jatropha curcas* L.) menyebabkan busuk akar dan pangkal batang (Adandonon, Datinon, Baimey, & Toffa, 2014).

Isolat cendawan *Botryodiplodia* spp. telah berhasil diisolasi oleh Aisah *et al.* (2015) dari bibit jabon yang memperlihatkan gejala mati pucuk. Lima dari 9 isolat *Botryodiplodia* spp. yang berhasil diisolasi oleh Aisah *et al.* (2015) selanjutnya digunakan dalam penelitian. Lima isolat tersebut dipilih karena mampu menghasilkan gejala yang identik dengan gejala alami mati pucuk pada saat dilakukan postulat Koch dan memiliki masa inkubasi relatif cepat. Oleh karena itu, penelitian dilakukan dengan tujuan untuk menentukan tingkat virulensi isolat patogen serta mempelajari mekanisme infeksi patogen terhadap tanaman inang dan mekanisme pertahanan tanaman inang terhadap infeksi patogen, dengan harapan penyakit ini dapat dikendalikan melalui upaya rekayasa terhadap patogen, inang, atau lingkungan setelah diketahui mekanisme infeksi patogen dan mekanisme pertahanan inang.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikologi (Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor) untuk kegiatan kultivasi isolat cendawan, rumah *paranet* Bagian Perlindungan Hutan (Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor) untuk kegiatan uji patogenisitas isolat cendawan, dan Laboratorium Rekayasa Bioproses (Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor) untuk analisis mekanisme infeksi patogen dan mekanisme pertahanan inang. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juli sampai dengan Desember 2013.

B. Metode

Penelitian terdiri atas tiga kegiatan, yaitu: (1) penyiapan isolat dan uji

patogenisitas isolat *Botryodiplodia* spp., (2) analisis mekanisme infeksi cendawan patogen terhadap tanaman inang, dan (3) analisis mekanisme pertahanan tanaman inang terhadap infeksi patogen.

1. Penyiapan isolat dan uji patogenisitas isolat *Botryodiplodia* spp.

Isolat yang digunakan merupakan cendawan *Botryodiplodia* spp. yang berhasil diisolasi oleh Aisah *et al.* (2015) dari bibit jabon yang terinfeksi penyakit mati pucuk. Cendawan *Botryodiplodia* spp. yang digunakan terdiri atas lima isolat, dan diberi kode *Botryodiplodia* sp. 1, *Botryodiplodia* sp. 2, *Botryodiplodia* sp. 3, *Botryodiplodia* sp. 4, dan *Botryodiplodia* sp. 5 (Tabel 1).

Tabel (Table) 1. Asal, karakter makroskopik dan mikroskopik isolat *Botryodiplodia* spp. (*The origin, macroscopic and microscopic characters of Botryodiplodia spp. isolates*)

Isolat (<i>Isolates</i>)	Asal isolat (<i>Origin of isolates</i>)	Karakter isolat (<i>Isolate characters</i>)	
		Makroskopik (<i>Macroscopic</i>)	Mikroskopik (<i>Microscopic</i>)
<i>Botryodiplodia</i> sp1	Persemaian di daerah Situ Gede 1 (<i>Nursery in Situ Gede 1 area</i>)	Koloni pada awalnya berwarna putih, kemudian warna pada bagian bawah cawan perlahan-lahan akan berubah menjadi putih keabuan. Isolat memenuhi cawan petri (Ø 9 cm) setelah dua hari inkubasi, dan memiliki morfologi koloni <i>rugose</i> dan <i>fluffy</i> (<i>The colonies were initially white, then the color on the bottom of petri dishes gradually turned grayish white. The isolates covered the entire surface of petri dishes (Ø 9 cm) after two days of incubation, and had colony morphologies of rugose and fluffy</i>)	Konidia pada awalnya hialin, selanjutnya akan berubah warna menjadi coklat dan memiliki sekat. Konidia berbentuk <i>ellipsoid</i> atau <i>ovoid</i> dan memiliki ukuran 26 sampai 29 x 13 sampai 16 (<i>The conidia were initially hyaline, then turned brown and had a septate. The conidia were ellipsoid or ovoid and had a size 26 to 29 x 13 to 16 µm</i>)

Tabel (Table) 1. Lanjutan (Continuation)

Isolat (<i>Isolates</i>)	Asal isolat (<i>Origin of isolates</i>)	Karakter isolat (<i>Isolate characters</i>)	
		Makroskopik (<i>Macroscopic</i>)	Mikroskopik (<i>Microscopic</i>)
<i>Botryodiplodia</i> sp2	Persemaian di daerah Situ Gede 1 (<i>Nursery in Situ Gede 1 area</i>)	Koloni miselium pada awalnya berwarna putih, kemudian akan berubah menjadi abu-abu pada bagian permukaan atas, sementara pada bagian bawah cawan berubah menjadi hijau kehitaman. Koloni miselium <i>rugose</i> , <i>cottony</i> , dan isolat dapat memenuhi cawan petri setelah 2 hari inkubasi (<i>The colonies of mycelium were initially white, then turned gray on the upper surface, while on the bottom of petri dishes turned blackish green. The colonies of mycelium were rugose, cottony, and the isolates could cover of petri dishes after two days of incubation</i>)	Konidia muda hialin dan akan berubah menjadi berwarna kecoklatan serta bersekat ketika menjadi konidia matang. Konidia berbentuk <i>ellipsoid</i> atau <i>ovoid</i> dengan ukuran 28 sampai 29 x 16 sampai 17 μm (<i>The immature conidia were hyaline and turned brownish and had a septate when it became mature. The conidia were ellipsoid or ovoid with a size 28 to 29 x 16 to 17 μm</i>)
<i>Botryodip-lodia</i> sp3	Persemaian di daerah Situ Gede 2 (<i>Nursery in Situ Gede 2 area</i>)	Koloni miselium pada awalnya berwarna putih, kemudian berubah menjadi abu-abu pada permukaan bagian atas, dan hijau kehitaman pada bagian bawah cawan. Koloni <i>rugose</i> , <i>velvety</i> , dan isolat dapat memenuhi cawan petri setelah tiga hari inkubasi (<i>The colonies of mycelium were initially white, then turned gray on the upper surface, and blackish green on the bottom of petri dishes. The colonies were rugose, velvety, and the isolates could cover the petri dishes surface after three days of incubation</i>)	Konidia hialin pada saat muda dan berwarna kecoklatan serta bersekat saat konidia matang. Konidia berbentuk <i>ellipsoid</i> atau <i>ovoid</i> dengan ukuran 27 sampai 30 x 13 sampai 14 μm (<i>The conidia were hyaline when immature and brownish and had a septate when mature. The conidia were ellipsoid or ovoid with a size 27 to 30 x 13 to 14 μm</i>)
<i>Botryodiplodia</i> sp4	Persemaian di Fakultas Kehutanan IPB (<i>Nursery in Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University</i>)	Koloni pada awalnya berwarna putih, kemudian berubah menjadi abu-abu dan lama-kelamaan menjadi hitam baik pada permukaan bagian atas maupun bagian bawah cawan. Morfologi koloni <i>rugose</i> , <i>velvety</i> , dan isolat dapat memenuhi cawan petri setelah tiga hari inkubasi (<i>The colonies were initially white, then turned gray and gradually turned black both on the upper or bottom surfaces of petri dishes. The morphology of colonies were rugose, velvety, and isolates could cover of petri dishes surface after three days of incubation</i>)	Konidia hialin ketika muda dan berwarna coklat serta bersekat ketika matang. Konidia berbentuk <i>ellipsoid</i> atau <i>ovoid</i> dengan ukuran 27 sampai 30 x 15 sampai 16 μm (<i>The conidia were hyaline when immature and brown and had a septate when mature. The conidia were ellipsoid or ovoid with a size 27 to 30 x 15 to 16 μm</i>)

**Patogenisitas Isolat *Botryodiplodia* spp. Terhadap Bibit Jabon
(*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq)**

Ai Rosah Aisah, Bonny PW Soekarno, dan Achmad

Tabel (Table) 1. Lanjutan (Continuation)

Isolat (<i>Isolates</i>)	Asal isolat (<i>Origin of isolates</i>)	Karakter isolat (<i>Isolate characters</i>)	
		Makroskopik (<i>Macroscopic</i>)	Mikroskopik (<i>Microscopic</i>)
<i>Botryodiplodia</i> sp5	Persemaian di Fakultas Kehutanan IPB (<i>Nursery in Faculty of Forestry, Bogor Agricultural University</i>)	Koloni isolat pada awalnya berwarna putih keabuan pada bagian permukaan atas dan hijau kehitaman pada bagian bawah cawan. Warna selanjutnya berubah menjadi abu-abu kehitaman pada permukaan atas dan hijau kehitaman pada bagian bawah cawan (<i>The colonies of isolates were initially grayish white on the upper surface and blackish green on the bottom of petri dishes. The next color turned to blackish gray on the upper surface and blackish green on the bottom of petri dishes</i>)	Konidia hialin pada saat muda, lalu berubah menjadi berwarna coklat dan bersekat ketika matang. Konidia memiliki ukuran 27 sampai 29 x 14 sampai 16 µm (<i>The conidia were hyaline when immature, then turned brown and had a septate when mature. The size of conidia was 27 to 29 x 14 to 16 µm</i>)

Sumber (*Source*): Aisah (2014)

Sampel tanaman yang digunakan untuk uji patogenisitas adalah bibit jabon umur ± 4 bulan dari penyapihan. Sebelum diinokulasi, batang bagian atas bibit disterilisasi permukaan dengan alkohol 70%, kemudian dibilas dengan akuades steril. Setelah itu, batang dilukai dengan menggunakan jarum suntik steril. Inokulasi setiap isolat dilakukan sebanyak 4 ulangan dan setiap ulangan terdiri atas 5 bibit jabon.

Lima isolat *Botryodiplodia* spp. yang digunakan dalam penelitian ini dapat menghasilkan gejala mati pucuk pada kegiatan uji postulat Koch (Aisah *et al.*, 2015). Penyiapan sumber inokulum dan teknik inokulasi dilakukan berdasarkan metode Ismail *et al.* (2012) dengan modifikasi pada lama waktu dan tempat inkubasi tanaman, yaitu selama tujuh hari inkubasi di rumah paranet. Sumber inokulum diperoleh dengan cara memotong bagian ujung koloni isolat cendawan umur tujuh hari dengan *cork borer* (Ø 7 mm). Setelah itu, potongan agar ditempel pada batang bagian atas yang telah dilukai. Sebagai kontrol, bagian batang ditempeli dengan blok agar

tanpa koloni isolat cendawan. Potongan blok agar yang ditempel pada bagian batang selanjutnya ditutup dengan kapas lembab dan aluminium foil selama tujuh hari atau sampai muncul gejala. Tanaman yang telah diinokulasi selanjutnya diinkubasi di rumah paranet dengan menggunakan rancangan percobaan acak kelompok lengkap satu faktor, yaitu faktor macam isolat cendawan. Pengamatan kejadian penyakit dan keparahan penyakit dilakukan setelah 14 hari masa inkubasi. Kejadian penyakit ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Ahmad *et al.*, 2012):

$$KjP = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

KjP = Kejadian penyakit

n = Jumlah tanaman yang sakit

N = Jumlah tanaman yang diamati

Keparahan penyakit ditentukan dengan menggunakan skoring mulai dari nol sampai dengan empat (Gambar 1). Rumus yang digunakan adalah sebagai

berikut (Stević, Vukša, & Elezović, 2010):

$$K_{pP} = \frac{\sum n \times v}{N \times V} \times 100\%$$

Keterangan:

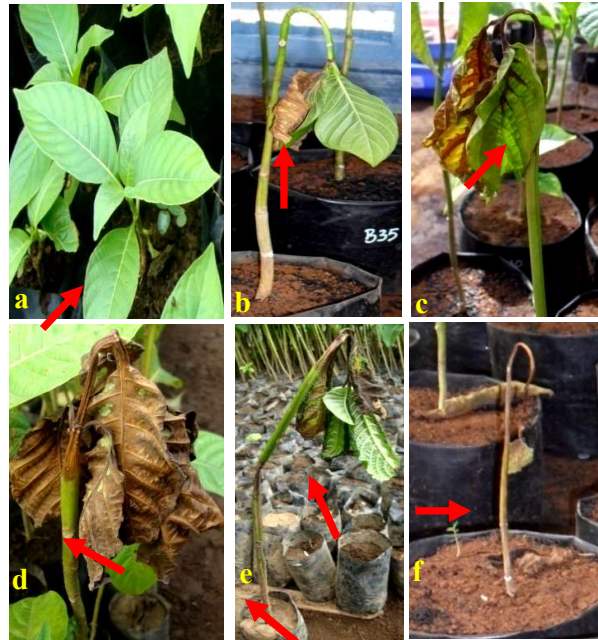
KpP = Keparahan penyakit

n = Jumlah tanaman yang tergolong ke dalam suatu kategori infeksi

v = Skor pada setiap kategori infeksi

N = Jumlah tanaman yang diamati

V = Skor untuk kategori infeksi terberat



Gambar (Figure) 1. Skoring keparahan gejala penyakit mati pucuk pada bibit jabon: a) 0 = tanaman tidak bergejala; b-c) 1 = tanaman terlihat layu atau $\leq 25\%$ bagian tanaman mengalami nekrosis; d) 2 = 26-50% bagian tanaman mengalami nekrosis; e) 3 = $> 50\%$ bagian tanaman mengalami nekrosis; dan f) 4 = tanaman mati (*Disease severity scores of dieback disease on jabon seedlings: a) 0 = no symptom; b-c) 1 = plant looked wilt or got necrotic of plant $\leq 25\%$; d) 2 = necrotic of plant 26-50%; e) 3 = necrotic of plant $> 50\%$; and f) plant die*)

Sumber (Source): Aisah (2014)

Data kejadian dan keparahan penyakit selanjutnya dianalisis ragam dengan menggunakan program SAS 9.1.3. Jika perlakuan berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji selang berganda Duncan dengan taraf uji 5%, sesuai dengan model rancangan percobaan acak kelompok lengkap (Mattkjik & Sumertajaya, 2013).

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

i = 1, 2, ..., r dan j = 1, 2, ..., r

Y_{ij} = Pengamatan pada perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

μ = Rataan umum

τ_i = Pengaruh perlakuan ke-i

β_j = Pengaruh kelompok ke-j

ε_{ij} = Pengaruh acak pada perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

2. Analisis mekanisme infeksi cendawan patogen terhadap tanaman inang

Mekanisme infeksi patogen terhadap tanaman inang dipelajari melalui pengukuran aktivitas pektinase dan selulase dari isolat *Botryodiplodia* spp. yang memiliki tingkat virulensi tinggi (keparahan penyakit > 50%). Analisis ini dilakukan untuk mendeteksi ada atau tidaknya aktivitas enzim pektinase dan selulase pada cendawan patogen. Oleh karena itu, dalam tahapan ini tidak digunakan rancangan percobaan. Pengukuran aktivitas enzim diawali dengan mengulurkan isolat cendawan *Botryodiplodia* spp. pada media CMS (*Corn Meal Sand*). Hal ini dilakukan berdasarkan metode Achmad *et al.* (2012) dengan modifikasi pada jumlah potongan batang bibit jabon yang ditambahkan pada media CMS dan masa inkubasi isolat. Satu potongan isolat cendawan *Botryodiplodia* spp. (\emptyset 7 mm) ditumbuhkan pada media CMS steril yang diberi tambahan 1 gram potongan batang bibit jabon (umur \pm 4 bulan dari penyapihan). Batang bibit jabon yang digunakan disterilisasi permukaan terlebih dahulu dengan cara direndam dalam NaOCl 1% selama \pm 2 menit, kemudian dicuci dengan air steril sebanyak tiga kali. Media CMS terdiri atas campuran pasir, hancuran biji jagung, dan air (96:4:20 (g:g:ml)). Media CMS yang telah diinokulasi cendawan selanjutnya di-inkubasi selama 2 minggu pada suhu ruang, kemudian dilakukan ekstraksi enzim. Ekstraksi dan analisis aktivitas enzim dilakukan oleh tenaga analis dari Laboratorium Rekayasa Bioproses, Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor.

3. Analisis mekanisme pertahanan tanaman inang terhadap infeksi patogen

Mekanisme pertahanan inang terhadap infeksi patogen dilakukan melalui metode pendekatan aktivitas peroksidase tanpa menggunakan rancangan percobaan. Kegiatan diawali dengan mempersiapkan bahan berupa bibit jabon umur \pm 4 bulan dari penyapihan. Selanjutnya, isolat *Botryodiplodia* sp1, *Botryodiplodia* sp2, *Botryodiplodia* sp3, *Botryodiplodia* sp4, dan *Botryodiplodia* sp5 masing-masing diinokulasikan pada satu tanaman jabon. Sebagai kontrol, bibit diinokulasi blok agar tanpa isolat cendawan. Setelah muncul gejala (3 hari setelah inokulasi), bagian daun bibit jabon digunakan sebagai bahan untuk analisis aktivitas peroksidase. Ekstraksi dan analisis aktivitas enzim dilakukan oleh tenaga analis dari Laboratorium Rekayasa Bioproses, Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor berdasarkan metode Simon & Ross (1970).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Uji patogenisitas isolat *Botryodiplodia* spp.

Lima isolat *Botryodiplodia* spp. yang diinokulasikan pada bibit jabon mampu menimbulkan gejala nekrosis pada titik inokulasi, dan selanjutnya berkembang menjadi penyakit mati pucuk (Gambar 2). Gejala muncul setelah dua hari masa inkubasi untuk isolat *Botryodiplodia* sp1, *Botryodiplodia* sp2, *Botryodiplodia* sp3, dan tiga hari untuk isolat *Botryodiplodia* sp4 dan *Botryodiplodia* sp5. Gejala penyakit umumnya berkembang relatif cepat sehingga pada inkubasi hari ke-4 atau ke-5 tanaman mulai terlihat terkulai, dan apabila gejala terus berkembang maka bagian atas tanaman mengalami kemati-

an. Perkembangan nekrosis atau menyusutnya batang umumnya menjadi lebih lambat ketika sudah mencapai pangkal batang. Bagian dalam batang tanaman yang sudah mati memperlihatkan adanya warna kecoklatan atau justru sudah tidak berisi jaringan batang.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan inokulasi lima isolat *Botryodiplodia* spp. berpengaruh sangat nyata terhadap persentase kejadian penyakit (Tabel 2). Kejadian penyakit

yang dihasilkan oleh kelima isolat *Botryodiplodia* spp. cukup beragam. Persentase kejadian penyakit paling tinggi dihasilkan isolat *Botryodiplodia* sp1 dan *Botryodiplodia* sp3 (90%), kemudian diikuti isolat *Botryodiplodia* sp2 (70,67%), isolat *Botryodiplodia* sp5 (32,31%), dan *Botryodiplodia* sp4 (26,57%), sedangkan kontrol tidak memperlihatkan adanya gejala (0%) (Tabel 2).



Sumber (Source): Aisah (2014)

Gambar (Figure) 2. Gejala mati pucuk pada bibit jabon setelah diinokulasi lima isolat *Botryodiplodia* spp.: a) isolat *Botryodiplodia* sp1, b) isolat *Botryodiplodia* sp2, c) isolat *Botryodiplodia* sp4, d) isolat *Botryodiplodia* sp5, e) isolat *Botryodiplodia* sp3, dan f) kontrol (*dieback symptoms on jabon seedlings after inoculation of five Botryodiplodia* spp. isolates: a) *Botryodiplodia* sp1 isolate, b) *Botryodiplodia* sp2 isolate, c) *Botryodiplodia* sp4 isolate, d) *Botryodiplodia* sp5 isolate, e) *Botryodiplodia* sp3 isolate, and f) control)

Tabel (Table) 2. Hasil uji selang berganda Duncan kejadian penyakit mati pucuk pada bibit jabon (*Duncan's multiple range test for the incidence of dieback disease on jabon seedlings*)*

Perlakuan (Treatment)	N ¹	Nilai rata-rata kejadian penyakit (Average value of incidence of disease ²) (%)
<i>Botryodiplodia</i> sp1	4	90,00 ± 0,00 ^a
<i>Botryodiplodia</i> sp2	4	70,67 ± 24,41 ^a
<i>Botryodiplodia</i> sp3	4	90,00 ± 0,00 ^a
<i>Botryodiplodia</i> sp4	4	26,57 ± 0,00 ^b
<i>Botryodiplodia</i> sp5	4	32,31 ± 26,42 ^b
Kontrol (Control)	4	0,00 ± 0,00 ^c

Keterangan (Note): * Data hasil transformasi (*Transformated data*)

¹ Jumlah ulangan (*Number of replication*)

² Nilai rata-rata dengan huruf mutu yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji selang berganda Duncan $\alpha=0.05$ (*average value with same grade letter showed the non-significance effect based on Duncan's multiple range test $\alpha=0.05$*)

Hasil analisis ragam juga menunjukkan bahwa perlakuan inokulasi lima isolat *Botryodiplodia* spp. terhadap bibit jabon memberi pengaruh sangat nyata terhadap keparahan penyakit (Tabel 4). Persentase keparahan penyakit paling tinggi dihasilkan isolat *Botryodiplodia* sp2 (58,68%), kemudian diikuti isolat *Botryodiplodia* sp3 (57,75%) dan *Botryodiplodia* sp1 (50,93%), sedangkan persentase keparahan penyakit paling rendah dihasilkan oleh perlakuan kontrol (0%), kemudian diikuti oleh isolat *Botryodiplodia* sp5 (14,48%) dan *Botryodiplodia* sp4 (23,15%) (Tabel 3).

Isolat *Botryodiplodia* sp2 dan *Botryodiplodia* sp3 dapat menyebabkan kematian bibit lebih dari 50%. Isolat yang memiliki persentase keparahan penyakit lebih dari 50% dikategorikan sebagai isolat virulen (*Botryodiplodia* sp1, *Botryodiplodia* sp2, dan *Botryodiplodia* sp3), sedangkan isolat dengan persentase keparahan penyakit kurang dari 25%

tergolong kurang virulen terhadap bibit jabon (*Botryodiplodia* sp4 dan *Botryodiplodia* sp5).

Mekanisme infeksi cendawan patogen terhadap tanaman inang dilakukan melalui analisis enzim pektinase dan selulase yang umum dikenal sebagai senjata biokimia dari patogen. Cendawan yang diuji merupakan tiga isolat *Botryodiplodia* spp. yang virulen terhadap bibit jabon berdasarkan uji patogenisitas, yaitu *Botryodiplodia* sp1, *Botryodiplodia* sp2, dan *Botryodiplodia* sp3. Hasil analisis enzim menunjukkan bahwa tiga isolat *Botryodiplodia* spp. yang virulen terhadap bibit jabon, memiliki aktivitas pektinase dan selulase (Gambar 3). Aktivitas pektinase yang terdeteksi dari tiga isolat *Botryodiplodia* spp. yaitu berkisar 18,13-26,08 U/ml, sedangkan aktivitas selulase berkisar 0,014-0,023 U/ml.

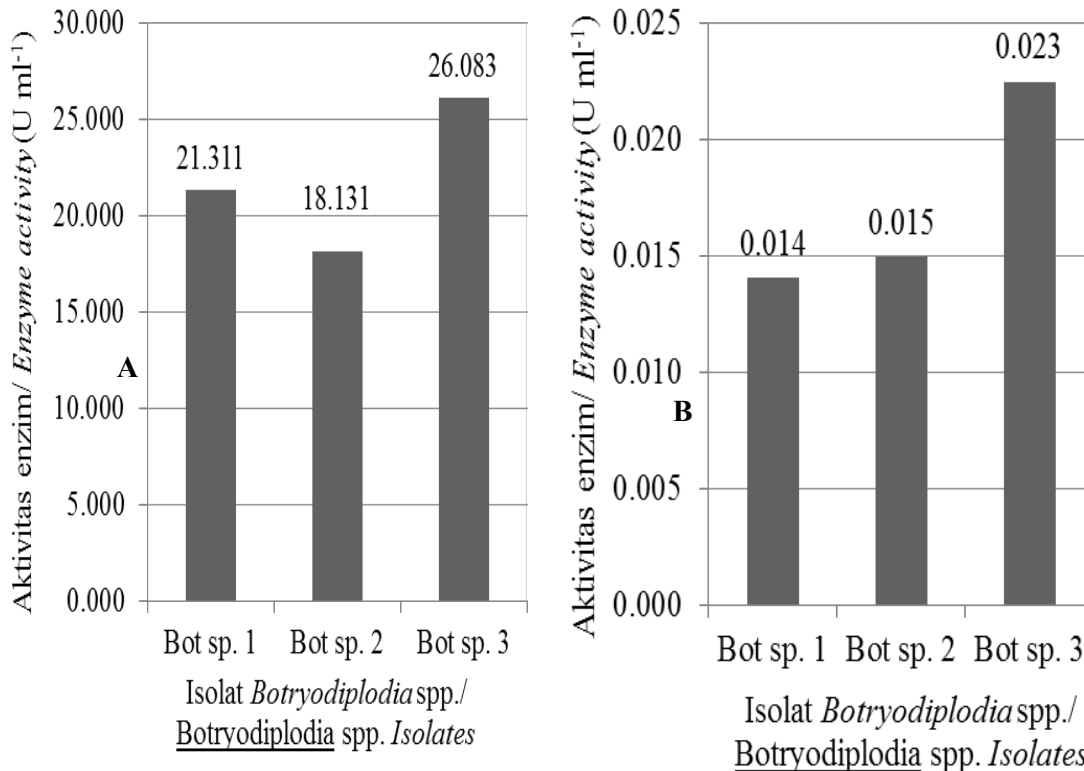
Tabel (Table) 3. Hasil uji selang berganda Duncan keparahan penyakit mati pucuk pada bibit jabon (*Duncan's multiple range test for dieback disease severity on jabon seedlings*)*

Perlakuan (Treatment)	N ¹	Nilai rata-rata keparahan penyakit (Average value of disease severity ²) (%)
<i>Botryodiplodia</i> sp1	4	50,93 ± 8,70 ^a
<i>Botryodiplodia</i> sp2	4	58,68 ± 15,42 ^a
<i>Botryodiplodia</i> sp3	4	57,75 ± 5,39 ^a
<i>Botryodiplodia</i> sp4	4	23,15 ± 6,82 ^b
<i>Botryodiplodia</i> sp5	4	14,48 ± 11,16 ^{bc}
Kontrol (Control)	4	0,00 ± 0,00 ^c

Keterangan (Note):* Data hasil transformasi (*Transformated data*)

¹ Jumlah ulangan (*Number of replication*)

² Nilai rata-rata dengan huruf mutu yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji selang berganda Duncan $\alpha=0.05$ (*average value with same grade letter showed the non-significance effect based on Duncan's multiple range test $\alpha=0.05$*)



Keterangan (Note): *Hasil analisis dari Laboratorium Rekayasa Bioproses, Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor (*Analysis result from Laboratorium Rekayasa Bioproses, Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor*)

Gambar (Figure) 3: Aktivitas pektinase (A) dan selulase (B) tiga isolat *Botryodiplodia* spp. setelah dua minggu masa inkubasi pada media CMS (*Pectinase (A) and cellulase (B) activities of three Botryodiplodia spp. isolates after two weeks incubation on CMS media*)*

2. Mekanisme pertahanan tanaman inang terhadap infeksi patogen

Mekanisme pertahanan inang terhadap infeksi patogen dipelajari melalui analisis aktivitas peroksidase yang dihasilkan tanaman inang. Secara umum, bibit jabon yang diinokulasi dapat menunjukkan aktivitas peroksidase dengan nilai berkisar 0,0006-0,0012 UAE/g (Tabel 4). Selain bibit yang diinokulasi patogen, bibit yang tidak diinokulasi juga memperlihatkan adanya aktivitas peroksidase dengan nilai sebesar 0,0008 UAE/g.

B. Pembahasan

1. Uji patogenisitas isolat *Botryodiplodia* spp.

Botryodiplodia sp. merupakan cendawan di daerah tropis dan subtropis yang dapat menyebabkan berbagai jenis penyakit pada tanaman. Cendawan *L. theobromae* merupakan anggota dari Botryosphaeriaceae, dikenal sebagai patogen dengan lebih dari lima ratus inang dan (Abdollahzadeh, Javadi, Goltapeh, Zare, & Phillips, 2010; Ismail *et al.*, 2012).

Cendawan *Botryodiplodia* sp. secara umum dapat menghasilkan

pertumbuhan radial koloni yang cepat pada media PDA. Pertumbuhan radial koloni isolat dalam penelitian ini serupa dengan penelitian Correia *et al.* (2016) yaitu dapat memenuhi cawan petri setelah dua sampai dengan tiga hari inkubasi pada media PDA. Sementara itu, Kausar, Chohan, & Parveen (2009) menunjukkan bahwa pertumbuhan radial koloni isolat *L. theobromae* pada media PDA dan WA (*Water Agar*) tidak berbeda nyata setelah 7 hari inkubasi.

Isolat *Botryodiplodia* spp. yang diinokulasikan pada bibit jabon dapat berkembang dengan cepat di dalam jaringan tanaman. Cendawan ini dapat menyebabkan batang jabon menjadi menyusut dan kering serta daun menjadi berwarna kecoklatan dan menggulung. Djeugap, Bernier, Dostaler, & Zena (2016) melaporkan serangan *L. theobromae* pada bibit tanaman *corkwood* (*Ricinus dendron heudelotii* (Baill.) Pierre ex Heckel) yang menimbulkan gejala hawar pada pucuk. Gejala yang terus berkembang menyebabkan bibit tanaman layu dan mati pucuk hingga tanaman mati.

Tabel (Table) 4. Aktivitas peroksidase bibit jabon setelah diinokulasi lima isolat *Botryodiplodia* spp. (*Peroxidase activity of jabon seedlings after inoculation of five Botryodiplodia spp. isolates*)*

Isolat (<i>Isolates</i>)	Aktivitas peroksidase (<i>Peroxidase activity</i>) (UAE/g)
<i>Botryodiplodia</i> sp1	0,0012
<i>Botryodiplodia</i> sp2	0,0012
<i>Botryodiplodia</i> sp3	0,0008
<i>Botryodiplodia</i> sp4	0,0008
<i>Botryodiplodia</i> sp5	0,0006
Kontrol (<i>Control</i>)	0,0008

Keterangan (*Note*): *Hasil analisis dari Laboratorium Rekayasa Bioproses, Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor (*Analysis result from Laboratorium Rekayasa Bioproses, Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor*)

Inokulasi merupakan tahap awal dari suatu siklus penyakit. Tahap ini selanjutnya akan diikuti oleh tahap penetrasi, infeksi, dan diseminasi. Inokulasi isolat *Botryodiplodia* spp. Dilakukan secara buatan. Cendawan dapat memasuki jaringan tanaman jabon melalui luka atau penetrasi langsung (Aisah *et al.*, 2015). Sementara itu, nilai keparahan penyakit mati pucuk yang dihasilkan isolat virulen cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian Achamd & Arshinta (2014) yang memiliki nilai keparahan sebesar 42% pada bibit jabon umur \pm 4 bulan dari penyapihan.

Masa inkubasi yang dibutuhkan *Botryodiplodia* spp. untuk menimbulkan gejala pada bibit jabon relatif pendek dan penyakit dapat berkembang dengan cepat. Nekrosis yang muncul pada titik inokulasi dapat berkembang hingga menyebabkan kematian tanaman. Li *et al.* (2014) menunjukkan bahwa inokulasi *L. theobromae* pada tanaman peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) mampu menimbulkan gejala seperti tersiram air pada enam jam setelah inokulasi. Gejala tersebut berkembang menjadi warna kemerahan pada satu hari setelah inokulasi dan menyebabkan *gumosis* pada 3 hari setelah inokulasi.

Perkembangan penyakit tumbuhan bergantung pada interaksi antara tiga komponen, yaitu tanaman inang, patogen, dan lingkungan. Perubahan salah satu dari komponen-komponen tersebut akan mempengaruhi keparahan penyakit pada individu atau populasi tanaman inang. Inokulasi isolat *Botryodiplodia* spp. pada semai jabon menghasilkan persentase keparahan penyakit yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa isolat *Botryodiplodia* spp. memiliki derajat patogenisitas yang berbeda, dengan asumsi kondisi tanaman inang dan lingkungan homogen. Prasannath (2013) menyatakan bahwa patogenisitas merupakan kemampuan patogen dalam menyebabkan

penyakit, sedangkan virulensi adalah derajat patogenisitas yang dihasilkan oleh patogen yang bersangkutan.

Berdasarkan tingkat keparahan penyakit, dapat diketahui bahwa tiga dari lima isolat *Botryodiplodia* spp. bersifat virulen terhadap bibit jabon, sedangkan dua isolat lainnya kurang virulen. Isolat virulen tidak hanya dapat menimbulkan gejala lebih cepat pada tanaman inang, tapi juga menghasilkan persentase kematian bibit lebih tinggi jika dibandingkan dengan isolat kurang virulen.

Perbedaan tingkat virulensi isolat *Botryodiplodia* spp. diduga disebabkan oleh faktor genetik atau lingkungan. Faktor genetik dapat mempengaruhi tingkat virulensi cendawan patogen, karena untuk menimbulkan penyakit diperlukan interaksi gen antara patogen dengan inangnya.

2. Mekanisme infeksi cendawan patogen terhadap tanaman inang

Inokulasi isolat *Botryodiplodia* spp. pada bibit jabon berhasil menimbulkan gejala pada bagian yang dilukai. Berdasarkan Aisah *et al.* (2015), inokulasi isolat *Botryodiplodia* spp. terhadap bibit jabon dapat menimbulkan gejala berupa nekrotik, baik pada bagian yang dilukai maupun tidak dilukai. Hal ini menunjukkan bahwa isolat *Botryodiplodia* spp. selain dapat melakukan penetrasi secara pasif juga dapat melakukan penetrasi secara aktif terhadap bibit jabon.

Mekanisme penetrasi secara aktif yang dilakukan cendawan patogen terhadap inangnya dapat dilakukan melalui kekuatan mekanik atau enzimatis. Underwood & Somerville (2008) menyatakan bahwa cendawan yang melakukan penetrasi secara langsung pada epidermis akan menembus kutikula dan dinding sel untuk memperoleh nutrisi dan air. Karena adanya pertahanan pasif dari tanaman inang, maka banyak cendawan yang mengembangkan struktur infeksi khusus yang disebut *apresorium* untuk

membantu menembus kutikula atau dinding sel dengan kekuatan mekanik atau enzimatik.

Pektinase dan selulase ini merupakan enzim pendegradasi dinding sel yang dapat digunakan cendawan patogen untuk proses penetrasi atau kolonisasi. Kikot, Hours, & Alconada (2008) menyatakan bahwa enzim pendegradasi dinding sel berperan dalam patogenesis melalui degradasi lapisan lilin, kutikula, dan dinding sel untuk membantu invasi jaringan dan diseminasi patogen. Enzim ini selanjutnya dapat bertindak sebagai elisitor dalam reaksi pertahanan inang.

Secara umum, tiga isolat uji *Botryodiplodia* spp. (*Botryodiplodia* sp. 1, *Botryodiplodia* sp. 2, dan *Botryodiplodia* sp. 3) dapat menghasilkan pektinase dan selulase. Penelitian Li *et al.* (2012) menunjukkan bahwa *B. theobromae* mampu menghasilkan lima tipe enzim pendegradasi dinding sel, yaitu poligalakturonase (PG), selulase (Cx), pektin metilgalakturonase (PMG), poligalakturonase transeliminase (PGTE) dan pektin metil transeliminase (PMTE) pada kondisi *in vitro* dan kondisi inokulasi.

Aktivitas enzim isolat *Botryodiplodia* spp. memperlihatkan aktivitas pektinase yang lebih tinggi jika dibandingkan selulase. Hal ini diduga karena sampel tanaman yang digunakan masih cukup muda sehingga komponen dinding selnya relatif lebih banyak mengandung pektin. Terdeteksinya aktivitas pektinase dan selulase menunjukkan bahwa isolat *Botryodiplodia* spp. melibatkan kekuatan biokimia untuk menginfeksi tanaman inang.

3. Mekanisme pertahanan tanaman inang terhadap infeksi patogen

Seperti halnya mekanisme infeksi patogen, tanaman inang pun memiliki pertahanan yang bersifat aktif dan pasif.

Pertahanan dasar atau bawaan merupakan bentuk pertahanan pasif yang sudah tersedia sebelum terjadi infeksi patogen, contohnya dinding sel. Underwood (2012) menjelaskan bahwa patogen harus menghadapi rintangan fisik yang terdapat pada dinding sel tanaman inang. Ketika terjadi interaksi inang-patogen, rintangan pasif menghambat akses patogen menuju dinding sel, dan dinding sel secara aktif berubah bentuk dan menebal pada bagian dimana interaksi terjadi.

Apabila patogen berhasil memasuki jaringan inang, maka inang akan mengaktifkan mekanisme pertahanan lain sebagai respon terhadap infeksi patogen. Karena bentuk pertahanan ini muncul setelah adanya infeksi patogen, maka mekanisme ini dikenal dengan pertahanan aktif. Pertahanan aktif inang dapat berupa ledakan oksidatif, perubahan dasar dinding sel, akumulasi metabolit sekunder, aktivasi atau sintesis peptida dan protein pertahanan (Ashry & Mohamed, 2011).

Aktivitas peroksidase umum digunakan untuk mengetahui respon ketahanan dari suatu tanaman inang. Aktivitas enzim ini dapat terdeteksi pada bibit jabon yang diberi perlakuan stress biotik berupa inokulasi cendawan patogen *Botryodiplodia* spp.. Ter-eteksinya aktivitas peroksidase pada bibit jabon menunjukkan bahwa tanaman inang melibatkan pertahanan aktif untuk mengatasi infeksi patogen. Aktivitas peroksidase juga terdeteksi pada bibit jabon yang tidak diinokulasi patogen. Hal ini diduga karena tanaman sedang melakukan sintesis polimer dinding sel, seperti pernyataan Ashry & Mohamed (2011) bahwa salah satu peranan penting enzim peroksidase adalah untuk sintesis polimer dinding sel yang merupakan *barrier* fisik terhadap *stress* biotik dan abiotik.

Lehr, Schrey, Hampp, & Tarkka (2008) melaporkan bahwa inokulasi patogen *Botrytis cinerea* Pers. pada

bagian daun dan inokulasi *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. pada bagian akar bibit tanaman Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) memperlihatkan aktivitas peroksidase yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Sementara itu, Zolfaghari, Hosseini, & Korori (2010) menunjukkan bahwa aktivitas peroksidase pada tanaman beech (*Fagus orientalis* Lipsky) mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya tingkat kekeringan, dan mencapai tingkat maksimum pada saat menjelang musim dingin. Adapun aktivitas paling rendah terjadi pada saat kondisi lingkungan sesuai untuk pertumbuhan tanaman, karena pada kondisi ini tanaman tidak perlu mengeluarkan enzim oksidatif untuk pertahanan terhadap *stress* lingkungan.

Perlakuan inokulasi patogen tidak selalu diikuti oleh peningkatan aktivitas peroksidase inang, bahkan tanaman kontrol (tanpa inokulasi patogen) dapat memiliki aktivitas lebih tinggi dibandingkan tanaman yang dinokulasi patogen. Hal ini diduga sebagai respon terhadap pelukaan yang dilakukan sebelum tahap inokulasi. Meskipun peroksidase memiliki peranan penting dalam pertahanan tanaman, namun aktivitas enzim ini tidak selalu berkorelasi positif dengan tingkat ketahanan inang, karena aktivitas peroksidase bukan satu-satunya mekanisme yang terlibat dalam pertahanan inang terhadap stress biotik atau abiotik.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Isolat *Botryodiplodia* sp1, *Botryodiplodia* sp2, *Botryodiplodia* sp3, *Botryodiplodia* sp4, dan *Botryodiplodia* sp5 memiliki tingkat virulensi yang berbeda terhadap bibit jabon, yaitu bersifat virulen untuk isolat *Botryodiplodia* sp1, *Botryodiplodia* sp2,

dan *Botryodiplodia* sp3, dan kurang virulen untuk isolat *Botryodiplodia* sp4 dan *Botryodiplodia* sp5. Mekanisme infeksi isolat *Botryodiplodia* spp. terhadap bibit jabon salah satunya melibatkan sekresi enzim, yaitu pektinase dan selulase. Sementara itu, mekanisme pertahanan tanaman jabon terhadap infeksi *Botryodiplodia* spp. dilakukan dengan menghasilkan peroksidase.

B. Saran

Tindakan pencegahan terhadap gangguan penyakit mati pucuk pada bibit jabon perlu dilakukan sebelum terjadi infeksi patogen yang dapat dilakukan dengan cara mengurangi kerusakan fisik tanaman, tidak menciptakan kondisi stress pada tanaman, dan mengatur jarak antar tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dadang selaku teknisi di Laboratorium Mikologi, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian IPB; Ibu Tutyn Suryatin selaku teknisi di Laboratorium Patologi Hutan, Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan IPB; Bapak Eter Cahyadi selaku penggiat pembibitan jabon; dan kepada seluruh pihak yang telah membantu kegiatan penelitian sehingga karya tulis ilmiah ini dapat disusun dan diselesaikan. Semoga menjadi materi yang bermanfaat bagi yang membutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahzadeh, J., Javadi, A., Goltapeh, E.M., Zare, R., & Phillips, A.J.L. (2010). Phylogeny and morphology of four new species of *Lasiodiplodia* from Iran. *Persoonia: Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 25, 1–10. <https://doi.org/10.3767/003158510X524150>

- Achamd, & Arshinta, P. (2014). Pathogenicity of *Botryodiplodias* sp. on The Seedling and Growth Characterization of Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq). *Asian Journal of Plant Pathology*, 8(2), 55–62. <https://doi.org/10.3923/ajppaj.2014.55.62>
- Achmad, Hadi, S., Harran, S., Sa'id, E. G., Satiawiharja, B., & Kardin, M. K. (2012). Mekanisme Serangan Patogen Lodoh pada Semai Pinus (*Pinus merkusii*), 3(1), 57–64.
- Adandonon, A., Datinon, B., Baimey, H., & Toffa, J. (2014). First report of *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl causing root rot and collar rot disease of *Jatropha curcas* L. in Benin. *Journal of Applied Biosciences*, 79, 6873–6877. Retrieved from www.ajol.info/
- Ahmad, I., Khan, R.A., & Siddiqui, M.T. (2012). Incidence of dieback disease following fungal inoculations of sexually and asexually propagated shisham (*Dalbergia sissoo*). *Forest Pathology*, 43, 77–82. <https://doi.org/10.1111/efp.12001>
- Aisah, A.R. (2014). *Identifikasi dan Patogenisitas Cendawan Penyebab Primer Penyakit Mati Pucuk pada Bibit Jabon (Anthocephalus cadamba (Roxb.) Miq)*. Institut Pertanian Bogor.
- Aisah, A.R., Soekarno, B.P.W., & Achamd. (2015). Isolasi dan Identifikasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Penyakit Mati Pucuk pada Bibit Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 12(3), 153–163.
- Ashry, N.A., & Mohamed, H.I. (2011). Impact of secondary metabolites and related enzymes in flax resistance and/or susceptibility to powdery mildew. *World Journal of Agricultural Sciences*, 7(1), 78–85. <https://doi.org/10.5897/AJB11.1023>
- Correia, K.C., Silva, M.A., de Morais, M.A., Armengol, J., Phillips, A.J.L., Camara, M.P.S., & Michereff, S.J. (2016). Phylogeny, distribution and pathogenicity of *Lasiodiplodia* species associated with dieback of table grape in the main Brazilian exporting region. *Plant Pathology*, 65(1), 92–103. <https://doi.org/10.1111/ppa.12388>
- Djeugap, J.F., Bernier, L., Dostaler, D., & Zena, G.R.D. (2016). First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing shoot blight of *Ricinodendron heudelotii* seedlings in Cameroon. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 8(1), 59–63. Retrieved from <https://www.researchgate.net/>
- Ismail, A.M., Cirvilleri, G., Polizzi, G., Crous, P.W., Groenewald, J.Z., & Lombard, L. (2012). *Lasiodiplodia* species associated with dieback disease of mango (*Mangifera indica*) in Egypt. *Australasian Plant Pathol.*, 41, 649–660. <https://doi.org/10.1007/s13313-012-0163-1>
- Kausar, P., Chohan, S., & Parveen, R. (2009). Physiological studies on *Lasiodiplodia theobromae* and *Fusarium solani*, the cause of Shesham decline. *Mycopath*, 7(1), 35–38. Retrieved from pu.edu.pk/
- Kikot, G.E., Hours, R.A., & Alconada, T.M. (2008). Contribution of cell wall degrading enzymes to pathogenesis of *Fusarium*

- graminearum*: a review. *Journal of Basic of Microbiology*, 49(3), 231–241.
<https://doi.org/10.1002/jobm.200800231>
- Krishnan, P.R., Kalia, R.K., Tewari, J.C., & Roy, M.M. (2014). Plant Nursery Management: Principles and Practices. *Central Arid Zone Research Institute, Jodhpur*, 40. Retrieved from <http://www.cazri.res.in/>
- Krisnawati, H., Kallio, M., & Kanninen, M. (2011). *Anthocephalus cadamba* Miq. *Ecology, silviculture and productivity*. Bogor: Center for International Forestry Research. Retrieved from <http://www.cifor.org/>
- Lehr, N., Schrey, S.D., Hampp, R., & Tarkka, M.T. (2008). Root inoculation with a forest soil streptomycete leads to locally and systemically increased resistance against phytopathogens in Norway spruce. *New Phytologist*, 177, 965–976. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02322.x>
- Li, M., Gao, Z., Hu, M., Zhou, S., Yang, D., Yang, B., Yi, J., & Yang, F. (2012). Pathogenicity of Cell Wall Degrading Enzymes Produced by *Botryodiplodia theobromae* Pat. against Mangoes. *Agricultural Biotechnology*, 1(6), 18–21. Retrieved from <http://e-resources.perpusnas.go.id/>
- Li, Z., Wang, Y.T., Gao, L., Wang, F., Ye, J.L., & Li, G.H. (2014). Biochemical changes and defence responses during the development of peach gummosis caused by *Lasiodiplodia theobromae*. *European Journal of Plant Pathology*, 138(1), 195–207. <https://doi.org/10.1007/s10658-013-0322-4>
- Mattkjjik, A.A., & Sumertajaya, I.M. (2013). *Perancangan percobaan dengan aplikasi SAS dan Minitab* (1st ed.). Bogor: IPB Press.
- Nurhasanah, Y.S. (2012). *Karakterisasi Cendawan Botryodiplodia theobromae dan Rhizoctonia solani dari Berbagai Tanaman Inang Berdasarkan Morfologi dan Pola RAPD-PCR*. Institut Pertanian Bogor.
- Pathak, H., Maru, S., H.N.S., & SC, S. (2015). Fungal Diseases of Trees in Forest Nurseries of Indore, India. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 6(8), 8–11. <https://doi.org/10.4172/2157-7471>
- Prasannath, K. (2013). Pathogenicity and Virulence Factors of Phytobacteria. *Scholars Academic Journal of Biosciences (SAJB)*, 1(1), 24–33. Retrieved from saspublisher.com/.
- Putra, F., Indriyanto, & Riniarti, M. (2014). Keberhasilan Hidup Setek Pucuk Jabon (*Anthocephalus cadamba*) dengan Pemberian Beberapa Konsentrasi Rootone-F. *Jurnal Sylva Lestari*, 2(2), 33–40. Retrieved from jurnal.fp.unila.ac.id/
- Rodríguez-Gálvez, E., Maldonado, E., & Alves, A. (2015). Identification and pathogenicity of *Lasiodiplodia theobromae* causing dieback of table grapes in Peru. *European Journal of Plant Pathology*, 141(3), 477–489. <https://doi.org/10.1007/s10658-014-0557-8>
- Safdar, A., Khan, S.A., & Safdar, M.A. (2015). Pathogenic Association and Management of *Botryodiplodia theobromae* in Guava Orchards at Sheikhpura District, Pakistan. *International Journal of Agriculture & Biology*, 17(2), 297–304. Retrieved from www.fspublishers.org/

- Simon, T.J., & Ross, A.F. (1970). Enhanced peroxidase activity associated with induction of resistance to *Tobacco Mosaic Virus* in hypersensitive tobacco. *Phytopathology*, 60, 383–384.
- Stević, M., Vukša, P., & Elezović, I. (2010). Resistance of *Venturia inaequalis* to demethylation inhibiting (DMI) fungicides. *Žemdirbystė=Agriculture*, 97(4), 65–72. Retrieved from <http://www.lzi.lt/>
- Underwood, W. (2012). The Plant Cell Wall: A Dynamic Barrier Against Pathogen Invasion. *Frontiers in Plant Science*, 3(May), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00085>
- Underwood, W., & Somerville, S.C. (2008). Focal accumulation of defences at sites of fungal pathogen attack. *Journal of Experimental Botany*, 59(13), 3501–3508. <https://doi.org/10.1093/jxb/ern205>
- Zolfaghari, R., Hosseini, S.M., & Korori, S.A.A. (2010). Relationship between peroxidase and catalase with metabolism and environmental factors in Beech (*Fagus orientalis* Lipsky) in three different elevations. *International Journal of Environmental Sciences*, 1(2), 243–252. Retrieved from www.ipublishing.co.in/

PERKEMBANGAN BUNGA DAN BUAH PIRDOT (*Saurauia bracteosa* DC.) DI ARBORETUM AEK NAULI

*Flower and Fruit Development of Pirdot (*Saurauia bracteosa* DC.) at Aek Nauli Arboretum*

Cica Ali¹ dan/and Aam Aminah²

¹Balai Litbang Lingkungan Hidup dan Kehutanan Aek Nauli
Jl. Raya Parapat KM 10,5 Desa Sibaganding, Parapat, Sumatera Utara, Indonesia

²Balai Penelitian Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan
Jl. Pakuan, Ciheuleut Kotak Pos 105 Bogor, Jawa Barat, Indonesia
Email: nurshabrina@yahoo.com; aamaminah515@yahoo.com

Tanggal diterima: 31 Agustus 2016; Tanggal direvisi: 21 Desember 2017;
Tanggal disetujui: 24 Desember 2017

ABSTRACT

Saurauia bracteosa DC is a potential plant for tumor and cancer medicine, but information about the reproductive system is currently unknown. The purpose of this study was to determine the development phases of *S. bracteosa* flower and fruit. The study was conducted by observing structural characteristics of flower and development stages from flower until ripe fruit. Phenology of flower and fruit development were classified into five stages namely flower initiation, small bud stage, large bud stage, anthesis, and fruit development. Changes in color, shape, size, and time period of each stage in twenty inflorescences of four plants were observed. The period from flower initiation to fruit maturity of *S. bracteosa* took on average 145 days. Flower initiation took on average 16 days, small bud stage occurred in 38 days, large bud phase occurred in 16 days, anthesis stage took on average 5 days and fruit development would complete in 74 days.

Keywords: Flowering development, fruiting development, *Saurauia bracteosa* DC

ABSTRAK

Saurauia bracteosa DC. memiliki potensi sebagai obat kanker dan tumor, namun informasi mengenai sistem reproduksinya hingga saat ini belum diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahap perkembangan bunga dan buah *S. bracteosa*. Penelitian dilakukan dengan metode observasi terhadap bunga dan buah *S. bracteosa* meliputi: karakteristik struktur bunga dan tahapan perkembangan bunga sampai buah masak. Perkembangan pembungaan dan pembuahan diklasifikasikan ke dalam lima fase yaitu fase inisiasi, fase kuncup kecil, fase kuncup besar, bunga mekar, dan fase perkembangan buah. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan warna, bentuk, ukuran, dan periode waktu dari setiap tahap perkembangan bunga dan buah dari 20 pembungaan pada empat pohon sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata lama pembungaan dan pembuahan spesies *S. bracteosa* mulai awal inisiasi hingga buah masak adalah 145 hari. Durasi yang dibutuhkan untuk setiap fase adalah fase inisiasi 16 hari, fase kuncup kecil 38 hari, fase kuncup besar 16 hari, fase bunga mekar 5 hari, dan fase perkembangan buah dari bunga gugur hingga buah masak 74 hari.

Kata kunci: Perkembangan bunga, perkembangan buah, *Saurauia bracteosa* DC

I. PENDAHULUAN

Pirdot (*Saurauia bracteosa* DC.) merupakan salah satu tumbuhan yang berpotensi sebagai obat tumor dan kanker. Jenis ini tumbuh dan menyebar dari pulau Sumatera hingga Sulawesi.

Ekstrak daun *S. bracteosa* mengandung senyawa fenolik, flavonoid dan tanin yang mempunyai sifat antikanker (Muaja, Koleangan, & Runtuwene, 2013), antioksidan (Kadji, Runtuwene, & Citraningtyas, 2013), obat diabetes, dan

menurunkan kolesterol (Maukar, Runtuwenw, & Pontoh, 2013)..

Studi tentang kandungan fitokimia *S. bracteosa* telah banyak dipublikasikan (Maukar *et al.*, 2013; Muaja *et al.*, 2013; Kadji *et al.*, 2013). Aspek yang diteliti menyangkut uji toksisitas dan analisis kandungan fitokimia ekstrak daun *S. bracteosa* (Maukar *et al.*, 2013). Aspek budidayanya masih sebatas penelitian dasar tingkat perbenihan (Ali, 2015) dan perbanyakan secara vegetatif (Ali, Tobing, & Harahap, 2010). Publikasi mengenai aspek perkembangan bunga dan buah dari *S. bracteosa* belum pernah dilaporkan.

Informasi tahapan perkembangan pembungaan dan pembuahan merupakan informasi yang penting bagi perluasan pengetahuan tumbuhan maupun untuk kepentingan perkembangan sains (Jamsari, Yaswendri, & Kasim, 2007). Pemahaman akan proses perkembangan bunga dan buah juga penting bagi program pemuliaan dan aktivitas hortikultura khususnya pohon-pohon yang dimanfaatkan buahnya (Engin & Unal, 2007; Imani & Mehr-abadi, 2012). Pengamatan terhadap siklus perkembangan bunga hingga buah bisa menjadi acuan terhadap waktu pemanenan (Syamsuwida, Palupi, Siregar, & Indrawan, 2012) dan dibutuhkan untuk mengatasi persoalan-persoalan yang ber-hubungan dengan produksi buah yang rendah (Camellia, Thohirah, & Abdullah, 2012). Informasi perkembangan kuncup menjadi calon bunga, waktu perbungaan, dan menjadi buah sangat menentukan keberhasilan sebuah kegiatan perkawinan antar pohon (Baskorowati, Umiyati, Kartikawati, Rimbawanto, & Susanto, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahapan perkembangan bunga dan buah *S. bracteosa* yang meliputi karakteristik struktur bunga dan tahapan perkembangan bunga sampai buah masak. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam

penentuan masa panen yang berkaitan dengan masak fisiologis buah *S. bracteosa*.

II. METODOLOGI

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di arboretum Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan (BP2LHK) Aek Nauli pada bulan Juni 2015- April 2016. Arboretum BP2LHK berada di Desa Sibaganding, Kecamatan Girsangsipanganbolon, Kabupaten Simalungun, Propinsi Sumatera Utara, dengan ketinggian tempat 1.200 m dpl. Kondisi iklim wilayah penelitian tergolong ke dalam daerah beriklim tropis basah, tipe iklim A (berdasarkan Schmidt dan Ferguson) dengan curah hujan tahunan antara 2.199-2.452 mm. Suhu udara berkisar antara 17-29°C dan rata-rata kelembaban udara 85%.

B. Metode

Penelitian dilakukan melalui metode observasi dengan menggunakan pohon *S. bracteosa* sebanyak empat pohon dan diamati lima bunga per pohon. Total sampel sebanyak dua puluh bunga. Tinggi pohon antara 4-5 m dan diameter 9-12 cm. Selanjutnya dilakukan pengamatan pada stadium perkembangan bunga dan buah didasarkan kepada kriteria yang diguna-kan oleh Jamsari *et al.* (2007) dengan batasan masing-masing stadium dijelas-kan pada Tabel 1.

Pada masing-masing sampel bunga yang diamati diberi tanda dengan memasang label. Tahapan yang diamati dimulai sejak munculnya tanda-tanda inisiasi bunga yaitu berupa benjolan pada ketiak daun hingga buah masak fisiologis. Pengamatan dilakukan setiap hari dengan mengamati perubahan yang terjadi meliputi perubahan warna, bentuk dan ukuran, serta mencatat jangka waktu yang dibutuhkan masing-masing tahap.

Untuk melengkapi data dilakukan pendokumen-tasian struktur dan morfologi bunga dengan menggunakan kamera digital dan mikroskop digital.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil penelitian perkembangan bunga dan buah *S. bracteosa* mulai dari inisiasi sampai buah masak tersaji dalam Tabel 2. Waktu yang dibutuhkan fase inisiasi adalah 6-29 hari, diikuti fase kuncup kecil selama 20-53 hari. Fase selanjutnya adalah fase kuncup besar yang berlangsung 11-20 hari. Fase bunga mekar merupakan fase terpendek yaitu 3-7 hari dan diikuti oleh fase perkembangan buah yang terjadi selama 64-82 hari.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa periode terlama dari perkembangan bunga sampai buah pada *S. bracteosa* terjadi pada tahap perkembangan buah dari buah muda hingga buah matang yaitu selama 64-82 hari. Warna kuncup bunga dari satu fase ke fase yang lain tidak mengalami perubahan yang menyolok.

B. Pembahasan

Tahap awal dari perkembangan bunga adalah proses induksi yaitu suatu tahap yang menyebabkan perubahan fase vegetatif menjadi fase reproduktif (Lizawati, Ichwan, Gusniwati, & Neliyati, 2013). Tahap ini melibatkan reaksi kimia yang terjadi pada tingkat sel sehingga tidak terdeteksi secara makroskopis sebagaimana yang dilaporkan oleh Mudiana & Ariyanti (2010) pada perkembangan bunga *Syzygium pycnanthum*. Tahap induksi pada *S. bracteosa* tidak teramati secara visual dan baru teramati saat berakhirnya proses induksi. Akhir stadium induksi ditandai dengan mem-bengkak dan membesarnya pangkal calon tunas baru ataupun pada ketiak daun yang kemudian muncul sebagai kuncup bunga. Secara mikroskopik tahap akhir dari stadium induksi menunjukkan perubahan anatomi pada pangkal calon tunas baru yang tampak membesar dan membengkak. Setelah berakhirnya fase induksi, perkembangan bunga dan buah *S. bracteosa* memasuki lima fase berikut:

Tabel (Table) 1. Kriteria perkembangan bunga dan buah *S. bracteosa* (*Criteria for the development of flowers and fruits S. bracteosa*)

No	Fase (Stage)	Deskripsi (Description)
1.	Inisiasi (<i>Initiation</i>)	Dimulai sejak kuncup bunga muncul hingga struktur klaster bunga majemuk muncul (<i>Starting from the emergence of flower buds until the appearance of cluster structure</i>)
2.	Kuncup kecil (<i>Small bud</i>)	Mulai munculnya struktur klaster bunga majemuk sampaimahkota bunga muncul dari bakal buah yang membungkusnya (<i>The onset of the flower cluster structure until the the appearance of petals</i>)
3.	Kuncup besar (<i>Large bud</i>)	Dimulai sejak bakal mahkota bunga mulai keluar dari bakal buah sampai mahkota bunga mulai membuka (<i>Starting from the appearance of petals until petal start to bloom</i>)
4.	Bunga terbuka (<i>Anthesis</i>)	Diawali sejak mahkota bunga mulai membuka sampai mahkota bunga gugur (<i>Starting from blooming petal until petal falls</i>)
5.	Perkembangan buah (<i>Fruit development</i>)	Sejak mahkota bunga gugur sebagai tanda telah terjadinya pembuahan sampai buah masak fisiologis (<i>Since the petals fall as the sign of fertilization until ripe fruit</i>)

Sumber (Source) : Jamsari et al. (2007)

Tabel (Table) 2. Tahapan perkembangan pembungaan dan pembuahan *S. bracteosa* (*Developmental stages of flowering and fruiting of S. bracteosa*)

No.	Fase (Stages)	Karakter (Characters)	Ukuran (Size) (mm)		Warna (Color)	Periode (Period) Hari (Days)
			Panjang (Length)	Diameter (Diameter)		
1.	Inisiasi (Initiation)	Kuncup (Bud)	2,20-20,30		Hijau semburat merah tua (Green with maroon splash)	6 -29
2.	Kuncup kecil (Small bud)	Tangkai bunga (Pedicels)	9,90-43,70		Hijau (Green)	20 -53
		Kuncup (Bud)	2,53 -6,28	2,63 -7,37	Hijau semburat putih (Green with white splash)	
3.	Kuncup besar (Large bud)	Tangkai bunga (Pedicels)	43,70-74,00		Hijau (Green)	11-20
		Kuncup (Bud)	6,28-9,12	7,37-9,00	Putih dengan kelopak hijau (White with green calyx)	
4.	Bunga mekar (Anthesis)	Bunga (Flower)	10,60-14,10	16,10-23,70	Putih (White)	3-7
5.	Perkembangan buah (Fruit development)	Buah (Fruit)	6,46-13,51	6,66-14,24	Hijau tua hingga hijau kekuningan (Dark green to yellow greeny)	64-82

1. Fase inisiasi

Fase inisiasi merupakan tahap ketika perubahan morfologis menjadi bentuk kuncup reproduktif mulai dapat terdeteksi secara makroskopis untuk pertama kalinya. Fase ini pada *S. bracteosa* ditandai dengan munculnya kuncup bunga pada ketiak daun ataupun pada ujung batang berupa kuncup campuran. Kuncup campuran merupakan kuncup yang berkembang menghasilkan tunas dengan daun dan bunga (Tjitrosoepomo, 2011). Kuncup *S. bracteosa* diselimuti oleh rambut-rambut yang lebat seperti *vilt (tomentose)*, berwarna hijau kemerahan. Pada fase ini secara kasat mata belum terlihat jelas perbedaan antara tangkai bunga dengan bagian bunga lainnya, namun secara mikroskopik telah terlihat perbedaan antara primordial bunga dengan tangkai bunga (Lampiran 1). Struktur beberapa

bakal organ kelamin seperti benang sari dan putik belum terbentuk. Struktur bunga majemuk yang didukung oleh daun pelindung (*bractea*) mulai terlihat di akhir fase inisiasi. Daun pelindung yang berjumlah 2-3 helai diselimuti oleh rambut yang tebal berwarna hijau berujung merah.

Panjang bakal bunga dari bagian pangkal tangkai hingga ujung kuncup pada saat awal inisiasi berkisar antara 0,22-0,61 cm dan pada akhir fase berkisar antara 0,56-2,03 cm. Lama waktu inisiasi bunga *S. bracteosa* rata-rata 16 hari dengan standar deviasi 9 hari. Waktu inisiasi yang relatif cepat ditemukan pada kuncup bunga yang muncul di ujung ranting yang biasanya bersamaan dengan munculnya tunas primordial daun, sedangkan waktu insiasi yang relatif lama ditemukan pada kuncup bunga yang muncul di ketiak daun, terutama ketiak

daun tua. Hal ini terjadi bahwa bakal bunga dapat keluar dari ketiak-ketiak daun yang terletak pada batang utama atau cabang produktif terutama yang masih muda. Jumlah kuncup bunga yang paling banyak berasal dari ketiak daun cabang primer. Kuncup bunga selanjutnya berkembang menjadi bunga dengan struktur bergerombol (klaster) (Lampiran 2). Dalam satu klaster terdapat rata-rata 45 bunga.

2. Fase kuncup kecil

Fase inisiasi berakhir dengan terlihatnya secara makroskopik perbedaan antara tangkai bunga dengan bagian yang membentuk bunga. Bunga majemuk *S. bracteosa* pada fase ini semakin jelas terlihat ditutupi oleh seludang bunga. Tangkai bunga dan daun pelindung diselimuti oleh rambut dengan ujung berwarna merah, sedangkan bagian bunga terlihat diselimuti oleh rambut-rambut halus berwarna putih.

Fase kuncup kecil rata-rata berlangsung 38 hari dengan standar deviasi 11 hari. Fase ini cukup lama bila dibandingkan fase-fase lainnya dalam perkembangan bunga *S. bracteosa*. Pada fase ini terjadi pemanjangan ibu tangkai bunga yang cukup signifikan yaitu sebesar 3,38 cm. Panjang tangkai pada awal fase rata-rata adalah 0,99 cm dengan standar deviasi 0,22 cm dan diakhir fase rata-rata mencapai 4,37 cm dengan standar deviasi 2,04 cm. Pemanjangan ibu tangkai bunga diikuti oleh penambahan ukuran karena bagian-bagian bunga yang ada di dalamnya semakin berkembang. Penambahan ukuran kuncup menandakan bakal-bakal bunga yang ada di dalam kuncup menampakkan pertumbuhan dan perkembangan (Damaiyani & Metusala, 2011).

Perkembangan pada fase kuncup kecil terlihat jelas karena bagian bakal bunga sudah mengalami perkembangan. Pada akhir fase ini secara mikroskopis

bagian-bagian kelopak, mahkota, benang sari dan bakal putik sudah terlihat jelas meskipun belum sempurna. Kelopak bunga yang berwarna hijau diselimuti oleh rambut berwarna putih. Rambut-rambut ini semakin berkurang dengan semakin membesarnya bunga. Bakal buah terlihat terdiri dari lima ruang dengan bakal biji yang berwarna putih kekuningan. Benang sari juga berwarna putih kekuningan. Bakal mahkota terlihat seperti lembaran-lembaran di bawah kelopak bunga (Lampiran 3).

3. Fase kuncup besar

Pecahnya kelopak bunga dan mulai munculnya mahkota bunga berwarna putih merupakan tanda berakhirnya fase kuncup kecil dan awal bagi fase kuncup besar. Perhitungan jumlah hari yang dibutuhkan sejak awal inisiasi menuju awal fase kuncup besar adalah 51 hari dengan standar deviasi 3 hari. Fase ini kemudian berlangsung selama 16 hari dengan standar deviasi 3 hari. Selama fase ini pemanjangan tangkai bunga terus berlangsung dengan rata-rata pemanjangan tangkai bunga 4,13 cm. Nilai ini lebih besar bila dibandingkan fase kuncup kecil.

Saat awal fase, mahkota bunga terlihat keluar dari kelopak yang membungkusnya, namun putik dan benang sari masih dibungkus oleh mahkota yang belum mekar. Lembaran-lembaran mahkota terlihat berwarna putih. Tidak terjadi perubahan warna lembaran mahkota dari awal hingga akhir fase. Berbeda bila dibandingkan dengan tanaman surian yakni di awal fase mahkota berwarna hijau keputihan menjadi merah keputihan saat akhir fase (Hidayat, 2010). Pada awal fase terlihat benang sari masih dalam proses perkembangan dan menjadi hampir matang saat akhir fase (Lampiran 4). Kondisi ini menunjukkan bahwa benang sari telah siap untuk menyerbuki putik

disaat bunga mekar. Bakal buah juga terlihat telah terbentuk dengan sempurna.

4. Fase bunga terbuka

Tahap selanjutnya adalah tahap bunga mekar, terjadi rata-rata setelah hari ke-65 dengan standar deviasi 4 hari sejak awal tahap inisiasi. Dibandingkan dengan bunga lengkung yang membutuhkan waktu 28 hari (Tyas, Setyati, & Umiyah, 2013), maka bunga *S. bracteosa* membutuhkan waktu dua kali lebih lama. Demikian pula bila dibandingkan dengan tanaman *S. pycnanthum* yang berlangsung selama 26-31 hari (Mudiana & Ariyanti, 2010).

Bunga mekar sempurna 2-3 hari setelah mulai membukanya mahkota bunga. Rata-rata bunga *S. bracteosa* mengalami fase bunga mekar selama 5 hari dengan standar deviasi 2 hari. Mekarnya bunga *S. bracteosa* didahului dengan terbukanya mahkota kemudian diikuti dengan munculnya putik dari tabung mahkota. Saat awal fase terlihat penumpukan polen di kepala sari dan akhirnya pecah (Lampiran 5).

Ketika bunga mekar, benang sari yang berwarna kuning menarik serangga penyerbuk untuk datang. Aroma, warna dan bentuk bunga merupakan bagian yang atraktif untuk menarik perhatian serangga untuk mengunjungi bunga. Beberapa serangga yang teramat pada saat bunga *S. bracteosa* mekar adalah lebah, semut hitam bersayap, dan kumbang (Lampiran 6). Untuk menentukan serangga yang membantu proses penyerbukan perlu isolasi bunga dan penelitian lebih mendalam sehingga terbukti serangga mana yang berfungsi sebagai pollinator dan jenis apa yang hanya sekedar berkunjung.

Setelah bunga mengalami pemekar-an sempurna, struktur morfologi bunga yang ada dapat bertahan 3-4 hari. Bunga betina *Jatropha curcas* juga bertahan selama 3-4 hari, sedangkan bunga jantan-

nya mekar selama 8-11 hari (Camellia *et al.*, 2012). Bunga *S. bracteosa* memiliki 5-6 daun bunga yang berwarna putih dengan ukuran yang lebih besar daripada kelopak bunga. Kebanyakan bunga jenis *Saurauia* memiliki kelopak berwarna hijau dan daun bunga berwarna putih. Pada bagian dasar mahkota melekat tangkai sari yang berjumlah 33-36 buah dengan kepala sari yang berwarna kuning. Di akhir fase bunga mekar terlihat kepala sari sudah terbuka dan benang sari sudah mulai layu dibandingkan saat awal fase. Hal ini dapat digunakan sebagai ciri-ciri bahwa bunga sudah terjadi proses penyerbukan dan fertilisasi (Tyas *et al.*, 2013). Pada bagian putik terlihat serbuk sari telah menempel di kepala putik. Ciri lain dari akhir fase adalah bagian bunga seperti mahkota dan benang sari akan gugur (absisi), sedang-kan daun kelopak dan tangkai putik tetap menempel pada bakal buah. Mahkota tidak mengalami proses pelayuan ataupun perubahan warna sebelum proses absisi sehingga mahkota yang jatuh ke lantai hutan berwarna putih dan terlihat masih segar.

5. Perkembangan buah

Fase pembentukan buah dimulai sejak akhir fase bunga terbuka. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa fase ini rata-rata terjadi setelah hari ke-70 dengan standar deviasi 4 hari sejak awal inisiasi pembungaan. Proses ini ditandai dengan gugurnya beberapa struktur perhiasan bunga yaitu mahkota dan benang sari, sedangkan tangkai putik tetap tinggal hingga buah masak. Daun kelopak meskipun tetap tinggal, namun tidak menjadi bagian dari buah sejati. Buah mengalami perkembangan dan pematangan rata-rata selama 74 hari dengan standar deviasi 8 hari. Waktu yang dibutuhkan lebih singkat dibandingkan buah surian. Buah surian mengalami perkembangan dari pembuah-an hingga buah matang secara

fisiologis selama lebih kurang 150 hari (Hidayat, 2010).

Saat awal fase, daun kelopak yang berwarna hijau terlihat menutupi bagian buah yang diselimuti oleh rambut-rambut berwarna putih. Biji telah mulai terbentuk, berwarna kuning pucat. Seiring mem-besarnya buah, kelopak semakin ter-dorong ke bagian pangkal buah. Rambut-rambut putih yang terdapat di bagian kulit buah semakin berkurang dan warna kulit buah menjadi lebih terang. Biji yang terdapat di dalam buah mengalami proses pematangan dengan berubah warna menjadi coklat muda. Buah yang matang berwarna kuning kehijauan, dengan kulit buah yang lunak dan tembus pandang sehingga biji berwarna coklat yang terdapat di dalam buah dapat terlihat dari luar kulit buah (Lampiran 7).

Waktu kumulatif yang dibutuhkan sejak awal inisiasi sampai buah masak rata-rata adalah 145 hari. Waktu yang dibutuhkan *S. bracteosa* lebih lama bila dibandingkan bunga saga. Bunga saga membutuhkan waktu 69-104 hari dengan rata-rata 89 hari (Putri & Pramono, 2013). Pada tanaman *M. cajuputi* sub spesies *cajuputi* terjadi sebaliknya, yaitu waktu yang diperlukan sejak tahap inisiasi bunga hingga buah masak adalah 277 hari (Baskorowati *et al.*, 2008). Siklus reproduktif mindi membutuhkan waktu lebih lama yaitu 6-7 bulan (Syamsuwida *et al.*, 2012) dan kemenyan 8-9 bulan (Syamsuwida, Aminah, Nurochman, Nurkim, & Sumarni, 2014).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Rata-rata lama pembungaan dan pembuahan pada spesies *S. bracteosa* sejak awal inisiasi hingga buah masak adalah 145 hari. Rata-rata lama waktu yang dibutuhkan untuk setiap fase fenologi bunga dan pemasakan buah

adalah fase inisiasi 16 hari, fase kuncup kecil 38 hari, fase kuncup besar 16 hari, fase bunga mekar 5 hari, dan fase perkembangan buah dari bunga gugur hingga buah masak 74 hari.

B. Saran

Hasil penelitian ini menjadi dasar untuk mengetahui lama perkembangan bunga dan buah spesies *S. bracteosa* di lokasi yang berbeda sehingga bisa diketahui waktu panen yang tepat untuk menghasilkan buah dan benih yang bermutu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Penelitian dan Pengembangan KLHK yang telah membiayai penelitian ini dan teknisi di Kelompok Peneliti Silvikultur yang telah membantu pengamatan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, C. (2015). Sifat dasar benih pirdot (*Saurauia bracteosa* DC.) asal Aek Anuli, Sumatera Utara. *Dalam Seminar Hasil-hasil Penelitian*, 167–175.
- Ali, C., Tobing, S.L., & Harahap, R.M.S. (2010). Pengaruh media dan konsentrasi hormon rootone-F terhadap pertumbuhan stek pucuk dan batang pirdot (*Saurauia bracteosa* DC.). *Dalam Seminar Hasil Penelitian Balai Penelitian Kehutanan Aek Nauli*, 218–224.
- Baskorowati, I., Umiyati, R., Kartikawati, Rimbawanto, A., & Susanto, M. (2008). Pembungaan dan pembuahan *Melaleuca cajuputi* subsp. *cajuputi* Powell di Kebun Benih Semai Paliyan, Gunung Kidul, Yogyakarta. *Pemuliaan Tanaman Hutan*, 2(2), 189–202.

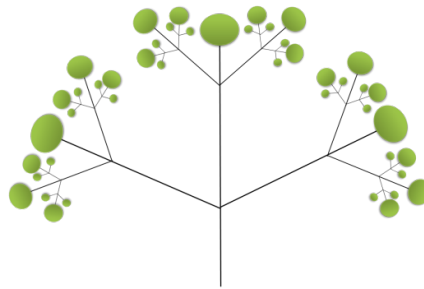
- Camellia, N., Thohirah, L.A., & Abdullah, N.A.P. (2012). Floral biology, flowering behaviour and fruit set development of *Jatropha curcas* L. in Malaysia. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 35(4), 737–748.
- Damaiyani, J., & Metusala, D. . (2011). Fenologi perkembangan bunga *Centella asiatica* dan studi waktu kematangan pollen pada berbagai stadia. *Berk. Penel. Hayati Edisi Khusus*, 7A, 75–78.
- Engin, H., & Unal, A. (2007). Examination of flower bud initiation and differentiation in 'Redhaven' Peach by Using Scanning Electron Microscope. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(10), 1824–1826.
<https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.1824.1826>
- Hidayat, Y. (2010). Perkembangan bunga dan buah pada tegakan benih surian (*Toona Sinensis* Roem). *Perkembangan Bunga Dan Buah Pada Tegakan Benih Surian (Toona Sinensis Roem)*, Jurnal Agrikultura, 21(1), 13–20.
- Imani, A., & Mehr-abadi, S.M. (2012). Floral differentiation and development in early, middle and late blooming almond cultivars. *African Journal of Microb*, 6(25), 5301–5305.
- Jamsari, Yaswendri, & Kasim, M. (2007). Fenologi perkembangan bunga dan buah spesies *Uncaria gambir*. *Biodiversitas*, 8, 141–146.
- Kadji, M.H., Runtuwene, M.R.J., & Citraningtyas, G. (2013). Uji fitokimia dan aktivitas antioksidan dari ekstrak etanol daun soyogik (*Saurauia bracteosa* DC). *Pharmakon*, 5(1), 13–17.
- Lizawati, Ichwan, B., Gusniwati, & Neliyati, Z.M. (2013). Fenologi pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman duku varietas kumpeh pada berbagai umur. *Agroekoteknologi*, 2(1), 16–26.
- Maukar M.A, Runtuwene, M.R.J, & Pontoh, J. (2013). Analisis kandungan fitokimia dari uji toksisitas ekstrak metanol daun soyogik (*Saurauia bracteosa* DC) dengan menggunakan metode maserasi, *Ilmiah Sains*, 13(2), 99–101.
- Muaja, A.D., Koleangan, H.S.J., & Runtuwene, M.R.J. (2013). Uji toksisitas dengan metode BSLT dan analisis kandungan fitokimia ekstrak daun soyogik (*Saurauia bracteosa* DC) dengan metode Soxhletasi. *Journal of Natural Products*, 2(2), 115–118.
- Mudiana, D., & Ariyanti, E. (2010). Flower and fruit development of *Syzygium pycnanthum* Merr. & L.M. Perry. *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity*, 11(3), 124–128.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d110304>
- Putri, K.P., & Pramono, A.A. (2013). Perkembangan bunga, buah dan keberhasilan reproduksi jenis saga. *Penelitian Hutan Tanaman*, 10(3), 147–154.
- Syamsuwida, D., Aminah, A., Nurochman, Nurkim, & Sumarni E.B,G.J. (2014). Siklus perkembangan pembungaan dan pembuahan serta pembentukan buah kemenyan (*Styrax benzoin*) di Aek Nauli. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 11(2), 89–98.
- Syamsuwida, D., Palupi, E.R., Siregar, I.Z., & Indrawan, A. (2012). Flower initiation, morphology, and developmental stages of flowering-

- fruiting of mindi (*Melia azedarach* L). *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 18(1), 10–17. <https://doi.org/10.7226/jtfm.18.1.10>
- Tjitrosoepomo, G. (2011). *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tyas, P. S., Setyati, D., & Umiyah. (2013). Perkembangan pembungaan lengkung (*Dimocarpus longan* Lour) “Diamond river.” *Jurnal Ilmu Dasar*, 14(2), 111–120.

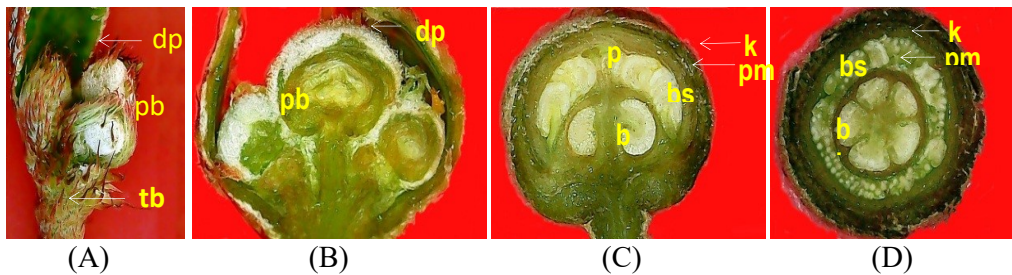
Lampiran (*Appendix*) 1. Penampilan morfologi dan penampang membujur bunga *S. bracteosa*: (pb) primordia bunga, (tb) tangkai bunga, (dp) daun pelindung pada A) awal fase dan B) akhir fase inisiasi (*Morphology and longitudinal section of S. bracteosa flower: (pb) flower primordia, (tb) pedicel, (dp) bract, at A) beginning and B) late stadium of initiation phase*)



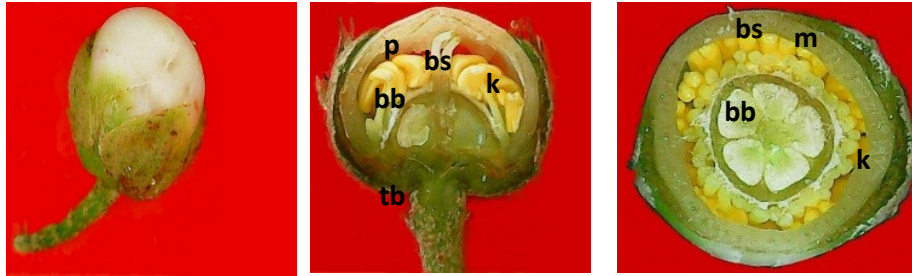
Lampiran (*Appendix*) 2. Struktur pembungaan *S. bracteosa* (*S. bracteosa inflorescence structure*)



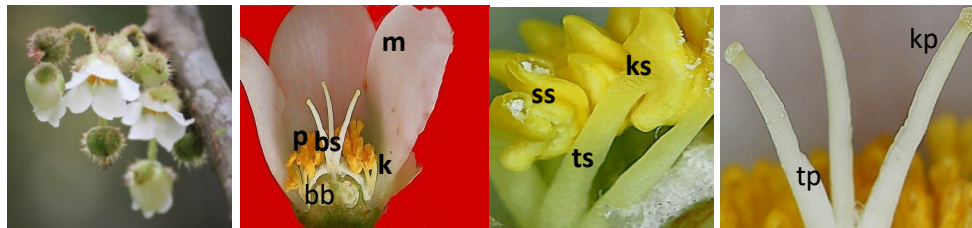
Lampiran (*Appendix*) 3. (A) Penampilan morfologi bunga *S. bracteosa* pada fase kuncup kecil; (B dan C) irisan membujur; (D) irisan melintang; (pb) bakal bunga, (tb) tangkai bunga, (dp) daun pelindung, (p) putik, (bs) benang sari, (k) kelopak, (pm) bakal mahkota, (bb) bakal buah. (*A) Morphological appearance of flower S. bracteosa on small bud phase; (B and C) longitudinal and (D) cross section; (pb) flower primordia, (tb) peduncle, (dp) bract, (pp) pistil, (bs) stamen, (k) sepal, (pm) petal primordia, (bb) ovary*)



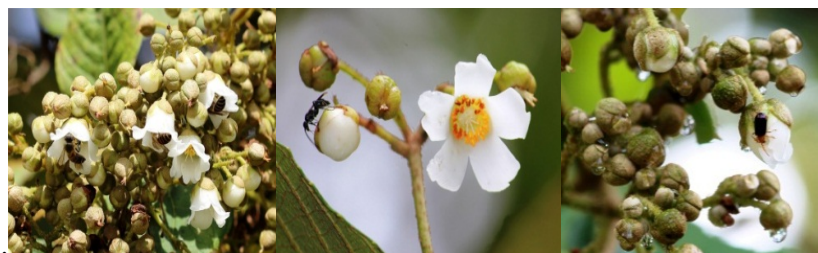
Lampiran (Appendix) 4. Bunga *S. bracteosa* dan beberapa bagiannya saat memasuki fase kuncup besar, (p) putik, (m) mahkota, (k) kelopak, (bs) benang sari, (tb) tangkai bunga, (bb) bakal buah (*Flower of S. bracteosa on large bud phase, (p) pistil, (m) petal, (k) sepal, (bs) stamen, (tb) peduncle, (bb) ovary*)



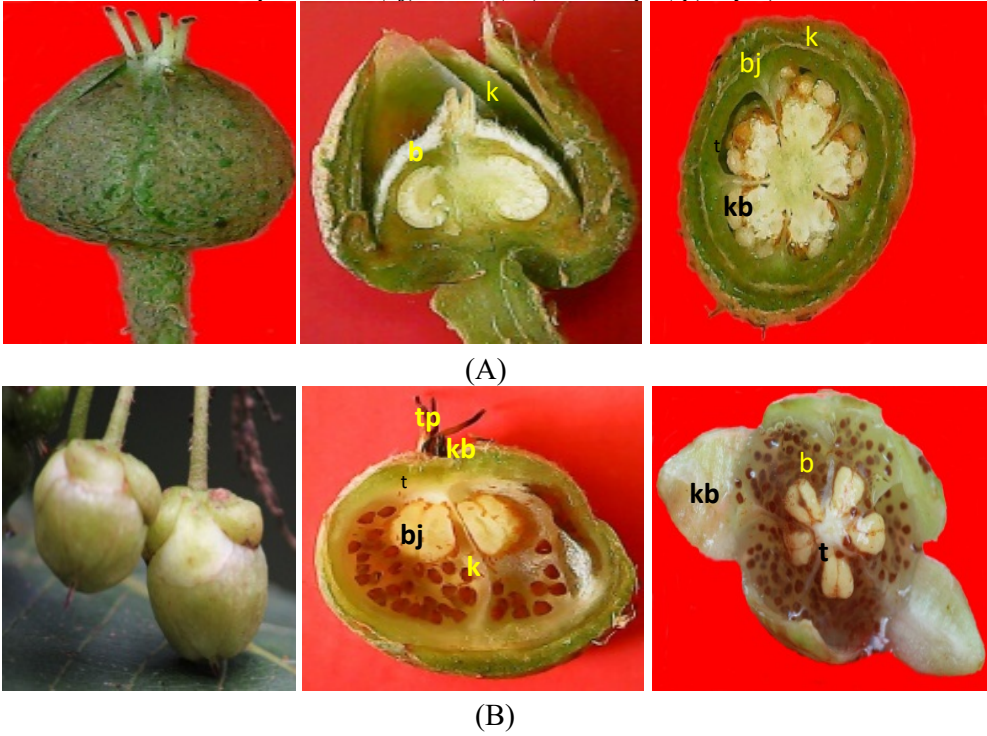
Lampiran (Appendix) 5. Bunga *S. bracteosa* dan bagiannya saat tahap bunga mekar, (k) kelopak, (m) mahkota, (p) putik, (bb) bakal buah, (bs) benang sari, (kp) kepala putik, (ks) kepala sari, (ss) serbuk sari, (ts) tangkai sari, (tp) tangkai putik (*Flower of S. bracteosa at anthesis phase, (k) sepal, (m) petal, (p) pistil, (bb) ovary, (bs) stamen, (kp) stigma, (ks) anther, (ss) pollen, (ts) filament, (tp) style*)



Lampiran (Appendix) 6. Serangga yang teramati saat bunga *S. bracteosa* mekar (*Observed insects when S. bracteosa flowers blooms*)



Lampiran (Appendix) 7. Penampilan morfologi dan struktur melintang-membujur buah *S. bracteosa*, (A) buah muda dan (B) buah matang, (b) buah, (k) kelopak, (t) tembuni, (bj) biji, (kb) kulit buah, (tp) tangkai putik (*Morphology and longitudinal-cross section of S. bracteosa fruit, (A) young fruit and (B) ripe fruit, (b) fructus, (k) sepal, (t) placenta, (bj) seed, (kb) exocarp, (tp) style*)



KERAGAMAN DAN ESTIMASI PARAMETER GENETIK BIBIT MAHONI DAUN LEBAR (*Swietenia macrophylla* King.) DI INDONESIA

Variation and Estimation of Genetic Parameter of Swietenia macrophylla King. Seedling in Indonesia

Mashudi¹, Mudji Susanto¹ dan/and Darwo²

¹Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
Jl. Palagan Tentara Pelajar Km. 15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta

² Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan
Jl. Gunung Batu No. 5, Bogor 16118 Po. Box 331
Email: masshudy@yahoo.com; darwop3h@gmail.com

Tanggal diterima: 23 Mei 2017; Tanggal direvisi: 18 Desember 2017; Tanggal disetujui: 24 Desember 2017

ABSTRACT

Swietenia macrophylla King. is an exotic species from Latin America. It had been planted in Indonesia since 1870 by the Dutch. This species is important construction timber in Indonesia. This study aimed to measure variation and genetic parameter estimation of *S. macrophylla* seedling as material of progeny trial development. The experimental design used Randomized Complete Block Design (RCBD) consisting of two factors, namely the land race (A) (Banjar-West Java, Samigaluh-Kulonprogo, Bondowoso-East Java and Lombok– West Nusa Tenggara) and mother trees (B) (35 mother trees). Five seedlings were recorded and repeated 5 times for each mother tree. In this study factor B nested in factor A. The result showed that land race significantly affected to height, stem diameter, and index of robustness; while the mother trees significantly affected to height, stem diameter, number of leaf, and index of robustness. Individual heritability of height, stem diameter, number of leaf, and index of robustness character were 0.35, 0.40, 0.17, and 0.48 respectively, while family heritability of height, stem diameter, number of leaf, and index of robustness character were 0.74, 0.75, 0.54, and 0.77 respectively. Genetic correlation between height and stem diameter (0.70), height and index of robustness (0.40), number of leaf and index of robustness (0.52) were positive value. While genetic correlation between height and number of leaf (-0.03), stem diameter and number of leaf (-0.46) and stem diameter and index of robustness (-0.67) were negative value.

Keywords : Genetic correlation, heritability, land race, Swietenia macrophylla, variation genetic

ABSTRAK

Mahoni daun lebar (*Swietenia macrophylla* King.) merupakan jenis eksotik dari Amerika Latin yang telah ditanam di Indonesia sejak tahun 1870 oleh Belanda. Jenis ini merupakan kayu pertukangan yang penting di Indonesia. Tujuan penelitian adalah mengetahui keragaman dan nilai parameter genetik bibit *S. macrophylla* sebagai materi untuk membangun uji keturunan. Rancangan percobaan yang digunakan Rancangan Acak Lengkap Berblok Pola Tersarang yang terdiri dari dua faktor, yaitu ras lahan (Banjar-Jabar, Samigaluh–Kulonprogo, Bondowoso-Jatim, dan Lombok-NTB); dan pohon induk (35 pohon induk). Masing-masing pohon induk diamati 5 bibit dan diulang sebanyak 5 kali. Pada penelitian ini faktor pohon induk bersarang dalam faktor ras lahan. Hasil analisis menunjukkan bahwa ras lahan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi, diameter batang, dan indeks kekokohan, sedang pohon induk berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi, diameter batang, jumlah daun, dan indeks kekokohan. Nilai heritabilitas individu sifat tinggi, diameter batang, jumlah daun, dan indeks kekokohan berturut-turut sebesar 0,35, 0,40, 0,17, dan 0,48, serta nilai heritabilitas famili untuk sifat tinggi, diameter batang, jumlah daun dan indeks kekokohan berturut-turut sebesar 0,74, 0,75, 0,54, dan 0,77. Korelasi genetik antara tinggi dengan diameter batang (0,70), tinggi dengan indeks kekokohan (0,40), dan jumlah daun dengan indeks kekokohan (0,52) bernilai positif. Sementara itu korelasi genetik antara tinggi dengan jumlah daun (-0,03), diameter batang dengan jumlah daun (-0,46), dan diameter batang dengan indeks kekokohan (-0,67) bernilai negatif.

Kata kunci : Heritabilitas, keragaman genetik, korelasi genetik, ras lahan, *Swietenia macrophylla*

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan baku kayu untuk industri perindustrian di Indonesia cenderung meningkat dari tahun ke tahun, sementara itu produksi kayu dari hutan alam di luar Jawa terjadi sebaliknya. Berkaitan dengan semakin menurunnya kemampuan produksi hutan alam secara lestari untuk menyediakan bahan baku industri, pembangunan hutan tanaman dengan produktivitas tinggi merupakan suatu ke-niscayaan. Salah satu jenis yang potensial untuk pengembangan hutan tanaman adalah mahoni daun lebar (*Swietenia macrophylla* King.).

S. macrophylla merupakan jenis eksotik dari famili Meliaceae yang secara alami tersebar di Amerika Latin. Tanaman *S. macrophylla* mulai dibudidayakan di Indonesia khususnya di Jawa sejak tahun 1870-an oleh Belanda (Krisnawati, Kallio, & Kanninen, 2011). Awalnya jenis ini ditanam di pinggir jalan sebagai tanaman peneduh di sepanjang jalan Daendels (Merak sampai Banyuwangi). Saat ini tanaman *S. macrophylla* banyak dibudidayakan karena kayunya mempunyai nilai ekonomi yang tinggi dan merupakan pemasok kayu pertukangan yang cukup penting di Indonesia. Kayu *S. macrophylla* dapat digunakan sebagai bahan konstruksi, kayu lapis (*plywood/ veneer*), mebel (*furniture*), panel, frame, lantai (*flooring*), bodi mobil, interior perahu, *moulding*, dan lain-lain.

S. macrophylla termasuk tipe tanaman yang mampu hidup pada berbagai jenis tanah yang bebas genangan, reaksi tanah sedikit asam sampai basa, tanah gersang, atau marginal. Jenis ini juga mampu bertahan hidup walaupun tidak hujan selama berbulan-bulan. Pertumbuhan tanaman ini akan optimal apabila ditanam pada tanah subur, bersolum dalam dengan aerasi baik dan pH 6,5–7,5 serta elevasi sampai ketinggian 1.000 m dari permukaan laut (Mindawati & Megawati, 2013). Krisnawati *et al.* (2011) menyampaikan

bahwa rata-rata riap tahunan (*Mean Annual Increment-MAI*) volume tegakan *S. macrophylla* umur 15–30 tahun pada tapak dengan kesuburan sedang berkisar antara 7,7–19,3 m³/ha/tahun. Mengacu pada hasil tersebut maka produktivitas hutan tanaman *S. macrophylla* perlu ditingkatkan. Untuk meningkatkan produktivitas hutan tanaman *S. macrophylla* kegiatan pemuliaan perlu dilakukan. Tuntutan ini didukung oleh hasil penelitian Siregar, Siregar, & Novita (2007) yang menginformasikan bahwa ke-ragaman genetik *S. macrophylla* dari Jawa Tengah dan Jawa Timur dengan penanda isozim cukup tinggi sehingga seleksi me-mungkinkan untuk dilaksanakan. Dalam kegiatan pemuliaan, keragaman genetik memegang peran yang sangat penting sebab dengan nilai keragaman genetik yang tinggi maka seleksi yang dilakukan akan dapat menghasilkan perolehan genetik yang tinggi pula. Terkait dengan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui keragaman dan nilai parameter genetik bibit *S. macrophylla* sebagai materi untuk membangun uji keturunan yang nantinya akan dikonversi menjadi kebun benih semai.

II. METODOLOGI

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di per-semaian Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Yogyakarta. Secara geografis lokasi penelitian berada pada 7°40'35'' LS dan 110°23'23''BT, ketinggian tempat 287 m di atas permukaan laut, curah hujan rata-rata 1.878 mm/tahun, suhu rata-rata 27°C dan kelembaban relatif 73%. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai Oktober 2016. Letak geografis dan ketinggian tempat 4 ras lahan *S. macrophylla* yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel (Table) 1. Letak geografis dan ketinggian tempat dari empat ras lahan *S. macrophylla* (Geographic position and altitude for four land races sources of *S. macrophylla*)

No.	Ras lahan (Land race)	Propinsi (Province)	Letak geografis (Geographic position)	Ketinggian tempat (Altitude) (m dpl)
1	Banjar, Ciamis	Jawa Barat	007°21,144' - 007°30,026' LS dan 108°29,393' - 108°39,667' BT	75-250
2	Samigaluh, Kulonprogo	Daerah Istimewa Yogyakarta	007°40,217' - 007°41,155' LS dan 110°07,417' - 110°08,100' BT	400-500
3	Bondowoso	Jawa Timur	007°50,315' - 007°59,448' LS dan 113°48, 217' - 113°59,671' BT	700-800
4	Lombok	Nusa Tenggara Barat	008°31,913' - 008°40,835' LS dan 116°14,311' - 116°23,718' BT	250-500

B. Prosedur Kerja

1. Penyiapan bibit

Untuk mendapatkan benih yang baik, buah diunduh dari pohon induk yang fenotipnya bagus. Buah yang telah diunduh selanjutnya diekstraksi dan kemudian dikecambahkan dalam bak tabur. Bak tabur yang digunakan berukuran 30x40x15 cm yang di dalamnya diisi pasir halus setebal 10–12 cm. Pengecambahan benih dilakukan dengan cara membenamkan benih pada media tabur sedalam 2/3 bagian benih dengan posisi sayap di atas dengan jarak tanam 5x3 cm. Untuk menjaga kelembaban dilakukan penyiraman 1–2 kali sehari atau tergantung kondisi dan untuk mengurangi intensitas sinar matahari, di atas bedeng tabur dipasang naungan (paranet) dengan kerapatan ±60%. Benih *S. macrophylla* berkecambah pada 10–21 hari setelah penaburan dan pada hari ke-30 dilakukan penyapihan.

Penyapihan dilakukan pada polibag ukuran 10x15 cm dengan menggunakan media saph top soil+kompos dengan perbandingan 4:1. Penyapihan dilakukan pada pagi hari, dengan tujuan untuk mengurangi kerusakan kecambah karena pengaruh suhu udara. Untuk mengurangi intensitas sinar matahari, di atas bedeng saph dipasang naungan (paranet) dengan kerapatan ±60%. Agar pertumbuhan bibit

setelah disapih optimal kegiatan pemeliharaan perlu dilakukan. Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyiraman, penyiangan dan pengendalian hama/penyakit. Sampai umur 1 bulan kegiatan penyiraman dilakukan dua kali/hari, yaitu pada pagi dan sore dan selepas umur 1 bulan penyiraman dilakukan satu kali/hari yaitu pada pagi hari. Kegiatan penyiangan dilakukan secara rutin (sebulan sekali). Pengendalian hama dan penyakit dilakukan apabila ada tanda-tanda serangan hama dan atau penyakit dengan menggunakan insektisida untuk serangan hama dan fungisida untuk serangan penyakit.

2. Pengambilan data

Pengambilan data dilakukan pada saat bibit berumur 5 bulan setelah penyapihan. Karakter yang diamati meliputi: tinggi bibit, diameter batang (2 cm dari permukaan media), jumlah daun, dan indeks kekokohan.

C. Rancangan Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Berblok (RALB) Pola Tersarang yang terdiri dari dua faktor, yaitu ras lahan (A) dan pohon induk (B). Faktor A terdiri dari 4 ras lahan, yaitu Banjar- Jawa Barat, Samigaluh – Kulonprogo – DIY,

Bondowoso – Jawa Timur dan Lombok – Nusa Tenggara Barat. Faktor B terdiri dari 35 pohon induk (ras lahan Banjar 10 pohon induk, Samigaluh 10 pohon induk, Bondowoso 5 pohon induk dan Lombok 10 pohon induk). Dalam penelitian ini faktor B bersarang dalam faktor A. Masing-masing pohon induk diamati 5 bibit dan diulang sebanyak 5 kali.

D. Analisis Data

1. Analisis varians

Data hasil pengamatan dan pengukuran dianalisis menurut prosedur Rancangan Acak Lengkap Berblok Pola Tersarang. Untuk mengetahui perlakuan yang berpengaruh nyata dilakukan sidik ragam (analisis varians) dengan model sebagai berikut (Sastrosupadi, 2013):

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + A_j + B_k(A_j) + R^* B_k(A_j) + \varepsilon_{ijkl}$$

Dimana :

Y_{ijkl} = Rata-rata pengamatan individu ke-l pada ulangan ke-i, ras lahan ke-j, pohon induk ke-k; μ = Rata-rata umum; R_i = pengaruh ulangan ke-i; A_j = pengaruh ras lahan ke-j; $B_k(A_j)$ = Pengaruh pohon induk ke-k tersarang dalam ras lahan ke-j dan ε_{ijkl} = galat.

2. Heritabilitas

Heritabilitas individu dan famili ditaksir menggunakan persamaan berikut (Hardiyanto, 2010) :

$$h^2_i = \frac{3 \sigma^2_f}{\sigma^2_f + \sigma^2_{fb} + \sigma^2_e}$$

$$h^2_f = \frac{\sigma^2_f}{\sigma^2_f + \sigma^2_{fb/B} + \sigma^2_{e/NB}}$$

Keterangan :

h^2_i = Nilai heritabilitas individu
 h^2_f = Nilai heritabilitas famili
 σ^2_f = Komponen varian famili

σ^2_{fb} = Komponen varian interaksi famili dan blok

B = Rerata harmonik jumlah blok

N = Rerata harmonik jumlah individu per plot (ulangan)

σ^2_e = Komponen varian error

Pada persamaan heritabilitas individu, komponen varian famili (σ^2_f) diasumsikan sebesar $1/3$ varian genetik aditif (σ^2_A), karena materi genetik (benih) dikumpulkan dari pohon induk di hutan tanaman dengan penyebukan alami.

3. Korelasi genetik

Taksiran korelasi genetik antar sifat dihitung menggunakan formula berikut (Hardiyanto, 2010):

$$r_g = \frac{\sigma_{f(xy)}}{(\sigma^2_{f(x)} \cdot \sigma^2_{f(y)})^{1/2}}$$

Keterangan :

r_g = Korelasi genetik

$\sigma_{f(xy)}$ = Komponen kovarian famili untuk sifat x dan y

$\sigma^2_{f(x)}$ = Komponen varian famili untuk sifat x

$\sigma^2_{f(y)}$ = Komponen varian famili untuk sifat y

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran diketahui bahwa tinggi bibit, diameter batang, jumlah daun, dan indeks kekokohan bibit *S. macrophylla* umur 5 bulan cukup bervariasi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata tinggi bibit antar pohon induk berkisar antara 27,57–45,52 cm (rata-rata $36,8 \pm 8,35$ cm), diameter batang berkisar antara 0,31–0,51 cm (rata-rata $0,41 \pm 0,10$ cm), jumlah daun berkisar antara 8,44–11,88 helai (rata-rata $10,46 \pm 2,21$ helai) dan indeks kekokohan berkisar antara 7,65–12,19 (rata-rata $9,13 \pm 1,71$). Hasil analisis

varians menunjukkan bahwa ras lahan ber-pengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan tinggi, diameter batang, dan indeks kekokohan bibit *S. macrophylla* umur 5 bulan. Kemudian pohon induk berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan tinggi, diameter batang, jumlah daun dan indeks kekokohan bibit *S. macrophylla* umur 5 bulan.

Perhitungan estimasi nilai komponen varians untuk masing-masing sifat yang diamati terhadap varians total disajikan pada Tabel 2.

Heritabilitas merupakan parameter genetik yang sangat penting dalam

kegiatan pemuliaan tanaman, sebab nilainya dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar proporsi faktor genetik dari induk diwariskan kepada keturunannya (Mangoendidjojo, 2009). Estimasi nilai heritabilitas untuk sifat tinggi, diameter batang, jumlah daun dan indeks ke-kokohan bibit *S. macrophylla* umur 5 bulan disajikan pada Tabel 3.

Untuk mengetahui keeratan hubungan antar sifat dilakukan perhitungan nilai korelasi genetik sebagaimana disajikan pada Tabel 4.

Tabel (Table) 2. Estimasi komponen varians dan proporsi masing-masing komponen varians terhadap total variasi pada bibit *S. macrophylla* umur 5 bulan (*Component variance estimation and proportion of each variance component to total variation in 5 month age of S. macrophylla seedling*)

Sumber Variasi (Sources of variation)	Tinggi (Height)		Diameter batang (Stem diameter)		Jumlah daun (Number of leaf)		Indeks kekokohan (Index of robustness)	
	Komp. varians (Variance component)	Persen (%)	Komp. varians (Variance component)	Persen (%)	Komp. varians (Variance component)	Persen (%)	Komp. varians (Variance component)	Persen (%)
Ulg.	0,00000	0,00	0,000038	0,33	0,01919	0,36	0,003801	0,09
RL	4,11989	5,13	0,001002	8,57	0,00000	0,00	0,48891	11,84
PI (RL)	6,19301	7,70	0,000660	5,65	0,29248	5,56	0,68346	16,55
Ulg.*PI (RL)	2,99962	3,73	0,000598	5,11	0,33224	6,31	0,14326	3,47
Galat	67,06974	83,44	0,009394	80,34	4,62229	87,77	2,81097	68,05
Total	80,38226	100,00	0,011692	100,00	5,2662	100,00	4,130401	100,00

Keterangan (Remarks): Ulg. = Ulangan (Replication); RL = Ras lahan (Land Race); PI = Pohon induk (Mother tree).

Tabel (Table) 3. Estimasi nilai heritabilitas individu dan heritabilitas famili sifat tinggi, diameter batang, jumlah daun dan indeks kekokohan bibit *S. macrophylla* umur 5 bulan (*Estimation of individual heritability and family heritability to height, stem diameter, number of leaf and index of robustness in 5 month age of S. macrophylla seedling*)

Parameter (Parameter)	Heritabilitas individu (Individual heritability) (h^2_i)	Heritabilitas famili (Family heritability) (h^2_f)
Tinggi (Height)	0,35	0,74
Diameter batang (Stem diameter)	0,40	0,75
Jumlah daun (Number of leaf)	0,17	0,54
Indeks kekokohan (Index of robustness)	0,48	0,77

B. Pembahasan

1. Keragaman genetik

Ras lahan berpengaruh nyata terhadap tinggi, diameter batang, dan indeks kekokohan bibit *S. macrophylla* umur 5 bulan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Mashudi (2016) yang menginformasikan bahwa pertumbuhan tinggi dan diameter batang bibit *S. macrophylla* umur 2 bulan berbeda nyata antar asal sumber benih. Data tersebut sesuai dengan hasil penelitian Siregar *et al.* (2007) yang menyampaikan bahwa keragaman genetik *S. macrophylla* dari Jawa Tengah dan Jawa Timur dengan penanda isozim cukup tinggi ($h_e = 0,326$) dengan proporsi keragaman antar asal sumber benih sebesar 23%. Fakta ini diperkuat oleh penelitian Degen, Ward, Lemes, Navaro, Cavers, & Sebbenn (2013) yang menginformasikan bahwa deferensiasi populasi *S. macrophylla* pada sebaran alamnya di Amerika Latin berjalan cukup kuat. Fenomena tersebut juga didukung oleh hasil penelitian Rohandi & Widayani (2010) dan Escalante, Saravia, & Bravo (2012) yang menginformasikan bahwa asal sumber benih berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi bibit *S. macrophylla*. Beberapa hasil penelitian tersebut memberi informasi bahwa *S. macrophylla*

sebagai jenis eksotik di Indonesia, keragaman genetiknya relatif cukup tinggi sehingga informasi tersebut sangat penting untuk menyusun strategi pemuliaan jenis ini di Indonesia.

Pohon induk berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan tinggi, diameter batang, jumlah daun, dan indeks kekokohan bibit *S. macrophylla* umur 5 bulan. Pengaruh yang nyata pohon induk terhadap pertumbuhan tinggi, diameter batang dan jumlah daun juga terjadi pada pertumbuhan bibit *S. macrophylla* umur 2 bulan (Mashudi, 2016). Hal tersebut memberikan informasi bahwa dari umur dua sampai lima bulan pertumbuhan tinggi, diameter batang, dan jumlah daun bibit *S. macrophylla* antar pohon induk tetap beragam. Fenomena tersebut sesuai dengan hasil penelitian Siregar *et al.* (2007) yang menginformasikan bahwa proporsi keragaman genetik di dalam populasi *S. macrophylla* dari Jawa Tengah dan Jawa Timur dengan penanda isozym sebesar 77%. Proporsi tersebut men-cerminkan bahwa keragaman genetik dari individu-individu penyusun populasi cukup tinggi sehingga keragaman per-tumbuhan anakan antar pohon induk signifikan perbedaannya.

Tabel (Table) 4. Estimasi nilai korelasi genetik (r_g) antar sifat bibit *S. macrophylla* umur 5 bulan (*Estimation of genetic correlation (r_g) between characters in 5 month age of S. macrophylla seedling*)

Korelasi genetik (Genetic correlation) (r_g)	Tinggi (Height)	Diameter batang (Stem diameter)	Jumlah daun (Number of leaf)	Indeks kekokohan (Index of robustness)
Tinggi (Height)		0,40	-0,03	0,40
Diameter batang (Stem diameter)	0,40		-0,46	-0,67
Jumlah daun (Number of leaf)	-0,03	-0,46		0,52
Indeks kekokohan (Index of robustness)	0,40	-0,67	0,52	

Keragaman genetik yang cukup tinggi disebabkan oleh cukup besarnya proporsi komponen varians untuk masing-masing sifat yang diamati terhadap varians total, sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1. Komponen varian ras lahan memberikan sumbangan sebesar 5,13% terhadap tinggi tanaman; 8,57% terhadap diameter batang; dan 11,84% terhadap indeks kekokohan. Sementara itu komponen varian pohon induk memberikan sumbangan sebesar 7,70% terhadap tinggi tanaman; 5,65% terhadap diameter batang; 5,56 terhadap jumlah daun; dan 16,55 terhadap indeks kekokohan. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa faktor genetik untuk sifat tinggi dan diameter batang masing-masing menempati proporsi antara 5–10%. Nilai tersebut lebih tinggi bila dibanding dengan penelitian Muslimin, Sofyan, Suherman, Harisman, Voviarti, & Susanti (2017) pada uji keturunan *S. macrophylla* King. umur 1 tahun di Kemampo, Sumatera Selatan. Pada penelitian tersebut faktor genetik untuk sifat tinggi menempati proporsi sebesar 4,57% dan 3,69% untuk sifat diameter batang. Hal ini terjadi kemungkinan karena materi genetik yang digunakan dalam penelitian ini sebarannya relatif lebih luas dibanding dengan materi genetik yang digunakan dalam penelitian Muslimin *et al.* (2017), sehingga keragaman genetik dalam penelitian ini lebih tinggi. Disamping itu materi genetik tersebut sebagian besar berasal dari tanaman di daerah Sumatera Selatan dan Lampung, dimana pada dua daerah tersebut pengembangan tanaman *S. macrophylla* relatif belum lama dan materi genetik yang digunakan untuk membangun berasal dari tanaman di pulau Jawa.

Proporsi komponen varian galat atau varian individu di dalam ulangan (plot) pada penelitian ini memiliki nilai sangat tinggi, hal tersebut mengindikasikan bahwa keragaman bibit di dalam plot tinggi. Tingginya nilai

keragaman bibit di dalam plot bisa disebabkan oleh keragaman genetik di antara individu bibit di dalam satu pohon induk dan atau faktor di luar kendali penelitian. Dalam penelitian ini keragaman genetik antar individu anakan di dalam satu pohon induk sangat mungkin terjadi karena materi genetik yang digunakan dalam penelitian ini dikoleksi dari hutan tanaman sehingga perkawinan silang (*out crossing*) sangat mungkin terjadi. Hasil penelitian Lemes, Grattapaglia, Proctor, & Gribel (2007) menginformasikan bahwa *out crossing rate* pada jenis ini sebesar 93,25%. Dalam perkawinan silang di alam, satu pohon induk sangat terbuka untuk dibuahi oleh serbuk sari dari banyak induk jantan, akibatnya benih yang dikoleksi dari satu pohon induk berpotensi memiliki keragaman genetik yang tinggi. Nilai komponen varian galat yang cukup tinggi juga ditemukan pada jenis nyawai (*Ficus variegata* Blume.) umur 8 bulan di persemaian (Haryjanto & Prastyono, 2014), tanaman *Eucalyptus pellita* umur 12 bulan dan *Acacia mangium* umur 4 sampai 36 bulan (Leksono, 2008) serta tanaman kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) umur 23 bulan (Susanto, 2008).

4. Heritabilitas dan korelasi genetik

Estimasi nilai heritabilitas individu sifat tinggi, diameter batang, jumlah daun dan indeks kekokohan berturut-turut sebesar 0,35; 0,40; 0,17, dan 0,48, sementara itu nilai heritabilitas famili untuk sifat tinggi, diameter batang, jumlah daun dan indeks kekokohan berturut-turut sebesar 0,74; 0,75; 0,54, dan 0,77 (Tabel 3). Nilai tersebut menunjukkan bahwa heritabilitas sifat tinggi, diameter batang dan indeks kekokohan termasuk dalam kriteria tinggi sedangkan untuk jumlah daun termasuk dalam kriteria sedang (moderat). Menurut Cotteril & Dean (1990) heritabilitas individu termasuk dalam kriteria rendah

jika nilainya $< 0,1$, sedang (moderat) jika nilainya berkisar antara $0,1 - 0,3$ dan tinggi jika nilainya $> 0,3$. Nilai heritabilitas sedang sampai tinggi tersebut memberikan petunjuk bahwa potensi keragaman genetik *S. macrophylla* cukup tinggi. Fenomena tersebut didukung oleh hasil penelitian Siregar *et al.* (2007) serta proporsi nilai komponen varian ras lahan dan pohon induk terhadap total komponen variannya cukup besar (Tabel 2).

Tingginya nilai heritabilitas *S. macrophylla* kemungkinan karena perhitungan dilakukan masih pada tingkat bibit di persemaian sehingga kondisi lingkungannya relatif masih seragam. Tingginya nilai heritabilitas diduga juga terjadi karena proporsi keragaman genetik di dalam ras lahan cukup besar (77%) (Siregar *et al.*, 2007) dan materi genetik yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari beberapa ras lahan yang jaraknya berjauhan (Tabel 1) sehingga nilai varian genetik dari individu-individu penyusunnya cukup tinggi (Mangoendidjojo, 2009). Nilai heritabilitas yang cukup tinggi pada tingkat bibit di persemaian juga terjadi pada jenis nyawai (*Ficus variegata* Blume) umur 8 bulan (Haryjanto & Prastyono, 2014) dan meranti tembaga (*Shorea leprosula* Miq.) umur 18 bulan (Mashudi, 2017).

Penelitian tingkat lapang oleh Muslimin *et al.* (2017) pada plot uji keturunan *S. macrophylla* umur 1 tahun di Kemampo, Sumatera Selatan menunjukkan bahwa nilai heritabilitas individu sifat tinggi dan diameter batang masing-masing sebesar 0,22 dan 0,19 dan heritabilitas famili masing-masing sebesar 0,47 dan 0,42. Penelitian di Mexico pada kombinasi uji provenan dan uji keturunan *S. macrophylla* umur 5 tahun dihasilkan nilai heritabilitas individu untuk sifat tinggi sebesar 0,26 pada lahan yang kurang subur dan 0,31 pada lahan yang subur (Wightman, Ward, Haggard, Santiago, & Cornelius, 2008). Pada dua penelitian tersebut nilai

heritabilitasnya lebih kecil dibanding dengan nilai heritabilitas pada tingkat bibit di persemaian. Hal tersebut dapat dipahami karena di tingkat persemaian kondisi lingkungan relatif se-ragam sehingga nilai heritabilitas yang diperoleh relatif lebih tinggi (Haryjanto & Prastyono, 2014). Dibanding di persemaian, tanaman di tingkat lapang nilai heritabilitasnya cenderung akan berkurang karena proporsi faktor lingkungan cukup besar pengaruhnya terhadap fenotipe. Pada tingkat lapang, nilai heritabilitas berpotensi untuk berubah sebab pengendalian gen terhadap pertumbuhan tanaman dimungkinkan berubah seiring dengan bertambahnya umur (Missanjo, Thole, & Manda, 2013). Disamping umur, perbedaan lokasi uji dan jenis tanaman menjadi penyebab nilai heritabilitas berubah, sebab nilai heritabilitas hanya berlaku untuk jenis tertentu dan pada lokasi tertentu (Mashudi & Susanto, 2016). Beberapa jenis tanaman yang mengalami perubahan nilai heritabilitas karena bertambahnya umur diantaranya : jati (*Tectona grandis*) (Hadiyan, 2009), araukaria (*Araucaria cunninghamii*) (Setiadi, 2010; Setiadi & Susanto, 2012), *Eucalyptus pellita* (Leksono, 2008), dan *Acacia mangium* (Nirsatmanto, Kurinobu, & Shiraishi, 2012).

Korelasi genetik antar sifat dalam ilmu pemuliaan lazimnya digunakan untuk efisiensi pelaksanaan seleksi. Jika korelasi bernilai positif kuat dan konsisten sampai tanaman siap diseleksi maka pelaksanaan seleksi bisa menggunakan dasar satu sifat saja. Korelasi genetik bernilai positif menunjukkan bahwa perbaikan satu sifat akan diikuti oleh perbaikan sifat yang lain dengan derajat hubungan se-besar nilai korelasinya, sebaliknya untuk korelasi negatif perbaikan satu sifat akan diikuti oleh penurunan sifat yang lain dengan derajat hubungan sebesar nilai korelasinya.

Korelasi genetik antara tinggi dengan diameter batang nilainya positif cukup tinggi (0,70), sedang korelasi genetik antara tinggi dengan indeks kekokohan (0,40) dan jumlah daun dengan indeks kekokohan (0,52) bernilai positif kurang tinggi (Tabel 4). Sementara itu korelasi genetik antara sifat tinggi dengan jumlah daun (-0,03) dan diameter batang dengan jumlah daun (-0,46) nilainya negatif kurang tinggi serta diameter batang dengan indeks kekokohan (-0,67) nilainya negatif cukup tinggi.

Korelasi genetik antara sifat tinggi dengan diameter batang bernilai positif cukup tinggi, hal ini dapat dipahami karena pertambahan tinggi tanaman lazimnya akan diikuti oleh pertambahan diameter batang. Fenomena tersebut juga ditemui pada beberapa jenis tanaman kehutanan, diantaranya nyawai (*Ficus variegata* Blume) (Haryjanto & Prastyono, 2014), pulau gading (*Alstonia scholaris*) (Husada, 2013), araukaria (*Araucaria cunninghamii*) (Setiadi, 2010), dan sengon (*Falcataria moluccana*) (Ismail & Hadiyan, 2008). Yang perlu diperhatikan adalah korelasi genetik antara tinggi dengan indeks kekokohan yang bernilai positif karena dengan bertambahnya nilai indeks kekokohan maka bibit semakin kurus (Yudhohartono & Fambayun, 2012). Bibit dengan nilai indeks kekokohan yang tinggi (kurus) akan rentan terhadap kerusakan pada saat penanganan, angin dan kekeringan (Haase, 2008). Indeks kekokohan bibit termasuk kategori baik apabila nilainya lebih kecil dari 6 (Jaenicke, 1999). Dalam penelitian ini, korelasi genetik antara diameter batang dengan indeks kekokohan (-0,67) bernilai negatif cukup tinggi dan ini merupakan indikasi yang positif, sebab dengan bertambahnya diameter batang akan diikuti dengan menurunnya nilai indeks kekokohan (bibit semakin kokoh).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Keragaman pertumbuhan tinggi, diameter batang dan indeks kekokohan dipengaruhi oleh ras lahan dan pohon induk. Keragaman pertumbuhan jumlah daun dipengaruhi oleh pohon induk. Estimasi nilai heritabilitas individu sifat tinggi, diameter batang dan indeks kekokohan termasuk dalam kriteria tinggi, yaitu masing-masing sebesar 0,35, 0,40 dan 0,48 sedangkan untuk jumlah daun termasuk dalam kriteria sedang (moderat yaitu sebesar 0,17). Korelasi genetik antara tinggi dengan diameter batang nilainya positif cukup tinggi, sedang korelasi genetik antara tinggi dengan indeks kekokohan dan jumlah daun dengan indeks kekokohan bernilai positif kurang tinggi. Korelasi genetik antara sifat tinggi dengan jumlah daun dan diameter batang dengan jumlah daun bernilai negatif kurang tinggi serta diameter batang dengan indeks kekokohan bernilai negatif cukup tinggi.

B. Saran

Pengendalian gen terhadap pertumbuhan tanaman sangat dimungkinkan berubah seiring dengan bertambahnya umur dan perubahan lokasi uji. Terkait dengan hal tersebut penelitian lanjutan untuk mengetahui keragaman dan nilai parameter genetik *S. macrophylla* pada tingkat lapang perlu dilakukan secara berkala.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai DIPA APBN Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Maman Sulaeman dan Samsudin yang telah membantu penelitian dan pengumpulan data. Begitu juga kepada

anggota tim peneliti pemuliaan kayu pertukangan dan semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Cotteril, P.P., & Dean, C.A. (1990). *Successful tree breeding with index selection*. CSIRO Division of Forestry and Forest Product, Australia.
- Degen, B., Ward, S.E., Lemes, M.R., Navarro, C., Cavers, S., & Sebbenn, A.M. (2013). Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprint. *S. Forensic Science International: Genetics*, 7(1), 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2012.06.003>
- Escalante, E., Saravia, P., & Bravo, F. (2012). Survival and growth of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings in two provenance trials in Bolivia. *Ecologia En Bolivia*, 47(1), 37–52.
- Haase, D.L. (2008). Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Planters' Notes*, 52(2), 24–30.
- Hadiyan, Y. (2009). Keragaman pertumbuhan uji keturuna jati (*Tectona grandis* L.F.) umur 5 tahun di Ciamis, Jawa Barat. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 3(2), 95–102.
- Hardiyanto, E.B. (2010). *Diktat mata kuliah pemuliaan pohon lanjut*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.
- Haryjanto, L., & Prastyono. (2014). Pendugaan parameter genetik semai nyawai (*Ficus variegata* Blume) asal Pulau Lombok. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 3(1), 37–45.
- Husada, A. (2013). *Evaluasi uji keturunan pulau gading (*Alstonia scholaris*) pada umur 4 tahun di Petak 93, Playen, Gunung Kidul, Yogyakarta*.
- Ismail, B., & Hadiyan, Y. (2008). Evaluasi awal uji keturunan sengon (*Falcataria moluccana*) umur 8 bulan di Kabupaten Kediri Jawa Timur. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 2(3), 1–7.
- Jaenicke, H. (1999). Practical guidelines for research nurseries. In *Good tree nursery practices* (pp. 8–15). Nairobi, Kenya: ICRAF.
- Krisnawati, H., Kallio, M., & Kanninen, M. (2011). *Swietenia macrophylla* King. : *Ecology, silviculture and productivity*. Bogor, Indonesia: CIFOR.
- Leksono, B. (2008). *Study on breeding strategy of *Eucalyptus pellita* (Doctoral Thesis)*. The University of Tokyo.
- Lemes, M.R., Grattapaglia, D., Proctor, J., & Gribel, R. (2007). Flexible mating system in a logged population of *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae): implications for the management of a threatened neotropical tree species. *Plant Ecology*, 192(2), 169–179.
- Mangoendidjojo, W. (2009). *Dasar-dasar pemuliaan tanaman*. Yogyakarta: Kanisius.
- Mashudi. (2016). Keragaman pertumbuhan bibit mahoni daun lebar (*Swietenia macrophylla* King.) dari dua populasi di Yogyakarta. In A. Hayati, D. Winarni, H. Purnobasuki, Ni'matuzahroh, T. Soedarti, & Kuncoro, E.P. (Eds.), *Prosiding Nasional Biodiversitas VI* (pp. 121–129). Surabaya: Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

- Mashudi. (2017). Keragaman dan estimasi parameter genetik meranti tembaga (*Shorea leprosula* Miq.) dari beberapa provenan di Kalimantan. In A. Asngad, Suparti, Hariyatmi, Djumadi, E. Setyaningsih, T. Rahayu, ... Y. Sidiq (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Sainstek* (pp. 264–271). Surakarta: Program Studi Pendidikan Biologi FKIP UMS Surakarta.
- Mashudi, & Susanto, M. (2016). Evaluasi uji keturunan pulai darat (*Alstonia angustiloba* Miq.) umur tiga tahun di Wonogiri, Jawa Tengah. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 10, 83–93.
- Mindawati, N., & Megawati. (2013). *Manual budidaya mahoni (Swietenia macrophylla King)*. Bogor, Indonesia: Puslitbang Peningkatan Produktivitas Hutan dan Direktorat Perbenihan Tanaman Hutan.
- Missanjo, E., Thole, G.K., & Manda, V. (2013). Estimation of genetic and phenotypic parameters for growth traits in clonal seed orchard of *Pinus kesiya* in Malawi. *International Scholarly Research Network Forestry*, (1–6).
- Muslimin, I., Sofyan, A., Suherman, E., Harisman, Y., Voviarti, H., & Susanti, D. (2017). Evaluasi awal uji keturunan mahoni (*Swietenia macrophylla* King.) umur 1 tahun di Kemampo, Banyuasin, Sumatera Selatan. In Lukman, A.H., Nurfatriani, F., Lelana, N.E., & Djaenudin, R.D. (Eds.), *Prosiding Ekspose Hasil Penelitian* (pp. 39–45). Palembang: Balai Penelitian dan Pengembangan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Palembang.
- Nirsatmanto, A., Kurinobu, S., & Shiraishi, S. (2012). Evaluation for the efficiency of early selection in *Acacia mangium* seedling seed orchards based on age trends in genetic parameter. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 9(1), 16–24.
- Rohandi, A., & Widyani, N. (2010). Pertumbuhan tiga provenans mahoni asal Kostarika. *Tekno Hutan Tanaman*, 3(1), 7–11.
- Sastrosupadi, A. (2013). *Rancangan percobaan praktis bidang pertanian* (Cetakan ke). Yogyakarta: Kanisius.
- Setiadi, D. (2010). Keragaman genetik uji provenan dan uji keturunan *Araucaria cunninghamii* pada umur 18 bulan di Bondowoso, Jawa Timur. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 4(1), 1–8.
- Setiadi, D., & Susanto, M. (2012). Variasi genetik pada kombinasi uji provenans dan uji keturunan *Araucaria cunninghamii* di Bondowoso, Jawa Timur. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 6(3), 157–166.
- Siregar, U.J., Siregar, I.Z., & Novita, I. (2007). Keragaman fenotipik dan genetik mahoni (*Swietenia macrophylla*) di Jawa Tengah dan Jawa Timur. In *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Yang Dibiayai oleh Hibah Kompetitif* (pp. 161–164). Bogor.
- Susanto, M. (2008). Analisis Komponen Varian Uji Keturunan *Melaleuca cajuputi* subsp. *cajuputi* di Paliyan, Gunungkidul. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 5(Suplemen No. 1), 199–207.
- Wightman, K.E., Ward, S.E., Haggard, J.P., Santiago, B.R., & Cornelius, J.P. (2008). Performance and genetic variation of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*

King) in provenance and progeny trials in the Yucatan Peninsula of Mexico. *Forest Ecology and Management*, 255(2), 346–355.

Yudhohartono, T.P., & Fambayun, R.A. (2012). Karakteristik pertumbuhan semai binuang asal provenan Pasaman, Sumatera Barat. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 6(3), 143–156.

GROWTH AND MORPHOLOGICAL CHANGES AS AN EARLY INDICATION OF IN VITRO PLOIDIZATION OF TEAK (*Tectona grandis* L.f.)

*Respon Pertumbuhan dan Morfologi Planlet Jati (*Tectona grandis* L.f.) sebagai Deteksi Dini poliploidi Pada Kultur In Vitro*

Yusuf Sigit Ahmad Fauzan^{1*}, Supriyanto² dan/and Teuku Tajuddin³

¹Program Studi Silviculture Tropika, Sekolah Pasca Sarjana, Kampus IPB, Darmaga Bogor 16680, Indonesia

²Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan, Jl. Lingkar Kampus IPB, Darmaga Bogor 16680, Indonesia

³Laboratorium Bioteknologi, BPPT, Gd. 630 Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan, 15314, Indonesia

*Email: ysigit.biotek@yahoo.co.id

Tanggal diterima: 3 November 2017; Tanggal direvisi: 19 Desember 2017;

Tanggal disetujui: 27 Desember 2017

ABSTRACT

Ploidization level estimation can be conducted in several methods, through morphological, growth response, anatomy, cytology, and molecular markers. The simplest and easiest methods are morphological marker and growth response. The study aimed to develop early detection method of polyploidy occurrence in in vitro *Tectona grandis* after treated by antimitotic agent colchicine. Nodal segments were immersed at 0, 15, and 30 μ M colchicines for 5 days, then cultured for 8 weeks. Observations on plantlet height, number of leaves and morphology were performed at 2, 4, and 6 weeks after planting. Colchicine had high significant effect on the height and significant effect on leaves number. High concentration colchicine inhibited shoot elongation and leaves growth, however it increased morphological changes. The plantlets height of 0, 15, and 30 μ M of colchicine treatment was 4.14; 3.82; 3.12 cm; while the number of leaves as much as 8.72; 8.4, and 7.5. Colchicine led to increase in morphological changes at the levels 0, 15, 30 μ M were 26,60%; 46,66%; and 93,33%. Changes caused by polyploidy differ from media. Changes in polyploidy decreased the height, number of leaves, and induced morphological changes, whereas planting media resulted in vitrification. Response to colchicines in culture of *T. grandis* plantlet allows the growth and morphology to be a marker for early detection of polyploidization.

Key words: Colchicine, polyploidy detection, *tectona grandis*

ABSTRAK

Pendugaan tingkat ploidi dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain: penanda morfologi, respon pertumbuhan, anatomi, sitologi, dan molekuler. Metode yang paling sederhana dan mudah dilakukan, terutama untuk deteksi dini yaitu dengan penanda morfologi dan respon pertumbuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati deteksi dini terjadinya poliploidisasi *Tectona grandis* akibat pemberian kolkisin pada kultur in vitro. Ruas nodus eksplan jati direndam dalam 3 konsentrasi kolkisin (0, 15, dan 30 μ M) selama 5 hari, untuk selanjutnya dilakukan kultur in vitro selama 8 minggu. Pengamatan terhadap tinggi daun, jumlah daun dan morfologi daun dilakukan pada minggu ke-2, ke-4, dan ke-6 setelah tanam. Hasil penelitian menunjukkan pemberian kolkisin berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi dan berpengaruh nyata terhadap jumlah daun. Pertumbuhan tinggi daun dan jumlah daun mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya konsentrasi kolkisin. Tinggi planlet akibat perlakuan perendaman 0, 15, dan 30 μ M kolkisin adalah 4,14; 3,82; dan 3,12 cm; sedangkan jumlah daun sebanyak 8,72; 8,4; dan 7,5. Peningkatan konsentrasi kolkisin menyebabkan peningkatan perubahan morfologi. Perubahan morfologi perlakuan kontrol, 15 dan 30 μ M kolkisin sebesar 26,60%, 46,66%, dan 93,33%. Perubahan karena poliploidi berbeda dengan perubahan karena media. Perubahan akibat poliploidi menyebabkan perubahan pada tinggi planlet, jumlah daun, serta morfologi; sedangkan perubahan media tanam menyebabkan vitrifikasi. Adanya respon pemberian kolkisin pada kultur in vitro *T. grandis* memungkinkan pertumbuhan dan morfologi sebagai penanda untuk deteksi dini terjadinya poliploidi.

Kata kunci: Deteksi poliploidi, kolkisin, *Tectona grandis*

I. INTRODUCTION

Teak (*Tectona grandis* L.f.) is a woody plant belonging to the Verbenaceae family that grows in tropical forests of India, Myanmar, Laos, Cambodja, Thailand, and Indonesia. In Indonesia teak grows well in Java, South Sulawesi, Southeast Sulawesi, Nusa Tenggara and Lampung (Martawijaya, Kartasujana, & Kadir, 2005).

Teak wood has a high economic value and is classified in the first to second quality classes or grades in term of strength and the first class in term of durability, so it is suitable for industrial raw materials such as: construction, furniture, carving, and various other functions (Martawijaya *et al.*, 2005).

The teak industry has a large market share, both domestic and international (Adinugraha, & Mahfudz, 2014). According to Kollert & Cherubini (2012) the total production of natural teak wood and world crop was estimated to reach \pm 2-2.5 million m³, while Indonesia's production until recently still reaches 455.995 m³ or about 20% of total world production (Perum Perhutani, 2015). As one of the teak producing countries, this information is a challenge for Indonesia to be able to increase the total teak production, considering Indonesia has significant potential, both land resources and human resources that can be used as forestry development investment especially in timber sector.

Forestry development in the timber sector should be supported by the availability of qualified seed resources or certified seedlings. One technological break through that can be used is the doubling of chromosomes (polyploidy) through *in vitro* cultures. Polyploidy can be generated by colchicine induction to change the number of sets of diploid teak chromosomes into polyploid. So it is expected to change the teak properties into better quality to help increase the

teak productivity and quality as industrial raw materials.

Various studies on the use of mutatic agents, such as colchicine, oryzalin, tryfluralin, and etc, for polyploidy have been done in order to improve the quality and quantity of forest crops such as *Eucalyptus grandis* (Han *et al.*, 2011), *Eucalyptus globulus* (Lin *et al.*, 2010), *Aquilaria malaccensis* (Suhaila *et al.*, 2015), *Acacia crassicarpa* (Lam, Harbard, & Koutoulis, 2014), and *Acacia mangium* (Griffin, 2014).

The results obtained by (Han *et al.*, 2011); Lin *et al.*, (2010); (Suhaila *et al.*, 2015); Lam *et al.* (2014) demonstrated that the use of antimicrobial colchicine led to polyploidy development characterized by changes in growth rates and morphological changes. So it can be presumed that there is a corelation between morphological changes and growth response with ploidy levels.

Polyploidy development can be detected through alteration of growth and morphology at an early state. Early detection can be performed by observing the symptoms and signs or characters of specific physical changes that occurs in plants due to exposure to certain antimitotic agent. Early detection is a crucial stage since it has advantages, among other things, that can help early screening or selection process of a large population into smaller samples. That way, it can save time, money and energy.

Ploidi character can be recognized directly or indirectly through several methods, such as: morphological marker, growth response, anatomy, cytology and molecular. The simplest and easiest method of early detection through indirect prediction, are morphological marker and growth response. This research aimed to develop the early detection method of polyploidy occurrence in teak plantlets *in vitro* via growth response and morphological changes due to the influence of colchicine.

II. METHODOLOGY

A. Time and Location of Research

This research was conducted in Plant Micropropagation Laboratory-BPPT, Building 630 Puspiptek Area, Kota Tangerang Selatan, Banten Province from September 2016 to March 2017.

B. Methods

1. Plant source and preparation of plantlets

Plant materials of nodal segment explants were obtained from 2-year-old *T. grandis* mother plant collection of Muna Island accession. The mother plant was generated from an ex vitro technique and maintained in the mother plant collection room of the Plant Micropropagation of Laboratory-BPPT. A one cm-long nodal segment was excised and sterilized before cultured in a regeneration medium. The regeneration medium used referred to (Srinivasan, Selvan, Karthikeyan, Chandran, Kulothungan, & Govindasamy. 2012). After 4 weeks, 8–10 cm high shoots were harvested for studying the response of *T. grandis* L.f. to different colchicine concentrations.

2. Colchicine preparation and induction of polyploidy

Initially, colchicine solution was prepared by making a stock solution. The stock solution of 100 ppm concentration was prepared by weighing 2.5 mg colchicines powder. To enhance penetration of the colchicine solution into plant tissue, 2-3 drops of DMSO (Dimethyl Sulfide Oxide) was added into the solution, then filter-sterilized using micro filter and added with sterile aquades up to 25 ml volume. The use of colchicine for the treatment of polyploidy induction was by firstly converting the

colchicine stock from ppm concentration to μM unit in accordance with the treatment to be used, concentration 0, 15 and 30 μM .

Polyploidy treatments were performed by taking sterile buds produced by in vitro multiplication as planting material. Shoots used were composed of one nodal segment and 1 cm in length by removing all parts of the leaves and cultured on the regeneration media. Induction of mutation was done by immersing whole teak shoots in 0, 15, and 30 μM colchicine solution for 5 days. Subsequently, the culture was washed with sterile aquades and sub-cultured into the regeneration medium. The culture was then maintained for 8 weeks.

3. Experimental design

The experimental design used in this study was Completely Randomized Design with one factor, i.e the concentration of colchicine. Colchicine concentrations were: 0, 15 and 30 μM . Each treatment was repeated four times, whereas one replication consisted of five teak shoots planted in test tube that already contained the regeneration medium.

4. Observation and data analysis

Observation was carried out weekly for six weeks. Statistical analysis was performed using the analysis of variance (ANOVA) and Duncan Multiple Range Test at α level of 0.05 supported by the software SAS version 9.3. Parameters of observation in this study were plantlets height, number of leaves and type of morphological changes on the leaves and stems appearing during the observation. Treatment applied in the study can be seen in Table 1.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Results

Based on ANOVA in general, the concentration of colchicines resulted in highly significant effect on the parameters of plantlets height and number of leaves at 2, 4 and 6 weeks after treatment (Table 2).

1. Height increase of plantlets

Figure 1 shows the result of colchicines treatments on height of plantlets. The colchicine significantly reduced the height of the *T. grandis* plantlets at 2, 4 and 6 weeks after treatment. At week 2 the growth of treatment K15 (15 µM) and K30 (30 µM) were significantly reduced compared to the control treatment. The height of the

control plantlet was 0.36 cm, whereas those of K15 and K30 were 0.23 cm and 0.14 cm, respectively.

At the 4th and 6th weeks all the treated plantlets experienced a significant decrease in growth. The treatments of K15 and K30 always experienced a lower growth rate than the control treatment. The height of plantlet on treatment of K15 increased in 4th week 4 to 6th from 1.71 cm to 3.82 cm, with an increase of 2.11 cm, while for treatment of K30 it happened from 1.29 to 3.12 cm, with an increase of 1.82 cm. The increase of plant height in the control treatment was from 2.32 to 4.44 cm, increased by 2.12 cm. So the K30 treatment experienced the lowest growth increase when compared with control treatment and K15. The height increase of the whole plantlets is shown in Figure 1.

Table (Tabel) 1. The treatments of colchicine (*Perlakuan konsentrasi kolkisin*)

Antimitotic Agents (<i>Agen antimitotik</i>)	Treatments (<i>Perlakuan</i>)		Number of Repetition (<i>Jumlah pengulangan</i>)	Number of unit (<i>Jumlah satuan</i>)	Total
	Concentrations (<i>Konsentrasi</i>) (µM)	Soaking times days (<i>Waktu perendaman</i>)			
Control	0 (K0)	5	4	5	20
Colchicine	15 (K15)	5	4	5	20
Colchicine	30 (K30)	5	4	5	20
Total of unit (<i>Total satuan percobaan</i>)					60

Table (Tabel) 2. The varians analysis of colchicine influence for height and leaves number on 2, 4 and 6 week after treatments (*Hasil analisis ragam pengaruh kolkisin terhadap tinggi dan jumlah daun pada 2, 4 dan 6 MST*)

No	Parametre (<i>Parameter</i>)	Week (<i>Minggu ke-</i>)		
		2	4	6
1	Height (<i>Tinggi</i>)	0.0069**	0.0005**	0.0031**
2	Leaves number (<i>Jumlah daun</i>)	0.050*	0.050*	0.041*

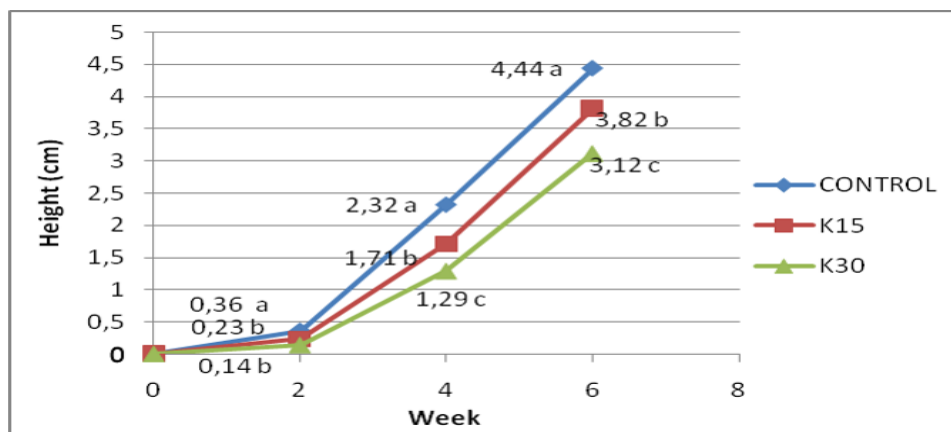
Description (*Keterangan*): ** = Highly significant (*Sangat nyata*)
 * = Significant (*Nyata*)
 Tn = Not significant (*Tidak nyata*)
 MST= Week after treatment (*Minggu setelah tanam*)

2. Amount of leaves

The colchicine induction treatment resulted in various responses to the amount of *T. grandis* leaves at 2, 4 and 6 weeks after planting. The antimitotic of colchicine at the concentrations of 15 and 30 μM significantly decreased the number of leaves (Figure 2). Concentrations of 15 and 30 μM caused a lower number of leaves growth responses although not always significantly different from the control treatment. Therefore, the addition of the 15 and 30

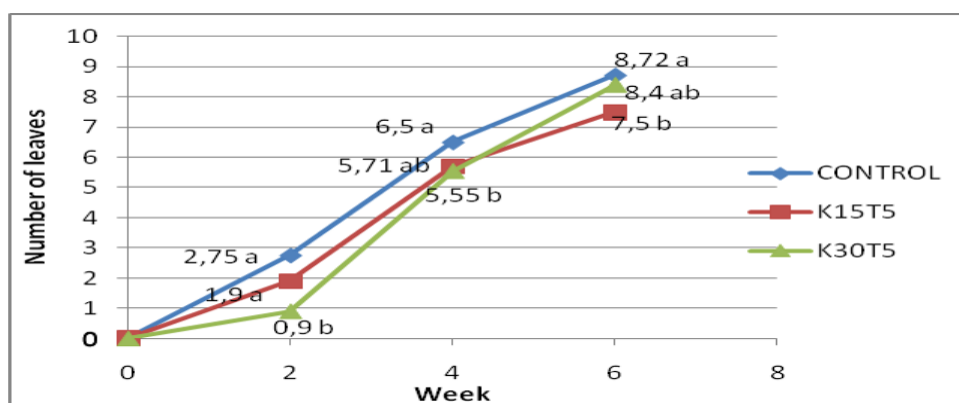
μM colchicine may inhibit the growth of leaves.

Two week after treatment, the control, K15, and K30 treatments produced 2.75, 1.9, and 0.90 amount of leaves, respectively. The treatment of K15 had slightly lower amount of leaves than control. Conversely the treatment of K30 had the lowest leaf number and was significantly different when compared with other treatments. The 4th week had the same phenomena with the 2nd week.



Remarks (Keterangan): K15T5: Kolkisin 15 μM , T5: immersion time 5 days. K30T5: colchicine 30 μM , T5: immersion time 5 days.

Figure (Gambar) 1. The average growth of *Tectona grandis* planlet at 2, 4 and 6 week after treatment (WAT) (Rata-rata pertumbuhan *T. grandis* pada 2, 4 dan 6 minggu setelah perlakuan).



Remarks (Keterangan): K15T5: Kolkisin 15 μM , T5: immersion time 5 days. K30T5: colchicine 30 μM , T5: immersion time 5 days.

Figure (Gambar) 2. The average decrease of number of leaves of *T. grandis* at 2nd, 4th and 6th week after treatment (WAT) (Rata-rata penurunan jumlah daun *T. grandis* pada 2, 4 dan 6 minggu setelah perlakuan).

At the 6th week, treatment of K15 resulted in the lowest amount of leaves when compared with control and K30 treatment. There was a significant decrease in amount of leaves on the K15 treatment. The average number of leaves on treatment of K30 was increased significantly from 4th to 6th week, which was from 5.55 to 8.40. It seems that at a concentration of 30 μ M some plantlets mutated and changed the leaf number from 2 sets to 3 sets or more (as shown in Figure 5D). The average number of leaves of all treatments is displayed in Figure 2.

The result of this study confirmed that colchicine could inhibit the height and amount of leaves of *T. grandis* plantlets. The higher the concentration of colchicine, the lower the height and number of leaves (Figure 3). The same results were obtained by Hui, Li, & Shuhui (2012) that colchicine treatment inhibited the regeneration of *Pinus bungeana* shoots, and the growth of shoot increased with the decrease of colchicine concentration. These results were also in agreement with the experiment recorded by Lam *et al.* (2014) that increasing the concentrations of colchicine would decrease the average height of *Acacia crassicarpa* A. Cunn. Ex Benth. Likewise, the seedlings produced were shorter than that of control diploid.

3. Change of plantlets morphology

Morphological changes of teak plantlets in response to colchicine induction treatments can be seen in Table 3 below.

B. Discussion

1. Growth response

The plant growth and number of leaves inhibition is presumably due to effect of mitotic agents which can cause cellular and meristematic tissue damage. According to Suryo (2007) cell division may be inhibited, which is triggered by the number of chromosomes doubling

due to mitotic agents. Chromosomes doubling or polyploidy increased the complication during pairing process (Syukur, & Sastrosumarjo, 2013). For diploid cell during the mitosis and meiosis, the process involves the pairing of homologous chromosome prior to cytokinesis. In polyploidy cell the pairing processes takes longer time than diploid chromosomes, because there are more than two chromosomes for one set. Furthermore, Sastrosumarjo *et al.* (2013) stated that there is a mechanism that coordinates the pairing along the whole chromosome through similarity of DNA sequences across chromosomal, so, its impact of slowing the pairing process can directly decrease of plant tissue growth.

2. Change of plantlets morphology

Colchicine significantly influenced morphological changes of *T. grandis* plantlet at the 2nd, 4th and 6th week after treatment. Increasing concentration of colchicine resulted in raise of the morphological changes of plantlet. The morphological changes appeared at the 2nd week after treatments observed in the K15 treatment 13.33% of the plantlets had incomplete dissection characteristic with two sets of leaves attached together (Figure 4B). Significant morphological changes was observed at the 4th week after treatment on treatment K15 and K30 which the proportion was 46.6 and 73.33%, respectively. Furthermore at the 6th week, the treatment of K30 had very intensive morphological change i.e. up to 93.33%. Morphological changes observed in the treatment of K15 and K30 were modification of stems, leaves and growth types. The change in the shape of the stems was caused by the emergence of new branches that bends the stems, whereas on control plantlets no branches were found. The leaves were observed on the change of shape, edge, position, thickness, color, and size.

**Growth and Morphological Changes as an Early Indication of
in Vitro Ploidization of *Tectona Grandis***

Yusuf Sigit Ahmad Fauzan, Supriyanto and Teuku Tajuddin

Whereas the growth type changed was the dwarf plantlets.

Table (Tabel) 3. Comparison the morphological changes of *T. grandis* plantlets on 2nd, 4th, and 6th weeks after treatments (Perbandingan perubahan morfologi plantlet *T. grandis* pada 2, 4 dan 6 minggu setelah perlakuan)

No	Treatments (Perlakuan)	(%)	(%)	(%)	Descriptions (Keterangan)
		Morphological changes 2 th Week (Perubahan morfologi pada minggu ke-2)	Morphological changes 4 th Week (Perubahan morfologi pada minggu ke-4)	Morphological changes 6 th Week (Perubahan morfologi pada minggu ke-6)	
1	Control	0.00 (0/15)	20.00 (3/15)	26.60 (4/15)	1. Week 2, buds have not developed and no leaves 2. Week 4, intermittent leaves Week 6, intermittent with 2 sets of leaves
2	K15	13.33 (2/15)	46.66 (7/15)	46.66 (7/15)	1. Week 2, two sets of fused leaves 2. Week 4, round leaves, large jagged edges, intermittent leaves, 2 sets of fused leaves. 3. Week 6, round leaves, jagged edges, 3 sets of opposite leaves, intermittent leaves, 2 sets of fused leaves
3	K30	0.00 (0/15)	73.33 (11/15)	93.33 (14/15)	1. Week 2, buds have not growth, no leaves 2. Week 4, round leaves, intermittent leaves, leafy edges, large jagged leaves, split leaf tips, 4 sets of opposite leaves, chimera 3. Week 6, round leaves, intermittent leaf, leafy edges, large jagged edges, split leaves tips, 4 sets of opposite leaves, chimera

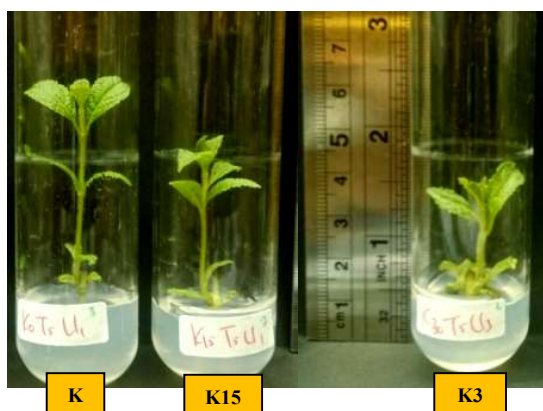


Figure (Gambar) 3. Colchicine influence on height of *T. grandis* plantlets on 4th WAT (Pengaruh kolkisin terhadap tinggi plantlet *T. grandis* pada 4 minggu setelah perlakuan)

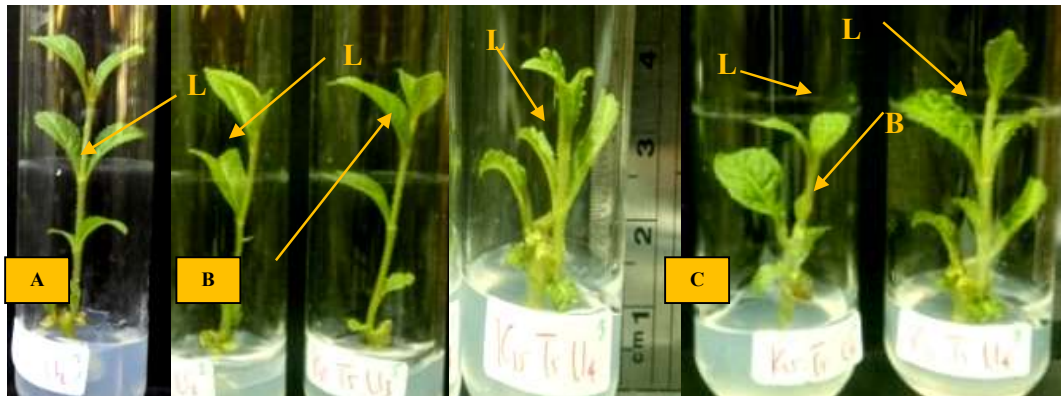


Figure (Gambar) 4. Normal leaves shape and position (A), intermittent leaves position and split end (B), branched stem, thick and jagged leaves edge (C). L: Leaves, B: Branches (*Bentuk dan posisi daun normal (A), posisi daun berselang dan ujung daun terbelah (B), batang bercabang tepi daun beringgit besar (C).* L: Daun, B: cabang)

The results obtained in this study are in agreement with those reported previously by Lin *et al.* (2010), that increasing the colchicine concentration and soaking time increased the average number of mutants of *E. globulus* Labill *in vitro*. Similar findings were obtained by Lam *et al.* (2014) which generated high frequency of abnormalities seedling of *A. crassicarpa* as much as 55% and 57%, resulted from the immersion of colchicine and oryzalin, respectively. These treatments resulted in abnormalities on leaves and filodia (false leaves).

One of the characteristic of morphological changes on leaves was its shape. The leaves shape was changed from lancet to rounded leaves, with a low ratio of leaves width to leaves length. Additionally, the leaves were thicker, rougher, darker in color, and with thicker stem (Figure 4E). Our results were in accordance with results described by (Griffin, 2014) that the polyploids *Acacia* plants have wider leaves surface compared to diploid *Acacia*. The same results were reported by Lin *et al.* (2010) on *in vitro* polyploids *E. globulus* plants

which had thicker, wider and darker green leaves. Similarly, the polyploid plants of rose showed thicker and darker green leaves than the control diploid plants (Kermani, Sarasan, Roberts, Yokoya, Wentworth, & Sieber, 2003). Similarly of Griffin (2014), tetraploids *A. mangium* produced gigantism effect. The results showed that treated plants had 21% rougher and thicker skin, 20% thicker polyads, 28% longer wood fibers, 17% thicker leaves, 12% wider leaves, 24.3 μ m longer stomata than that of diploid *A. mangium*. Further results by Suhaila *et al.* (2015) on *A. malaccensis* plant showed that tetraploid plants underwent some increase in the essential oil content such as β -patchoulene, β -elemente, longifolene, β -cedrene, Didehydro-cycloisolongifolene which was higher than that of its diploid counterpart.

According to Zulkarnain (2009) clonal propagation through *in vitro* culture can cause temporary mutation. One of the indications of somaclonal changes that occur is the morphological changes due to the interaction of physiological components (cells and

**Growth and Morphological Changes as an Early Indication of
in Vitro Ploidization of *Tectona Grandis***

Yusuf Sigit Ahmad Fauzan, Supriyanto and Teuku Tajuddin

tissues) with the culture environment during the process of *in vitro* culture. These changes are results of long-term exposure to chemicals and growth regulators contained in culture media. These phenomena were observed on the control plantlets that resulted in 26.66% morphological change, for example the position of sets of intermittent leaves. Such morphological changes were not permanent. As the plantlets grew, the characters exhibiting abnormalities turned back to normal after several weeks, indicated by the appearance of a

new leaves set.

The use of antimetabolic agents (colchicine) is presumed as a factor causing permanent morphological changes on plantlets. Colchicine as a mutagen is toxic and highly destructive (Lin *et al.*, 2010b). This mutagen is physically and chemically penetrating into the cell nucleus which affects and inhibit microtubule organizing center (MTOC). This inhibition presumably resulted in abnormal changes in plantlets morphology (Figures 4, 5, 6 & 7).

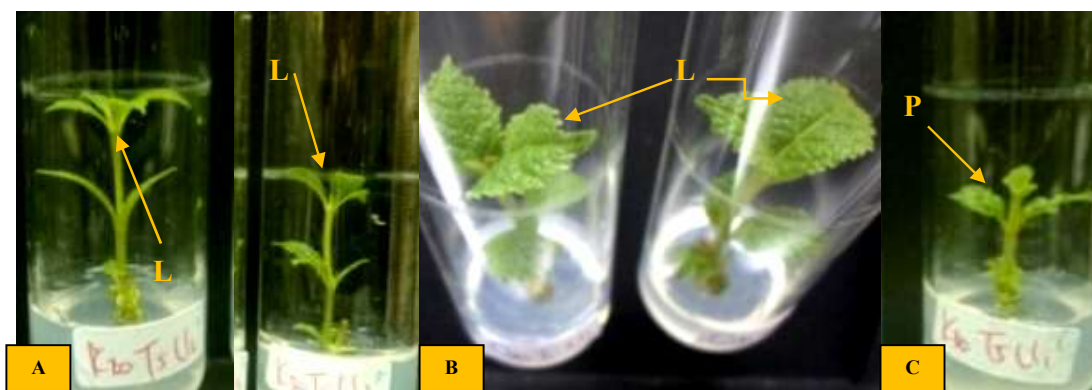


Figure (Gambar) 5. The 3rd and 4th position set of leaves facing each other (A), rounded and wavy leaves end with stiff and rough surface (B), dwarf plantlets (C). L: Leaves, P: Planlet (3 – 4 posisi daun menyatu (A), tepi daun berombak (B), planlet tumbuh kerdil. L: Daun, P: Planlet)



Figure (Gambar) 6 Several changes in leaves morphology from normal (K0) to abnormal (K15 & K30) (read: from left above to right below). N: Normal (Beberapa perubahan morfologi daun dari normal menjadi tidak normal (K15 & K30) (baca: dari kiri ke kanan). N: Normal)



Figure (Gambar) 7 Change of leaves position and two sets of leaves merged into one set (A), change of branching shape (B). L: Leaves, B: Branches (Perubahan posisi daun dan 2 set bergabung menjadi (A), Batang bercabang (B). L: Daun, B: Cabang)

3. Early indication of polyploidy

The treatment of K30 (30 μ M) resulted in the most significant growth and morphological alterations of *T. grandis* plantlets. These alterations were thought to be associated with changes in the ploidy level of plantlets. This finding was supported by the results of several previous studies regarding the effects of polyploidy induction in plants. Viehmannová, Trávníčková, Špatenková, Černá, Trávníček, (2012) described that morphologically the growth of polyploid *U. tuberosus* plants was slower and shorter than diploid plants. In addition the morphology of leaves had smaller surface area. Dunn, (2007) did an experiment on *Buddleja* plant and reported the same response, which changed in leaves size, leaves color, stem thickness and increase in pollen production as an early indicator of polyploidization. Moreover, tetraploid and octaploid *A. crassicaarpa* were shorter than their diploid counter parts (Lam *et al.*, 2014). Other characteristics phenomena occurring in polyploid plants

were large nuclei and cell contents, increase in the size of leaves and flowers, and an increase and difference in chemical constituents including carbohydrates, proteins, vitamins and alkaloids.

From the polyploid characteristics described above, we assumed that the *T. grandis* plantlets resulted from our study has changed from diploid to polyploid. These changes were indicated by decrease of the height of plantlets, reduced the amount of leaves and the occurrence of morphological changes on plantlets. To prove the occurrence of polyploidization we need further verification by using the methods of anatomical, cytological, or molecular markers. This method can be used for an early detection of polyploidy in a quick, easy, and practical way to screen for large numbers of plantlets.

IV. CONCLUSION AND SUGGESTION

A. Conclusion

Raising the concentration of colchicine resulted in the decreasing of the height of plantlets, smaller number of leaves and the increase of morphological changes on plantlets. As for plantlets morphology, the accumulation changes in control were 26.60%, and then increased in K15 treatment for 46.66% and K30 for 93.33%. Based on the changes observed in plantlets growth and morphology, we may identify the polyploidization of *T. grandis*. The growth and morphological alteration data can be used for early detection of polyploidy in *T. grandis*.

B. Suggestion

Further testing was required using anatomical and cytologic markers to reinforce the direct prediction of (*T. grandis*) polyploidy.

KNOWLEDGEMENT

Thanks to the Agency for Assessment and Application of Technology who has facilitated and funded this research.

REFERENCES

- Adinugraha, H.A., & Mahfudz. (2014). Pengembangan teknik perbanyak vegetatif tanaman jati pada hutan rakyat. *Jurnal Wasian*, 1(1), 39–44.
- Dunn, B. (2007). Oryzalin induced chromosome doubling in *Buddleja* to facilitate interspecific hybridization. *Publication of the American Society for Horticultural Science*, 42 (6), 1326–1326.
- Griffin, R. (2014). Polyploid Acacias : Biological curiosities or new varieties for new environmental challenges? Retrieved from <http://slideplayer.com/slide/9110136/>.
- Han, C., Xu, J.M., Du, Z.H., Li, G.Y., Zeng, B.S., Wu, S.J., & Wang, W. (2011). Polyploidy induction of clone of *Eucalyptus grandis* with colchicine. *African Journal of Biotechnology*, 10(66), 14711–14717. <https://doi.org/10.5897/AJB11.093>
- Hui, Y., Li, Z., Shuhui, Y. (1847). *Pinus bungeana*. <https://doi.org/citeulike-article-id:13745287>
- Kermani, M.J., Sarasan, V., Roberts, A. V., Yokoya, K., Wentworth, J., & Sieber, V.K. (2003). Oryzalin-induced chromosome doubling in *Rosa* and its effect on plant morphology and pollen viability. *Theoretical and Applied Genetics*, 107(7), 1195–1200. <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1374-1>
- Kollert, W., & Cherubini, L. (2012). *Forestry Department*, (3). Italy: FAO.
- Lam, H.K., Harbard, J.L., & Koutoulis, A. (2014). Tetraploid induction of *Acacia crassicarpa* using colchicine and oryzalin. *Journal of Tropical Forest Science*, 26(3), 347–354.
- Lin, H., Jian, M., Liang, L., Pei, W., Liu, X., & Zhang, H. (2010a). Production of polyploids from cultured shoot tips of *Eucalyptus globulus* Labill by treatment with colchicine. *African Journal of Biotechnology*, 9(15), 2252–2255.
- Lin, H., Jian, M., Liang, L.Y., Pei, W.J., Liu, X.Z., & Zhang, H.Y. (2010b). Production of polyploids from cultured shoot tips of *Eucalyptus globulus* Labill by treatment with colchicine. *African Journal of Biotechnology*, 9(15), 2252–2255. <https://doi.org/10.5897/AJB09.1630>

- Martawijaya, A., Kartasujana, I., & Kadir, K.P.S. (2005). *Atlas Kayu Indonesia. Jilid I (1st ed.)*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Bogor.
- Perum Perhutani. (2015). *Statistik Perum Perhutani Tahun 2010-2014*. Jakarta: Perum Perhutani.
- Sastrodumarjo, S., Sujiprihati, S., Syukur, M., Aisyah, S.I., Wahyu, Y., & Yuniarti, R. (2013). *Buku Sitogenetika Tanaman Edisi Kedua*. (M. Syukur & S. Sastrodumarjo, Eds.). Bogor: IPB Press, Bogor.
- Srinivasan, R., Selvan, G.G., Karthikeyan, K., Chandran, C., Kulothungan, S., Govindasamy, C. (2012). In vitro propagation of shoot and callus culture of *Tectona grandis* L. *Global Journal of Biotechnology & Biochemistry*, 7 (1), 26–29. <https://doi.org/DOI:10.5829/idosi.gjbb.2012.7.1.06>.
- Suhaila, A.R.S., Norihan, M.S., Norwati, M., Azah, M.A.N., Mahani, M.C., Parameswari, N., ... Fuad, Y.M. (2015). Aquilaria malaccensis polyploids as improved planting materials. *Journal of Tropical Forest Science*, 27(3), 376–387.
- Suryo. (2007). *Sitogenetika*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Syukur, M., & Sastrodumarjo, S. (2013). *Sitogenetika Tanaman* (2nd ed.). Bogor: IPB Press.
- Viehmánová, I., Trávníčková, M., Špatenková, E., Černá, M., & Trávníček, P. (2012). Induced polyploidization and its influence on yield, morphological, and qualitative characteristics of microtubers in *Ullucus tuberosus*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 109(1), 83–90. <https://doi.org/10.1007/s11240-011-0076-7>
- Zulkarnain, H. (2009). *Kultur jaringan Tanaman Solusi Perbanyak Tanaman Budidaya*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

MODEL PENDUGAAN VOLUME POHON KARET SAAT PEREMAJAAN DI SEMBAWA, SUMATERA SELATAN

Estimation Model of Rubber Tree Volume at Replanting Time in Sembawa, South Sumatra

Sahuri

Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet
Jalan Raya Palembang – P. Balai KM. 29, PO BOX 1127 Palembang, Indonesia
Email: sahuri_agr@ymail.com

Tanggal diterima: 26 Maret 2017; Tanggal direvisi: 24 Desember 2017;
Tanggal disetujui: 29 Desember 2017

ABSTRACT

Estimation model of rubber (Hevea brasiliensis) tree volume compiled pursuant to one independent variable of stem girth. This study aimed to develop a model of mathematical equations to estimate the volume of rubber trees of clones GT 1, PR 255, PR 261, and the combined clones. The experiment was conducted at the Sembawa Research Station, South Sumatra. Sampling was purposive. The results showed that the volume of rubber tree clones of GT1, PR255, PR261 and mixed clones affected by stem girth at breast height and affected by clone. The model of PR255 clone volume, $V_{PR255}=0.5827G^{1.7182}$ ($R^2=95.6\%$), klon GT1 $V_{GT1}=0.5818G^{1.0352}$, ($R^2=97.8\%$), klon PR261 $V_{PR261}=0.5651G^{0.6471}$ ($R^2=93.5\%$) and the mixed clones, $V=0.5806G^{0.5696}$ ($R^2=98.6\%$). At replanting time, rubber wood has a potential used for sawn timber, plywood, veneer and MDF raw materials. The biggest utilization of rubber wood is for MDF raw materials, because in MDF processing all parts of the trees can be utilized.

Keywords: Clone, hevea brasiliensis, stem girth, and volume estimation

ABSTRAK

Model penduga volume pohon karet (*Hevea brasiliensis*) disusun berdasarkan satu peubah bebas lilit batang. Penelitian ini bertujuan menyusun model persamaan matematis untuk menduga volume pohon karet jenis klon GT 1, PR 255, PR 261, dan klon gabungan. Penelitian dilaksanakan pada areal peremajaan karet di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa, Sumatera Selatan. Pengambilan sampel pohon dilakukan secara purposive. Model penduga volume pohon karet klon GT1, PR255, PR261, dan klon gabungan dipengaruhi oleh lilit batang setinggi dada dan dipengaruhi oleh jenis klon. Model penduga volume klon PR255, $V_{PR255}=0.5827G^{1.7182}$ ($R^2=95,6\%$), klon GT1 $V_{GT1}=0.5818G^{1.0352}$ ($R^2=97,8\%$), klon PR261 $V_{PR261}=0.5651G^{0.6471}$ ($R^2=93,5\%$), dan klon gabungan, $V=0.5806G^{0.5696}$ ($R^2=98,6\%$). Pada saat peremajaan, kayu karet memiliki potensi untuk digunakan dalam industri kayu gergajian, kayu lapis, veneer, dan bahan baku MDF. Pemanfaatan kayu karet terbesar adalah untuk bahan baku MDF, karena pada pengolahan MDF semua bagian pohon dapat dimanfaatkan.

Kata kunci: *Hevea brasiliensis*, klon, lilit batang, dan pendugaan volume

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan kayu untuk industri pengolahan kayu semakin meningkat, sedangkan sumberdaya hutan setiap tahun mengalami penurunan potensi (Kementerian Kehutanan Republik Indonesia, 2014). Hal ini menyebabkan pasokan kayu mengalami penurunan sehingga terjadi ketimpangan antara

kebutuhan dan pasokan kayu (Sumadi, Azwar, & Muara, 2006; Wedatama, Sutapa & Irawati, 2010; Wijaya & Dahlan, 2016). Oleh karena itu, diperlukan program pembangunan Hutan Tanaman Industri (HTI) yang dapat memasok kebutuhan kayu bagi industri. Menurut Nancy, Agustina, & Syarif (2013), HTI berbasis karet berpotensi

sebagai salah satu pemasok atau penghasil kayu.

Kayu karet menjadi alternatif untuk menggantikan kayu hutan sebagai bahan baku industri seperti *sawn timber*, *hard board*, *particle board*, *fibre board*, dan *furniture*. Sejalan dengan program peremajaan karet rakyat di Indonesia, jumlah pabrik pengolahan kayu karet juga menjadi bertambah. Kondisi ini mendorong terbentuknya tataniaga kayu karet (Suheryanto & Haryanto, 2009; Agustina, 2012; Nancy, Agustina, & Syarif, 2013; Setiawan, Sulaeman, & Yoza, 2013).

Permasalahan yang muncul dari tataniaga ini adalah pada saat penaksiran volume pohon di lapangan, yaitu tingkat akurasi dalam mengestimasi volume pohon oleh pembeli selalu kurang tepat, sehingga merugikan pembeli (Isnaini, 2011). Oleh karena itu, diperlukan alat bantu yang dapat mempercepat kegiatan dan memperkecil kesalahan dalam pengukuran volume pohon di lapangan. Salah satu perangkat yang dapat menghitung potensi kayu adalah model penduga volume pohon.

Model penduga volume pohon dapat digunakan secara aktual untuk kebutuhan industri perkayuan baik dalam bentuk Hak Pengusahaan Hutan (HPH) maupun HTI yang berazaskan kelestarian hasil untuk menghasilkan kayu (Broto, 2008; Nuralex, 2009; Harbagung & Krisnawati, 2009; Isdwinanto, 2011; Abidin, 2011; Abdurachman, 2013).

Bentuk penampilan batang merupakan faktor dalam penentuan model untuk menduga volume pohon. Namun pertumbuhan pohon yang bervariasi akan menyebabkan bentuk dan ukuran yang berbeda. Oleh karena itu, pendugaan volume pohon yang bersifat umum harus dihindarkan karena akan menghasilkan dugaan yang kurang akurat antara angka dugaan dengan sebenarnya (Harbagung & Krisnawati, 2009; Susila,

2012; Kuswandi, Sadono, Supriyatno, & Marsono, 2015).

Penelitian ini bertujuan menyusun model persamaan matematis untuk menduga volume pohon karet jenis klon GT1, PR255, PR261, dan klon gabungan pada perkebunan karet, serta menyampaikan informasi mengenai potensi pemanfaatan kayu karet sebagai bahan baku industri berbasis kayu.

II. METODOLOGI

A. Lokasi Penelitian

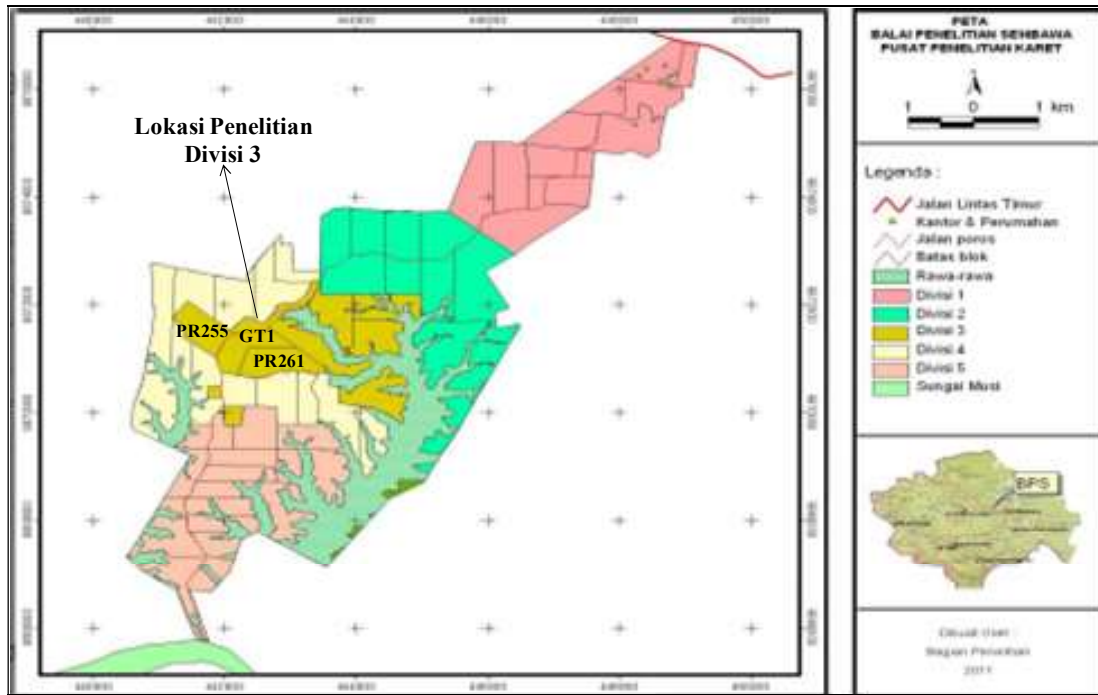
Penelitian dilakukan pada areal peremajaan karet di Kebun Percobaan Balai Penelitian Sembawa, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Areal penelitian terletak pada Bujur Timur 104°32.382'BT dan Lintang Selatan 03°55.684'LS serta ketinggian 10 m dari permukaan laut (dpl). Topografi areal sebagian besar relatif datar dengan kelerengan antara 0–10%. Peta Kebun Riset Balai Penelitian Sembawa dan blok klon karet yang diamati disajikan pada Gambar 1.

Jenis tanah adalah ultisol dengan tekstur lempung liat berpasir. Hasil analisis tanah di lokasi penelitian menunjukkan bahwa kondisi pH sangat masam, C-organik rendah, N-total rendah, KTK dan kation N, P, K, Ca, Mg sangat rendah. Selain itu, tanah tersebut memiliki kejenuhan aluminium (Al) yang tinggi 50, 60% (Tabel 1). Kondisi tanah yang demikian tergolong lahan bermasalah dan mempunyai tingkat kesuburan yang rendah (Wijaya, 2008). Namun tanaman karet termasuk tanaman adaptif pada kondisi lahan tersebut (Rosyid, Wijaya & Boerhendy, 2009; Siagian, Aidi-Daslin, & Hadi, 2008).

Rata-rata curah hujan dilokasi penelitian adalah 2.000–3.000 mm/tahun dengan kelembaban udara sepanjang tahun >80%. Rata-rata suhu udara maksimum 32°C dan minimum 23°C (Khasanah, Wijaya, Vincent, June &

Noordwijk, 2008). Menurut Klasifikasi As-syakur (2009), lokasi penelitian termasuk dalam Tipe Iklim B-2, yaitu

tipe iklim dengan jumlah bulan basah antara 7-9 bulan dan bulan kering antara 2-3 bulan (Gambar 2).



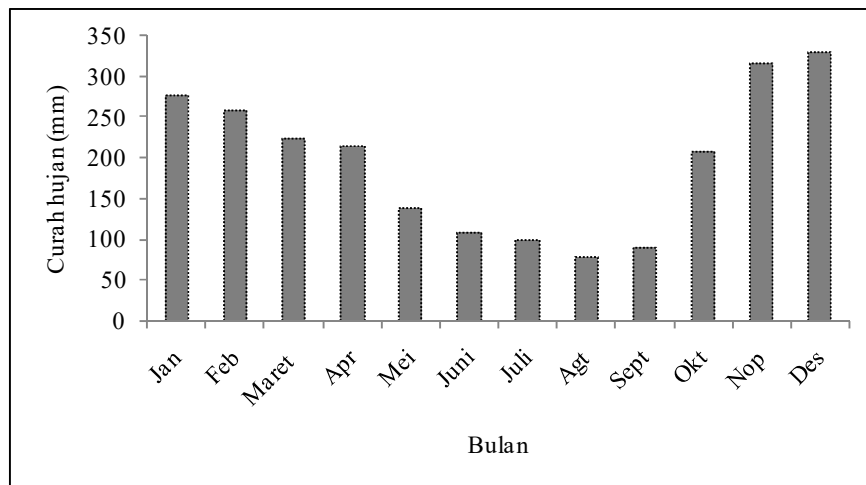
Sumber (source): Kebun Riset Balai Penelitian Sembawa (*The Sembawa Research Station*)

Gambar (Figure) 1. Peta Kebun Riset Balai Penelitian Sembawa (*Map of Sembawa Research Station, South Sumatra*)

Tabel (Table) 1. Data analisis tanah (*Analysis data of soil*)

Peubah analisis (<i>Analysis variables</i>)	Kriteria (<i>Criteria</i>)
pH	4,37sm
C-organik (%)	1,83r
N-total (%)	0,13r
P ₂ O ₅ (Bray II) (ppm)	4,77sr
K ₂ O (Morgan) (me/100 gr)	0,02sr
Ca (me/100 gr)	0,11sr
Mg (me/100 gr)	0,02sr
KTK/ <i>cation exchange capacity</i> (me/100 gr)	8,9sr
Kejenuhan Al/Al saturation (%)	50,60st
Kelas tekstur/ <i>texture class</i> (%):	Lempung liat berpasir (<i>clay sandy loam</i>)
• Pasir/ <i>sand</i>	46,67
• Debu/ <i>silt</i>	25,83
• Liat/ <i>clay</i>	26,49

Keterangan (*Remarks*): r=rendah (*low*); sr=sangat rendah (*very low*); sd=sedang (*medium*); t=tinggi (*high*); st=sangat tinggi (*very high*); m=masam (*acid*); sm=sangat masam (*very acid*)



Gambar (Figure) 2. Rata-rata curah hujan bulanan musim tanam tahun 2006-2016 di Stasiun Balai Penelitian Sembawa (Monthly rainfall rate average in the 2006-2016 growing season in Sembawa Research Center Station)

B. Metode

1. Pengumpulan data

Bahan penelitian penyusunan model penduga volume adalah tegakan tanaman karet yang diremajakan dari bahan tanam klon GT1, PR255, dan PR261 yang berumur 30 tahun dan sudah tidak produktif menghasilkan lateks. Data untuk menyusun model penduga volume pohon berasal dari pohon model yang dipilih secara *purposive* yang mewakili sebaran kelas lilit batang terkecil sampai dengan terbesar. Data lilit batang 60% untuk penyusunan model dan 40% untuk validasi data. Kriteria pohon model yang dipilih adalah pertumbuhan batang dan tajuk normal serta sudah selesai masa sadap. Pada pohon model terpilih dilakukan pengukuran lilit batang utama setinggi dada (*girth at breast height=gbh*), tinggi bebas cabang, pengukuran seksi batang, dan cabang sampai lilit batang ≥ 20 cm.

Pengukuran volume pohon diperoleh dengan cara: 1) volume kayu/pohon (log) = jumlah potongan kayu x volume tiap potongan; 2) volume tiap potongan=luas penampang batang potongan x panjang

potongan; dan 3) volume kayu karet setiap batang dihitung berdasarkan ukuran lilit batang batang utama dan cabang utama yang memenuhi kriteria ≥ 20 cm dengan memperhitungkan panjang batang utama dan cabangnya.

2. Pengolahan dan analisis data

a. Perhitungan volume pohon aktual

Perhitungan volume pohon aktual dilakukan dengan menjumlahkan volume seksi-seksi batang dan cabang pohon. Perhitungan volume seksi batang dan cabang pohon dengan menggunakan persamaan Smalian (Sumadi, Nugroho & Rahman, 2010) seperti berikut ini:

$$V_s = \frac{B_p + B_u}{2} \times L \quad V_a = \sum_{i=1}^n V_s$$

Keterangan: V_s = Volume seksi batang (m^3)

V_a = Volume aktual pohon (M^3)

B_p = Luas bidang datar ujung seksi (m^2)

B_u = Luas bidang datar ujung seksi (m^2)

L = Panjang seksi (m)

b. Penyusunan persamaan regresi model penduga volume pohon

Penyusunan model penduga volume pohon karet disusun berdasarkan satu peubah bebas lilit batang setinggi dada. Volume kayu yang dijadikan persamaan regresi adalah volume batang yang dimanfaatkan. Rumus model hubungan antara lilit batang dengan volume pohon karet adalah menggunakan hubungan korelasi, yaitu:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_i)$$

Keterangan: Y = Volume kayu (m³)
X = Kondisi fisik tanaman karet
f = Fungsi korelasi

Rumus pendugaan volume melalui beberapa kondisi fisik tanaman adalah:

$$V = a X^b$$

Keterangan: V = Volume kayu (m³)
X = Lilit batang (cm)
A = Koefisien regresi
B = Penduga parameter

Dari persamaan di atas kemudian diubah menjadi persamaan:

$$\text{Log } V = \text{Log } a + b \text{ log } G$$

c. Pengujian validasi model

Model disusun berdasarkan satu peubah bebas lilit batang dan diuji validasi dengan akar rata-rata kuadrat simpangan (*root means squared error*=RMSE), simpangan rata-rata (*average deviation*=SR), simpangan agregatif (*agregatif deviation* = SA), koefisien determinasi (*determination coefficient* = R²) dan bias (e).

Nilai RMSE menyatakan tingkat kesalahan secara teknis dalam pengukuran. Semakin kecil nilai RMSE suatu model, maka keakuratan model

tersebut semakin tinggi (Sumadi & Siahaan, 2010) yang dinyatakan dengan rumus:

$$\text{RSME} = \sqrt{\frac{\sum \left(\frac{Vd - Va}{Va}\right)^2}{n}} \times 100\%$$

Nilai SR menyatakan besarnya perbedaan antara volume hasil dugaan dengan volume sebenarnya hasil pengukuran di lapangan secara rata-rata. Nilai SA menyatakan simpangan volume dugaan dengan volume sebenarnya secara agregat. Semakin kecil nilai simpangan rata-rata dan simpangan agregat suatu model, maka keakuratan model tersebut semakin tinggi. Kriteria kelayakan model digunakan apabila besar SA <1% dan SR <10%. Nilai SA dan SR dihitung dengan rumus:

$$\text{SA} = \left[\frac{\sum Vd - \sum Va}{\sum Vd} \right] \times 100\%$$

$$\text{SR} = \left[\frac{\sum \left(\frac{Vd - Va}{Va}\right)}{n} \right] \times 100\%$$

Nilai bias (e) memberikan gambaran kesalahan sistematis yang dapat terjadi karena kesalahan teknis dan pengukuran, dengan rumusnya:

$$\text{Bias} = \sum \left(\frac{Vd - Va}{Va} \right) \times 100\%$$

Keterangan: Vd = Volume dugaan
Va = Volume aktual
n = Jumlah data

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Sebaran pohon model

Penelitian model penduga volume pohon karet menggunakan tanaman

model klon GT 1, PR 255, dan PR 261 berumur 30 tahun, sudah tidak produktif untuk menghasilkan lateks. Tanaman sampel yang dijadikan model masing-masing klon berjumlah 200 pohon, sehingga total pohon yang diamati berjumlah 600 pohon. Populasi pohon pada saat peremajaan sekitar 300-350 pohon/ha dengan jarak tanam 7x3 m. Tanaman karet klon GT 1, PR 255, dan PR 261 memiliki lilit batang 50–160 cm. Sebaran jumlah tanaman karet yang diamati disajikan pada Tabel 2.

2. Hubungan antara lilit batang dan volume kayu karet

Diagram tebar digunakan untuk me-lihat tingkat signifikan antara lilit batang karet dengan volume kayu karet. Diagram tebar hubungan antara lilit batang dan volume kayu karet klon GT 1, PR 255, dan PR 261 disajikan pada Gambar 3. Gambar-gambar tersebut menunjukkan hubungan persamaan model beberapa jenis klon karet yang telah disesuaikan berdasarkan dari plot tebaran datanya. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa pola penyebaran

datanya tidak mengikuti suatu garis lurus melainkan mengikuti pola non-linier. Hal ini menunjukkan bahwa ketelitian yang ditunjukkan oleh lilit batang karet dalam menentukan pendugaan volume kayu sangat baik. Oleh karena itu, dalam melakukan penyusunan model penduga volume kayu terhadap lilit batang karet adalah mengikuti persamaan model non-linier.

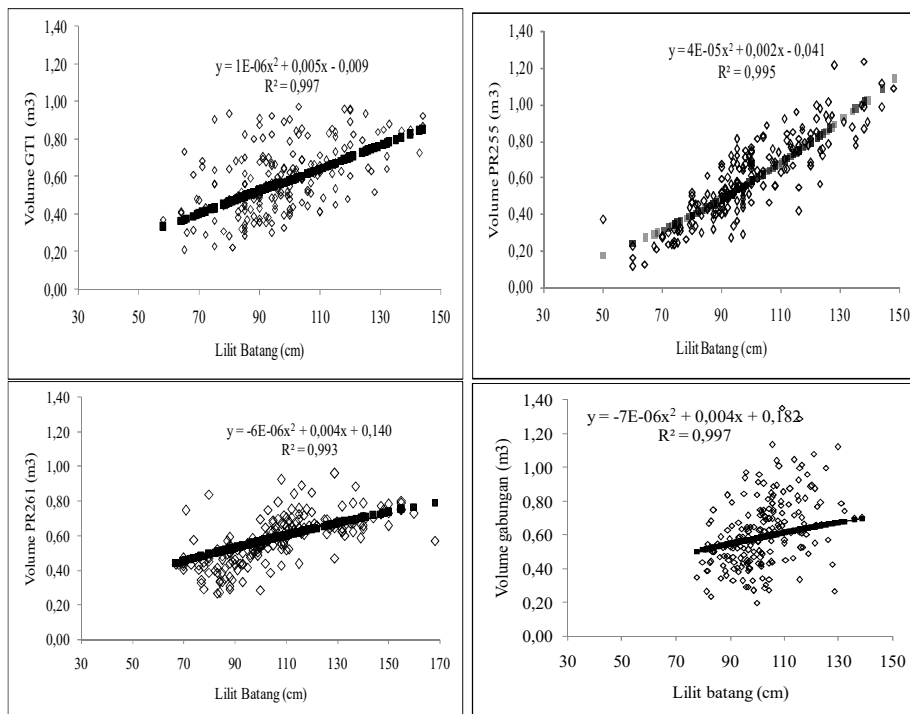
Pada Tabel 3 terlihat bahwa terdapat korelasi yang signifikan antara lilit batang dengan volume pohon karet klon GT1, PR255, PR261, dan klon gabungan. Hal ini menunjukkan bahwa keragaman volume pohon karet dipengaruhi oleh lilit batang setinggi dada.

3. Model pendugaan volume kayu karet berdasarkan lilit batang

Model penduga volume pohon karet dengan satu peubah bebas lilit batang pada klon GT1, PR255, dan PR261 disajikan pada Tabel 3.

Tabel (Table) 2. Sebaran lilit batang dan jumlah pohon karet berdasarkan jenis klon (*The frequency distribution of stem girth and number of tree based clones*)

Kelas lilit batang (<i>Girth classes</i>) (cm)	Jumlah pohon (<i>Number of tree</i>)			Total (<i>Total</i>)
	GT 1	PR255	PR261	
50-60	2	3	2	7
60-70	11	10	8	29
71-80	19	22	20	61
81-90	46	48	44	138
91-100	45	38	46	129
101-110	36	40	42	118
111-120	19	18	20	57
121-130	9	10	9	28
131-140	9	8	6	23
141-150	3	2	2	7
151-160	1	1	1	3
Jumlah (<i>Sum</i>)	200	200	200	600



Gambar (Figure) 3. Hubungan lilit batang dengan volume kayu tanaman karet klon GT1, PR255, PR261 dan klon gabungan (*Correlation of girth with the volume of GT1, PR255, PR261, and mixed clones*)

Tabel (Table) 3. Model pendugaan volume kayu karet dalam bentuk log dan sawn timber dengan bahan tanam klonal (*Estimation model of the volume of rubber wood based on girth and clones*)

Jenis Klon (Clones)	Persamaan (Equation)	Statistik (Statistic) (%)				
		R ²	SR	SA	RMSE	e
GT1	0,5818G ^{1,0352}	97,8	3,82	0,04	8,81	3,94
PR255	0,5827G ^{1,7182}	95,6	3,19	0,03	6,75	3,09
PR261	0,5651G ^{0,6471}	93,5	2,17	0,02	9,84	6,60
Klon gabungan (Mixed clones)	0,5806G ^{0,5696}	98,6	3,81	0,05	4,87	5,45

Keterangan (Remark) : R²=Koefisien determinasi (*Determination coefficient*), SR=Simpangan rata-rata (*Average deviation*), SA=Simpangan agregatif (*Agregatif deviation*), RMSE=Root means squared error, e=bias

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil statistik penggunaan peubah bebas lilit batang setinggi dada dalam menduga volume pohon karet klon GT1, PR255, dan PR261 cukup memenuhi syarat ketelitian suatu persamaan dalam menduga volume pohon berdasarkan nilai R², SR, SA, RMSE, dan e. Menurut Harbagung & Krisnawati (2009);

Kuswandi (2016); Susila (2012), suatu persamaan regresi untuk menduga volume pohon yang menggunakan satu peubah bebas lilit batang, nilai RMSE tidak lebih dari 25%. Selanjutnya menurut Sumadi, Nugroho, & Rahman (2010) dan Mukti (2013), kriteria kelayakan model penduga volume pohon dapat digunakan apabila nilai SA kurang

dari 1% dan nilai SR kurang dari 10%. Berdasarkan hasil analisis besarnya nilai SR dan SA pada model penduga volume pohon karet klon GT1, PR255, dan PR261 sudah menunjukkan tingkat kevalidan dengan nilai SA kurang dari 1% dan nilai SR kurang dari 10%.

B. Pembahasan

Hubungan antara lilit batang dan volume kayu karet mengikuti pola non-linier. Hal ini menunjukkan bahwa ketelitian yang ditunjukkan oleh lilit batang karet dalam menentukan pendugaan volume kayu sangat baik. Oleh karena itu, dalam melakukan penyusunan model penduga volume kayu terhadap lilit batang karet adalah mengikuti persamaan model non-linier. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Putranto (2011) dan Abidin (2011), yang menyatakan bahwa model non-linier merupakan penduga model yang lebih baik dibandingkan model linier bagi hubungan tinggi dan diameter dalam menentukan volume kayu. Kuswandi (2016), menambahkan bahwa metode pendugaan volume pohon yang memiliki akurasi lebih tinggi adalah dengan menggunakan tabel volume pohon yang dibuat berdasarkan persamaan regresi non linier. Sumadi & Siahaan (2010) juga menyatakan bahwa persamaan regresi yang dibangun memberikan hubungan antara diameter dan tinggi pohon dengan volume pohon.

Hasil regresi hubungan antara lilit batang karet dan volume kayu karet memiliki keeratan korelasi yang signifikan. Hal ini karena tanaman karet pada areal perkebunan memiliki keadaan tempat tumbuh yang sama untuk setiap individu pohon. Korelasi antara lilit batang dengan volume pohon karet klon GT1, PR255, PR261, dan klon gabungan sangat erat dengan nilai korelasi masing-masing adalah ($r=0,99$, $r=0,98$, $r=0,97$ dan $r=0,99$). Hal ini menunjukkan bahwa keragaman volume pohon karet

dipengaruhi oleh lilit batang setinggi dada. Oleh karena itu, hasil ini sama dengan beberapa penelitian yang dilakukan, dimana terdapat hubungan korelasi yang erat antara diameter dengan volume pohon dengan R^2 lebih besar dari 60% (Qirom & Supriyadi, 2012; Qirom & Supriyadi, 2013).

Model penduga volume pohon karet klon GT1, PR255, PR261, dan klon gabungan dipengaruhi oleh lilit batang setinggi dada dan dipengaruhi oleh jenis klon. Model penduga volume klon PR255, $V_{PR255}=0,5827G^{1,7182}$, R^2 (95,6%), RMSE (6,75%), SR (3,19%), SA (0,03%), dan e (3,09%); klon GT1, $V_{GT1}=0,5818G^{1,0352}$, R^2 (97,8%), RMSE (8,81%), SR (3,82%), SA (0,04%), dan e (3,94%); klon PR261, $V_{PR261}=0,5651G^{0,6471}$, R^2 (93,5%), RMSE (9,84%), SR (2,17%), SA (0,02%), dan e (6,60%), dan klon gabungan, $V=0,5806G^{0,5696}$, R^2 (98,6%), RMSE (4,78%), SR (3,81%), SA (0,05%), dan e (5,45%).

Klon GT1, PR255, dan PR261 merupakan klon lateks-kayu dalam rekomendasi klon anjuran karet periode 1999-2001. Klon PR 261 direkomendasikan untuk penanaman komersial sejak tahun 1974, sedangkan PR 255 dan PR 300 direkomendasikan sejak tahun 1983 (Woelan & Pasaribu, 2009).

Pada rekomendasi klon anjuran komersial periode 2010-2014, klon tersebut tidak masuk dalam klon anjuran komersial, tetapi klon tersebut masih dapat digunakan (Lasminingsih, 2011). Klon GT1, PR255, dan PR261 memiliki pertumbuhan sedang hingga baik pada tanaman belum menghasilkan (TBM) dan tanaman menghasilkan (TM). Laju pertumbuhan lilit batang <11 cm per tahun pada masa TBM dan <4 cm per tahun pada masa tanaman menghasilkan (TM). Masa tebang tanaman karet adalah umur 25-30 tahun (Siagian, Aidi-Daslin

& Hadi, 2008; Woelan & Pasaribu, 2009; Lasminingsih, 2011).

Saat ini, tanaman karet dinilai cukup potensial sebagai komoditas untuk pembangunan HTI. Terbatasnya bahan baku kayu bulat dan semakin meningkatnya kebutuhan kayu mendorong pengusaha kayu mencari jenis kayu lain untuk substitusi (Siagian, Supriadi, & Siregar, 2008; Woelan, Siagian, Sayurandi, & Pasaribu, 2012; Towaha & Daras, 2013). Sifat alami kayu karet dapat digunakan sebagai bahan substitusi dari kayu ramin, akasia, mahoni, sengon, dan pinus untuk bahan baku kayu olahan (Suheryanto & Haryanto, 2009; Arsad, 2009; Suheryanto, 2010), karena sifat-sifat kayu karet yang tidak jauh berbeda dengan sifat kayu tanaman HTI lainnya (Tabel 4). Pada Tabel 4 terlihat bahwa kelas kuat kayu karet setara dengan kayu akasia, ramin, dan mahoni, sedangkan untuk kelas awet kayu setara dengan kayu ramin dan sengon.

Beberapa sifat dasar yang berkaitan dengan kualitas kayu yang digunakan untuk berbagai produk industri antara lain sifat fisis, mekanis, dan kimia. Berdasarkan sifat fisis dan mekanis kayu karet tergolong kelas kuat II sedangkan untuk analisis terhadap komponen kimia dan dimensi serat, kayu karet termasuk dalam kelas kualitas serat II (Suheryanto & Haryanto, 2009; Arsad, 2009; Putri, Herawati, & Batubara, 2013). Secara umum, berat jenis kayu karet 0,61 g/cm³ dengan persentase penyusutan 1,73%. Pada Tabel 5 terlihat bahwa nilai MOR (*modulus of rupture*) dan keteguhan tekan klon GT 1 lebih besar dibandingkan dengan klon PR 255 dan PR 261. Hal ini menunjukkan bahwa sesuai dengan klasifikasi kekuatan kayu dalam P3HH [Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan]. (2008), bahwa klon GT 1 termasuk dalam kategori kayu kelas kuat II, sedangkan kayu klon PR 255 dan PR 261 merupakan kelas awet III.

Tabel (Table) 4. Perbandingan sifat kayu HTI dengan kayu karet (*Comparison of wood properties between rubber tree and other tree plantation species*)

Jenis kayu (<i>Species</i>)	Berat jenis (<i>Wood density</i>)	Kelas (<i>Class</i>)	
		Kuat (<i>Strength</i>)	Awet (<i>Durability</i>)
<i>Hevea brasiliensis</i> (Karet)	0,61	II-III	V
<i>Acacia mangium</i> (Akasia)	0,61	II-III	III
<i>Gonystylus bancanus</i> (Ramin)	0,63	II-III	V
<i>Swietenia macrophylla</i> (Mahoni)	0,64	II-III	III
<i>Pinus merkusii</i> (Pinus)	0,55	III	IV
<i>Albizia falcata</i> (Sengon)	0,40	V	IV/V

Sumber (*Source*): Suheryanto & Haryanto (2009)

Tabel (Table) 5. Sifat fisik dan mekanik beberapa klon kayu karet (*Physical and mechanical properties of several rubber clones*)

Klon (<i>Clone</i>)	Kadar air (<i>Moisture content</i>) (%)	Berat jenis (<i>Wood density</i>) (Bo/Vo)	Penyusutan (<i>Shrinkage</i>) (%)	MOR (kg/cm ²)	keteguhan tekan (<i>Pressure toughness</i>) (kg/cm ²)	MOR/BJ
GT 1	10,61	0,65	1,27	730,91	452,28	1082,94
PR 255	10,91	0,60	2,01	631,10	362,47	1051,83
PR 261	10,90	0,59	1,92	535,68	352,46	907,93
Rata-rata (<i>Average</i>)	10,81	0,61	1,73	632,56	389,07	1014,23

Keterangan (*remarks*): MOR = Modulus patah (*Modulus of rupture*); BJ = Berat jenis (*Wood density*)

Pada Tabel 6 secara umum karakteristik kimia dan dimensi serat kayu karet termasuk dalam kelas mutu II (Boerhendhy & Agustina, 2006; Putri, Herawati, & Batubara, 2013). Namun pada kriteria nilai bilangan Runkel dan koefisien kekakuan, klon GT 1, dan PR 255 masuk dalam kelas mutu III. Hal ini karena menurut Setianto (2013), kayu karet tergolong kayu yang agak lunak hingga agak keras dengan densitas antara 435-625 kg/m³ dan berat jenis rata-rata 0,61 g/cm³ dengan kisaran 0,55-0,70 g/cm³. Siregar (2012), menambahkan bahwa kayu karet memenuhi kriteria dalam persyaratan untuk bahan pulp dan kertas dengan kualitas pulp yang baik. Hal ini karena panjang serat rata-rata 1138,6 µm, diameter serat rata-rata 26,5 µm, diameter lumen rata-rata 19,7 µm dan tebal dinding serat rata-rata 3,4 µm.

Peremajaan pada perkebunan karet menghasilkan kayu potensial yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri berbasis kayu (Siagian, Supriadi & Anwar, 2010; Agustina, 2012; Agustina *et al.*, 2013). Hasil penjualan kayu karet dapat dijadikan modal untuk penanaman karet berikutnya (Siagian, Supriadi & Anwar, 2010; Agustina, Syarif & Nancy, 2013). Namun, hasil kayu karet yang sebagian besar didominasi perkebunan karet rakyat sehingga relatif lebih rendah dibandingkan dengan hasil kayu pada perkebunan besar (Siagian, Supriadi & Anwar, 2010). Hasil kajian *Indonesian Sawmill and Woodworking Association* (ISWA) menunjukkan bahwa seluruh tanaman karet memiliki manfaat,

yaitu tunggul dan cabang akar (15%) untuk arang dan papan partikel, batang bekas sadapan (15-20%) untuk papan gypsum dan parquet (*flooring*), batang bekas sadapan (20-25%) untuk *furniture*, kayu lapis, dan kayu rekonstruksi dan diatas batang (10-15%) untuk kayu olahan. Cabang utama dan kedua bisa menghasilkan produk kerajinan tangan, mainan, serta papan serat, sedangkan ranting dan daun bisa untuk kompos dan arang (Kaban, 2009; Amypalupy, 2010).

Kayu pada batang utama yang bebas cabang akan digunakan untuk pembuatan kayu gergajian, sedangkan kayu percabangan (kanopi) dapat digunakan untuk pembuatan *Medium Density Fibreboard* (MDF), *chipboard*, serta *pulp* (Siagian, Supriadi & Anwar, 2010). Potensi kayu karet dari hasil volume yang dapat dimanfaatkan untuk beberapa kayu olahan industri primer hasil hutan kayu (IPHHK) disajikan pada Tabel 7. Berdasarkan Peraturan Dirjen Bina Produksi Kehutanan No. P.13/VI-BPPHH/2009 rendemen kayu bulat dari tanaman karet yang digunakan untuk industri kayu gergajian sebesar 32-53%, untuk industri MDF 75-90%, sedangkan untuk *veneer* 56-59%. (Siagian, Supriadi & Anwar, 2010). Kayu karet dari klon GT1, PR255, dan PR261 memiliki potensi besar untuk industri kayu gergajian, kayu lapis, maupun *veneer*. Volume kayu terbesar yaitu untuk penggunaan MDF, hal ini dikarenakan pada pengolahan MDF semua bagian pohon dapat dimanfaatkan (Agustina, Syarif & Nancy, 2013).

Tabel (Table) 6. Sifat kimia dan dimensi serat beberapa klon kayu karet
(*Chemical properties and fiber dimension of several rubber clones*)

Karakteristik (<i>Characteristics</i>) ^{a)}	GT 1	PR 255	PR 261
Sifat kimia (<i>Characteristic of chemical</i>) (%)			
Kadar holoselulosa (<i>Holocelulose content</i>)	67,44	67,89	67,27
Kadar lignin (<i>Lignin content</i>)	20,99	20,87	20,5
Kadar pentosan (<i>Pentosan content</i>)	17,9	17,9	17,3
Kelarutan dalam air dingin (<i>Solubility in cold water</i>)	4,14	4,91	5,01
Kelarutan dalam air panas (<i>Solubility in hot water</i>)	7,86	8,58	9,01
Kelarutan dalam NAOH 1% (<i>Solubility in NaOH of 1%</i>)	14,45	16,2	12,8
Kelarutan dalam alkohol benzena (<i>Solubility in benzene alcohol</i>) (1:2)	4,25	4,71	4,71
Kadar abu (<i>Ash content</i>)	0,72	0,768	0,742
Kadar silika (<i>Silica content</i>)	0,151	0,229	0,12
Dimensi serat (<i>The fiber dimension</i>)			
Panjang serat (<i>Long fiber</i>) (µm)	1731	1579	1571
Diameter serat (<i>Fiber diameter</i>) (µm)	25,02	23,58	23,25
Diameter lumen (<i>Lumen diameter</i>) (µm)	15,66	15,79	16,38
Tebal dinding (<i>Thick wall</i>) (µm)	4,68	3,95	3,53
Daya tenun (<i>Weaving power</i>)	69,18	66,96	67,57
Fleksibilitas rasio (<i>Flexibility ratio</i>)	0,68	0,67	0,7
Koefisien kekakuan (<i>Stiffness coefficient</i>)	0,18	0,16	0,15

Keterangan (*Remarks*): ^{a)}Berat kering oven (*Dry weight of oven*)

Tabel (Table) 7. Potensi pemanfaatan kayu (*The potential of rubber wood utilization*)

Klon (<i>Clones</i>)	Volume kayu (<i>Wood volume</i>) (m ³ /ha)	Pemanfaatan kayu (<i>Rubber utilization</i>) (m ³ /ha)		
		Kayu gergajian (<i>Sawn timber</i>)	MDF	Veneer
GT 1	173	74	143	102
PR 255	191	81	158	113
PR 261	191	81	158	113

Sumber (*Source*): Siagian, Supriadi & Anwar, (2010)

Penjualan kayu karet dapat memberikan keuntungan sehingga dapat dimanfaatkan untuk modal dalam peremajaan tanaman karet (Siagian, Supriadi & Anwar, 2010; Agustina, 2012; Agustina *et al.*, 2013). Keuntungan terbesar yang diterima oleh *supplier* adalah pada penjualan kayu untuk bahan MDF yaitu sebesar RP 750 ribu sampai Rp 2,9 juta/truk, sedangkan untuk keuntungan kayu gergajian dan *veneer* masing-masing Rp 461, 5 ribu/truk dan Rp 450 ribu sampai Rp 930 ribu/truk. Muatan kayu untuk bahan baku MDF per truk sebanyak 7 m³, sedangkan untuk bahan baku kayu gergajian dan *veneer* hanya berkisar 4-5 m³ (Agustina, Syarifa

& Nancy, 2013). Namun dari nilai tersebut, petani hanya mendapatkan Rp 2 juta sampai Rp 14 juta per hektar dengan jumlah tegakan 300-500 pohon/ha pada saat peremajaan (Siagian, Supriadi & Anwar, 2010; Agustina, 2012; Agustina *et al.*, 2013).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Model penduga volume pohon karet klon GT1, PR255, PR261, dan klon gabungan dipengaruhi oleh lilit batang setinggi dada dan dipengaruhi oleh jenis klon. Model penduga volume klon

PR255, $V_{PR255}=0,5827G^{1,7182}$ ($R^2=95,6\%$), klon GT1 $V_{GT1}=0,5818G^{1,0352}$ ($R^2=97,8\%$), klon PR261 $V_{PR261}=0,5651G^{0,6471}$ ($R^2=93,5\%$), dan klon gabungan, $V = 0,5806G^{0,5696}$ ($R^2=98,6\%$). Pada saat peremajaan, kayu karet memiliki potensi untuk industri kayu gergajian, kayu lapis, *veneer* dan bahan baku MDF. Pemanfaatan kayu karet terbesar adalah untuk bahan baku MDF, karena pada pengolahan MDF semua bagian pohon dapat dimanfaatkan.

B. Saran

Dalam pendugaan volume pohon karet harus memperhatikan keakuratan dan ketelitian rumus yang digunakan serta memperhatikan kondisi atau susunan tanaman karet di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Ir. M. Jahidin Rosyid, MS sebagai peneliti utama yang telah memberikan masukan dan saran dalam penulisan makalah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Oktalisa Yuna, Amd sebagai teknisi yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman. (2013). Model pendugaan volume pohon *Dipterocarpus confertus* V. Slooten di wahau kutai timur, kalimantan timur. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*, 7(1), 29-34.
- Abidin, Z. (2011). Penyusunan persamaan penduga volume pohon kelompok jenis Dipterocarpaceae di PT Timberdana Kalimantan Timur [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor, Indonesia.
- Amypalupy, K. (2010). 455 Info Padu Padan Teknologi Merajut Asa Ketangguhan Agribisnis Karet. Balai Penelitian Sembawa-Pusat Penelitian Karet.
- Agustina, D.S. (2012). Pemanfaatan kayu karet di beberapa negara produsen Karet alam dunia. *Warta Perkaratan*, 31(2), 85 - 94.
- Agustina, D.S., Syarif, L.F., & Nancy, C. (2013). Kajian kelembagaan dan kemitraan pemasaran kayu karet di Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Karet*, 31(1), 54-67.
- Arsad, E. 2009. Kayu karet sebagai substitusi kayu hutan alam untuk industri, *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 1(1), 31 – 37.
- As-syakur, A.R. (2009). Evaluasi Zona Agroklimat Dari Klasifikasi Schimidt-Ferguson Menggunakan Aplikasi Sistem Informasi Geografi (SIG). *Jurnal Pijar MIPA*, 3(1), 17-22.
- Broto, H. (2008). *Model penduga volume pohon sengon pada tegakan hutan rakyat*. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Harbagung, & Krisnawati, H. (2009). Model taper batang tanaman Khaya anthoteca C.DC. di hutan penelitian Pasirhantap, Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 6(1), 13-24.
- Isdwinanto, F.M. (2011). *Penyusunan model penduga volume pohon jenis keruing (Dipterocarpus Sp.) Di IUPHHK-HA PT. Salaki Summa Sejahtera, Sumatera Barat*. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Isnaini, H.N. (2011). *Pengelompokan jenis dalam penyusunan tabel volume lokal di IUPHHK-HA PT. Mamberamo Alas Mandiri, Provinsi Papua*. Skripsi. Fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Kaban, M.S. (2009). Kebijakan pengembangan kayu karet melalui

- hutan tanaman rakyat (pp. 2-5) *Pros. Lok.Nas. Pemuliaan Tanaman Karet 2009*, Batam, 4-6 Agustus 2009. Pusat Penelitian Karet.
- Kementerian Kehutanan Republik Indonesia. (2014). *Statistik Kehutanan Indonesia 2014*. Jakarta.
- Khasanah, N., Wijaya, T., Vincent, G., June, T., & Van Noordwijk, M. (2008). Status air dan lingkungan radiasi dalam sistem karet monokultur dan campuran dengan akasia (*Acacia mangium*). *Jurnal Penelitian Karet*, 26(1), 31-48.
- Kuswandi, R., Sadono, R., Supriyatno, N., & Marsono, D. (2015). Keanekaragaman struktur tegakan hutan alam bekas tebangan berdasarkan biogeografi di Papua. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 22(2), 151-159.
- Kuswandi, R. (2016). Model penduga volume pohon kelompok jenis komersial pada wilayah Kabupaten Sarmi, Papua. *Jurnal WASIAN*, 3(2), 91-96
- Lasminingsih, M. (2011). Rekomendasi klon karet 2010-2014. [Leaflet]. Balai Penelitian Sembawa, Pusat Penelitian Karet.
- Mukti, G.A. (2013). *Penyusunan model pendugaan volume kayu lokal sortimen jati (Tectona grandis l. f.) di KPH Semarang Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah*. [Skripsi]. Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
- Nancy, C., Agustina, D.S., & Syarifa, L.F. (2013). Potensi kayu hasil peremajaan karet rakyat untuk memasok industri kayu karet studi kasus di Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Karet*, 31(1), 68-78.
- Nuralexia, F.D. (2009). *Karakteristik sifat anatomi dan fisis small diameter log sengon (Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen) dan gmelina (Gmelina arborea Roxb.)*. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- P3HH [Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan]. 2008. *Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia: A handbook of selected Indonesian wood species*. Indonesian Sawmill and Woodworking Association (ISWA).
- Putranto, B. (2011). Penduga Model Hubungan Tinggi dan Diameter Pohon Jenis Jambu-Jambu (*Kjellbergiodendron* sp.) Pada Hutan Alam Di Kab Mamuju Sulawesi Barat. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (Mapeki) XIV.
- Putri, N., Herawati, E., & Batubara, R. (2013). Pengawetan Kayu Karet (*Hevea braziliensis* MUELL Arg) menggunakan Asam Borat (H3BO3) dengan metode pengawetan rendaman panas dingin. *Peronema Forestry Science*, 2(1), 1-8.
- Qirom, M.A., & Supriyadi. (2012). Penyusunan model penduga volume pohon jenis jelutung rawa (*Dyera Polyphylla* (Miq) V. Steenis). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 9(3), 141-153.
- Qirom, M.A., & Supriyadi. (2013). Model penduga volume pohon nyawai (*Ficus variegata* Blume) di Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(4), 173-184.
- Rosyid, M.J., Wijaya, T., & Boerhendhy, I. (2009). Pengujian adptabilitas beberapa klon karet di daerah pasang surut dengan tipe luapan D di Sumatera Selatan. (pp 252-261). Prosiding Lokakarya Nasional Pemuliaan Tanaman Karet 2009, Batam, 4-6 Agustus 2009. hlm. 252-261.

- Setianto, F. (2013). Analisis distorsi volume dan analisis kekuatan sambungan bahan kayu karet dan bengkirai. [Tesis]. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Setiawan, F., Sulaeman, R., & Yoza, D. (2013). *Karakteristik kayu lapis dari bahan baku kayu karet (Hevea brasiliensis Muell. Arg) berdasarkan umur pohon.*[Skripsi]. Jurusan Kehutanan, Universitas Riau.
- Siagian, N., Aidi-Daslin, & Hadi, H. (2008). Potensi produksi klon unggul karet dan upaya pencapaiannya (pp. 95-116). *Pros. Lok.Nas. Agribisnis Karet 2008*, Yogyakarta, 20-21 Agustus 2008. Pusat Penelitian Karet. hlm 95-116.
- Siagian, N., Supriadi, M., & Siregar, T.H.S. (2008). Potensi ketersediaan kayu karet untuk bahan baku industri berbasis kayu dan rendemen kayu karet gergajian. *Jurnal Penelitian Karet*, 26(2), 176-203.
- Siagian, N., Supriadi, M., & Anwar, C. (2010). Potensi produksi kayu karet tua di tingkat petani dan perkebunan serta kendala dalam pemanfaatan. *Jurnal Penelitian Karet*, 28(1), 26-43.
- Siregar, N. (2012). Peluang benuang bini (*Octomeles sumatrana* Miq) sebagai bahan baku pulp. *Mitra Hutan Tanaman*, 7(1): 23 – 30.
- Suheyanto, D. (2010). Pengaruh konsentrasi cupri sulfat terhadap keawetan kayu karet. Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses 2010. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. hlm. 61-69. <http://eprints.undip.ac.id/28056/1/E-06.pdf>.
- Sumadi, A., & Siahaan, H. (2010). Model penduga volume pohon kayu bawang di Provinsi Bengkulu (*Disoxylum molliscimum* BurmF.).” *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 7(5), 227-31.
- Sumadi, A., Nugroho, A.W., & Rahman, T. (2010). Model penduga volume pohon pulai gading di Kabupaten Musi Rawas Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 7(2), 107-112.
- Suheryanto, D., & Haryanto, T. (2009). Pemanfaatan kayu karet untuk furniture (pp. 1-8). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, Yogyakarta, 16 Mei 2009. Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta. hlm. 1-8.
- Susila, I.W.W. (2012). Model dugaan volume dan riap tegakan jati (*Tectona Grandis* L.F) di Nusa Penida, Klungkung Bali. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 9(3), 165-178.
- Towaha, J. & Daras, U. (2013). Peluang pemanfaatan kayu karet (*Hevea brasiliensis*) sebagai kayu industri. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*, 19(2), 26-31.
- Wijaya, T. (2008). Kesesuaian tanah dan iklim untuk tanaman karet. *Warta Perkaratan*, 27 (2): 34-44.
- Wijaya, D.H., & Dahlan, D. (2016). Karakterisasi fasa dan kapasitansi elektroda kayu karet yang dielektrodeposisi menggunakan CuSO₄ untuk aplikasi elektroda superkapasitor. *Jurnal Fisika Unand*, 5(1), 78-84.
- Wedatama, S., Sutapa, J.P.G., & Irawati, D. (2010). Peningkatan kualitas kayu karet dengan compregnasi menggunakan urea formaldehida (pp. 113-116). *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia (MAPEKI) XVI*.

- Biodegradasi Dan Peningkatan Kualitas Kayu*, Bali 10-11 Nopember 2010. Bogor: Masyarakat Peneliti Kayu Indonesia. hlm. 113-116.
- Woelan, S., & Pasaribu, S.A. (2009). Pembentukan klon karet unggul baru melalui metode konvensional selama dekade ke-2 (1996-2005) (pp 224-235). Prosiding Lokakarya Nasional Pemuliaan Tanaman Karet 2009, Batam, 4-6 Agustus 2009. hlm. 224-235.
- Woelan, S., Siagian, N., Sayurandi, & Pasaribu, S.A. (2012). Potensi kayu karet hasil peremajaan di tingkat perusahaan perkebunan. *Warta Perkaratan*, 31(2), 75-84.

JURNAL PENELITIAN HUTAN TANAMAN

ISI VOLUME 14

Nomor 1

- Ratna Uli Damayanti S, Supriyanto, Arum Sekar Wulandari, Benny Subandy
Regenerasi Tunas Adventif dari Eksplan Daun Tembesu (*Fragraea fragrans* Roxb.)
Melalui Teknik Kultur Jaringan 1
- Evayusvita Rustam, Tatiek K. Suharsi, M. Rahmad Suhartanto, Dede J. Sudrajat
Daya Simpan Benih Jabon Putih [*Neolamarckia cadamba* (Roxb.) Bosser]
Berdasarkan Populasi dan Karakteristik Benih 19
- Irma Yeny, Murniati, Dona Octavia
Hubungan Karakteristik Internal Petani dengan Keberhasilan Pertumbuhan
Cempaka (*Michelia champaca* L.) 35
- Hesti Lestari Tata, Budi Hadi Narendra, Mawazin
Tingkat Kerawanan Kabakaran Gambut Di Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera
Selatan 51
- Eliya Suita, Dede J. Sudrajat, Rina Kurniaty
Pertumbuhan Bibit Kaliandra pada Beberapa Komposisi Media Semai
Cetak di Persemaian dan Lapangan 73

Nomor 2

- Ai Rosah Aisah, Bonny P. W., Soekarno Achmad
Patogenisitas Isolat Botryodiplodia spp. Terhadap Bibit Jabon
(*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq) 85
- Cica Ali, Aam Aminah
Perkembangan Bunga dan Buah Pirdot (*Saurauia bracteosa* DC.)
di Arboretum Aek Nauli 103
- Mashudi, Mudji Susanto, Darwo
Keragaman Pertumbuhan Bibit Mahoni Daun Lebar (*Swietenia macrophylla* King.)
dari Beberapa Populasi di Indonesia 115
- Yusuf Sigit Ahmad Fauzan, Supriyanto, Teuku Tajuddin
Growth and Morphological Changes as an Early Indication of In Vitro Ploidization
of *Tectona grandis* 127
- Sahuri
Model Pendugaan Volume Pohon Karet saat Peremajaan di Sembawa, Sumatera
Selatan 139

INDEX PENULIS VOLUME 10

Achmad, Soekarno	85	Sahuri	139
Aisah, Ai R.	85	Subandy, Benny	1
Ali, Cica	103	Sudrajat, Dede J.	19, 73
Aminah, Aam	103	Suhartanto, M. Rahmad	19
		Suharsi, Tatiek K.	19
Darwo	115	Susanto, Mudji	115
		Suita, Eliya	73
Fauzan, Yusuf Sigit A.	127	Sianturi, Ratna Uli D.	1
		Supriyanto	1, 127
Mashudi	115		
Murniati	35	Kurniaty, Rina	73
Mawazin	51		
		Tata, Hesti Lestari	51
Narendra, Budi Hadi	51	Tajuddin, Teuku	127
Octavia, Dona	35	Wulandari, Arum Sekar	1
Soekarno, Bonny P. W.	85	Yeny, Irma	35
Rustam, Evayusvita	19		

INDEX KATA KUNCI VOLUME 14

<i>Alternative growth media</i>	73
Benih ortodoks	19,20
<i>Caliandra calothyrsus</i>	73
Cempaka	35,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49
<i>Colchicino</i>	127,128,129,130,131,132,133,134,135,136,137
<i>Correlation</i>	35,43
<i>Clone</i>	139,144,145,148,149
<i>Dieback</i>	85,90,92,93,94,99,100
Deteksi poliploidi	127
<i>Fagraea fragrans</i>	1,15
<i>Farmer characteristics</i>	35
Faktor genetik	19,20,28,29
<i>Fire prevention</i>	51
<i>Fire risk map</i>	51
<i>Flowing development</i>	103
<i>Forest management unit (FMU)</i>	51
<i>Fruiting development</i>	103
Gambut	51,52,53,54,56,57,59,60, 62,63,64,65,66,67,68,69,70,71
<i>Genetic correlation</i>	115
<i>Genetic factor</i>	19
<i>Growth</i>	35,39,42,43,48,73,78,82
Heritabilitas	115,118,119,121,122,123
<i>Heritability</i>	115,119
<i>Hevea brasiliensis</i>	139,147,152
Hutan rakyat	35,36,37,38,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49
<i>Host defense</i>	85
Infeksi patogen	85,86,87,91,95,97,98
Kaliandra	73,74,76,77,78,80,81,82,83
Karakteristik petani	35,36,37,49
Kultur jaringan	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,17
Kesatuan Pengelolaan Hutan	51,53,69
<i>Kolkisin</i>	127,130,131,133
Korelasi	35,36,38,39,43,45,46
Korelasi genetik	115,118,120,121,122,123
Keragaman genetik	115,116,120,121,122,125
Klon	139,140,142,144,145,146,147,148,149,150,151,1 52,153
<i>Land race</i>	115,117

Lilit batang	139,142,143,144,145,146,147,149
Mati pucuk	85,86,87,89,90,91,92,93,94,95,96,98,99
<i>Michelia champaca</i>	35,47,49
<i>Medium</i>	1,6,8,15
Media	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14
Media tumbuh alternatif	73
<i>Morpho-physiological</i>	19
Morfo-fisiologi	19,20,21,25,27
<i>Organogenesis</i>	1,
<i>Ortodox seed</i>	19
<i>Pathogen attack</i>	85,101
<i>Peatland</i>	51,57,68,69,70,71
Pencegahan kebakaran	51,65,67,68
Pendugaan volume	139,140,143,144,145,146,150,151
Penyimpanan	19,20,22,23,24,25,26,28,29,30,33
Perkembangan buah	103,105,106,108,109
Perkembangan bunga	103,104,105,107,109,110
Pertahanan inang	85,86,87,91,95,97,98
Pertumbuhan	35, 36,37,38,39,41,42,43,45,46,47,49,73,74,76,77,78 ,79,80,81,82,83
<i>Polybag</i>	73,74,76,77,79,80
<i>Polyploidy detection</i>	127,128,129,131,132,138
<i>Private forest</i>	35,41,42,43,48
Ras lahan	115,116,117,118,119,120,121,122,123
Rawan kebakaran	51,62,67,70
<i>Saurauia bracteosa</i> DC	103,109,110
<i>Spatial analysis</i>	51
Spasial	51,52,54,55,62,69,70,71
<i>Stem girth</i>	139,144,145
<i>Storage</i>	19,23,24,26,27,28,30,31,32,33
<i>Swietenia macrophylla</i>	115
<i>Tectona grandis</i>	127
<i>Tissue culture</i>	1,2,17
<i>Variation genetic</i>	115
<i>Volume estimation</i>	139

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Reviewer yang telah menelaah naskah yang dimuat pada Jurnal Penelitian Hutan Tanaman Vol. 14 No. 2, Desember 2017:

Dr. Darwo (Silvikultur dan Biometrika Hutan - KLHK)
Prof. Dr. Tukirin Partomihardjo (Ekologi Hutan dan Botani - LIPI)
Dr. Tatang Tiryana (Perencanaan Pengelolaan Hutan - IPB)
Prof (Riset). Dr. Nina Mindawati (Silvikultur - KLHK)
Dr. Made Hesti Lestari Tata, S.Si., M.Si (Silvikultur - KLHK)
Ir. Atok Subiakto, M.App.Sc (Silvikultur - KLHK)
Henti Hendalastuti Rachmat, S.Hut, M.Si, Ph.D (Silvikultur, Genetik - KLHK)
Dr. Yulianti Bramasto (Silvikultur/Perbenihan - KLHK)
Lutfy Abdullah, S.Hut, M.Si (Biometrika - KLHK)
Hani S. Nuroniah, S.Si, M.Si, Ph.D. (Silvikultur - KLHK)
Retno Agustarini, S.Hut, M.Si (Sosial Ekonomi - 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 jurnalpht@gmail.com

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.puslitbanghut.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 jurnalpht@gmail.com

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.puslitbanghut.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 siza 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

