

ISSN : 0215824
e-ISSN 2527-4414

BULETIN PENELITIAN
TANAMAN REMPAH DAN OBAT
Bulletin of Research on Spice and Medicinal Crops

Akreditasi LIPI No. 778/Akred/P2MI-LIPI/08/2017

Volume 29, Nomor 1, Mei 2018



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Agency for Agricultural Research and Development
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN
Indonesian Center for Estate Crops Research and Development
Bogor, Indonesia

Bul. Littro	Vol. 29	No. 1	hlm. 1-58	Bogor, Mei 2018	ISSN 0215-0824 e-ISSN 2527-4414
-------------	---------	-------	-----------	--------------------	------------------------------------

ISSN : 0215-0824
e-ISSN : 2527-4414

BULETIN PENELITIAN
TANAMAN REMPAH DAN OBAT
Bulletin of Research on Spice and Medicinal Crops

Akreditasi LIPI No. 778/Akred/P2MI-LIPI/08/2017

Volume 29, Nomor 1, Mei 2018

Penanggung Jawab

Kepala
Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Dewan Redaksi

Ketua merangkap Anggota

Dr. Oti Rostiana, M.Sc (Pemuliaan dan Genetika
Tanaman)

Anggota

Prof. Dr. Supriadi (Fitopatologi)
Dr. Ir. Ireng Darwati (Fisiologi)
Dr. Ir. Dono Wahyuno (Fitopatologi)
Ir. Ekwasita Rini Pribadi (Sosial Ekonomi)
Dr. Siswanto (Entomologi)
Dr. Gusmaini, M.Si (Fisiologi)

Redaksi Pelaksana

Dra. Nur Maslahah, M.Si.
Hera Nurhayati, SP.
Eko Hamidi
Efiana, S.Mn
Tini Nurcahaya, S.Kom (IT Support)

Alamat

Jalan Tentara Pelajar No. 3 Cimanggu, Bogor 16111
Telp. (0251) 8321879 - Fax. (0251) 8327010

E-mail : buletintro@gmail.com

Website : <http://balittro.litbang.pertanian.go.id>

URL : <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/bultro>

Sumber Dana

DIPA Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
TA. 2018

ISSN : 0215-0824
e-ISSN : 2527-4414

BULETIN PENELITIAN TANAMAN REMPAH DAN OBAT

terbit dua nomor setiap volume dalam satu tahun (Mei dan Desember) memuat karya tulis ilmiah hasil penelitian tentang tanaman rempah dan obat yang belum pernah dipublikasikan

MITRA BEBESTARI

- Prof. Dr. Ir. Agus Kardinan, M.Sc (*Entomologi-Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Indonesia*), (h-index : 6)
- Prof. Dr. Ir. Deciyanto Soetopo (*Entomology-Indonesia Center for Estate Crops Research and Development, Indonesia*), (h-index : 4)
- Dr. Endah Retno Palupi (*Biology Reproductive Plant-Bogor Agricultural University, Indonesian*), (ID Scopus : 6506616270)
- Prof. Dr. Dwinardi Apriyanto (*Ilmu Hama-University Bengkulu, Indonesia*), (Scopus ID 6507231035)
- Prof. Dr. Ir. Dyah Iswantini (*Biokimia-Institut Pertanian Bogor, Indonesia*), (ID Scopus : 6505944957)
- Dr. Edi Santoso, SP., MSi (*Ekofisiologi-Departemen Agronomi dan Hortikultura, Faperta IPB, Indonesia*)
- Prof. Dr. Ir. Elna Karmawati (*Entomologi-Center for Estate Crops Research and Development, Indonesia*, (Scopus ID : 26531334600)
- Dr. Hagus Tarno, Agr.Sc (*Entomologi-Universitas Brawijaya, Indonesia*), (Scopus ID 36163526900; h-index : 2)
- Dr. Ir. I Made Samudera (*Entomologi Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian*)
- Prof. Dr. Ir. I Wayan Laba (*Entomologi-Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Indonesia*), (h-index : 6)
- Dr. Ir. Irdika Mansur, M.For.Sc. (*Silviculture-Southeast Asian Regional Centre for Tropical Biology*), (ID Scopus : 6603222376)
- Dr. Lisnawita (*Fitopatologi-Universitas Sumatera Utara, Indonesia*), (Scopus ID: 55780066800)
- Dr. Ir. Muhamad Yunus, M.Si (*Plant Breeding-Indonesian Center for Biotechnology and Genetic Resources Research and Development, Indonesia*)
- Prof. Dr. Nanik Setyowati (*Budidaya Tanaman-Universitas Bengkulu, Indonesia*), (ID Scopus : 57189367022)
- Dr. Neni Rostini (*Pemulia Tanaman-Universitas Padjadjaran Bandung, Indonesia*), (h-index : 5)
- Dr. Ir. Nurliani Bermawie (*Pemuliaan-Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Indonesia*), (Scopus ID : 55993158700; h-index : 1)
- Dr. Ratu Safitri, MS (*Mikrobiologi-Universitas Padjajaran Bandung, Indonesia*), (ID Scopus : 6506729561)
- Prof. Dr. Ir. Risfaheri, M.Si (*Teknologi Pascapanen- Indonesian Center for Agricultural Postharvest Research and Development, Indonesia*)
- Prof. Dr. Ir. Rosihan Rosman, MS (*Ekofisiologi-Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Indonesia*)
- Dr. Ir. Siswanto, M.Phil, (*Entomologi-Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Indonesia, Indonesia*)
- Dr. Sri Yuliani (*Teknologi pascapanen-Indonesian Center for Agricultural Postharvest Research and Development, Indonesia*), (Scopus ID : 9844293200 / h-Index : 6)
- Prof. Ir. Totok Agung Dwi Haryanto, M.P, Ph.D (*Plant Breeding-University of Jenderal Soedirman, Indonesia*), (Scopus ID : 6506751630)
- Ir. Usman Daras, M.Agr.Sc (*Budidaya Tanaman-Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Indonesia*), (Scopus ID : 56429655600; h-index 2)
- Dr. Yudiwanti (*Pemulia Tanaman-Institut Pertanian Bogor, Indonesia*), (h-index : 2)
- Dr. Yulin Lestari (*Kimia-Institut Pertanian Bogor, Indonesia*), (ID Scopus 35107494200)
- Dr. Yuyu Suryasari (*Biologi Molekuler-Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi-LIPI, Indonesia*), (Scopus ID : 6503885123)



ISSN : 0215-0824
e-ISSN : 2527-4414

BULETIN PENELITIAN
TANAMAN REMPAH DAN OBAT
Bulletin of Research on Spice and Medicinal Crops

Akreditasi LIPI No. 778/Akred/P2MI-LIPI/08/2017

Volume 29, Nomor 1, Mei 2018

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat Volume 29, Nomor 1, untuk tahun 2018 dapat diselesaikan. Buletin ini berisi 5 artikel yang terdiri dari berbagai bidang masalah dan disiplin ilmu pada Tanaman Rempah dan Obat. Artikel pertama Toksisitas dan Repelensi Ekstrak Daun *Tithonia diversifolia* terhadap Kutu Putih (*Aleurodicus dugesii*) pada Tanaman Iler. Artikel kedua adalah Karakteristik Pola Pertumbuhan, Biokimiawi dan Fisiologi untuk Penentuan Umur Panen Rimpang Benih Jahe Putih Besar. Artikel ketiga menyajikan Pemilihan Pohon Induk Pala pada Koleksi Plasma Nutfah di Kebun Percobaan Cicurug Sukabumi. Artikel keempat Potensi Bakteri Endofit yang diisolasi dari Tanaman Jahe Merah untuk Memacu Pertumbuhan Benih Lada. Artikel kelima adalah Posisi Pendorong Serbuk Sari dan Iklim yang Berpengaruh terhadap Produksi Buah Pala.

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua penulis yang sudah mengisi Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (*Bul. Littro*) dan kepada semua pihak yang sudah membantu, sehingga *Bul. Littro* dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Akhir kata semoga artikel dalam *Bul. Littro* ini bermanfaat, khususnya bagi yang memerlukan.

Ketua Dewan Redaksi

Dr. Oti Rostiana, M.Sc

ISSN : 0215-0824
e-ISSN : 2527-4414

BULETIN PENELITIAN
TANAMAN REMPAH DAN OBAT
Bulletin of Research on Spice and Medicinal Crops

Akreditasi LIPI No. 778/Akred/P2MI-LIPI/08/2017

Volume 29, Nomor 1, Mei 2018

DAFTAR ISI

Toksisitas dan Repelensi Ekstrak Daun Titonia (<i>Tithonia diversifolia</i>) terhadap Kutu Putih (<i>Aleurodicus dugesii</i>) pada Tanaman Iler Rahma Widyastuti, Dian Susanti, dan Retno Wijayanti	1-8
Karakteristik Pola Pertumbuhan, Biokimiawi dan Fisiologi untuk Penentuan Umur Panen Rimpang Benih Jahe Putih Besar Devi Rusmin, Muhammmad Rahmad Suhartanto, Satriyas Ilyas, Dyah Manohara, dan Eny Widajati	9-20
Pemilihan Pohon Induk Pala pada Koleksi Plasma Nutfah di Kebun Percobaan Cicurug Sukabumi Nurliani Bermawie, Ma'mun, Susi Purwiyanti, Wawan Lukman	21-36
Potensi Bakteri Endofit yang diisolasi dari Tanaman Jahe Merah untuk Memacu Pertumbuhan Benih Lada Andriana Kartikawati dan Gusmaini	37-46
Posisi Pendonor Serbuk Sari dan Iklim yang Berpengaruh terhadap Produksi Buah Pala Susi Purwiyanti, Sudarsono, Yudiwanti Wahyu EK, Oti Rostiana	47-58

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Agency for Agricultural Research and Development
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN
Indonesian Center for Estate Crops Research and Development
Bogor, Indonesia

TOKSISITAS DAN REPELENSI EKSTRAK DAUN TITONIA (*Tithonia diversifolia*) TERHADAP KUTU PUTIH (*Aleurodicus dugesii*) PADA TANAMAN ILER

Toxicity and Repellency of Tithonia (Tithonia diversifolia) Leaf Extract to Whitefly (Aleurodicus dugesii) on Plectranthus scutellarioides

Rahma Widvastuti¹⁾, Dian Susanti¹⁾, dan Retno Wijayanti²⁾

¹⁾ Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Obat dan Obat Tradisional
Jalan Raya Lawu No 11 Tawangmangu, Karanganyar, Jawa Tengah

²⁾ Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret

INFO ARTIKEL

Article history:

Diterima: 28 Desember 2017

Direvisi: 22 Maret 2018

Disetujui: 26 April 2018

Kata kunci:

Aleurodicus dugesii;
Plectranthus scutellarioides;
Tithonia diversifolia;
repelensi; toksisitas

Key words:

Aleurodicus dugesii;
Plectranthus scutellarioides;
Tithonia diversifolia;
repellency, toxicity

ABSTRAK/ABSTRACT

Tithonia (Tithonia diversifolia) merupakan tumbuhan liar yang banyak ditemukan di dataran menengah sampai dataran tinggi. Daun titonia mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, dan tanin yang mampu berperan sebagai fungisida nabati, insektisida nabati, *antifeedant*, dan antioviposisi. Kandungan bioaktif di dalam daun titonia dapat digunakan untuk mengendalikan kutu putih (*Aleurodicus dugesii*), yang merupakan salah satu hama penting pada tanaman iler (*Plectranthus scutellarioides*). Tujuan penelitian adalah mengetahui toksisitas dan repelensi ekstrak air daun titonia terhadap kutu putih. Ekstrak daun titonia diperoleh dengan cara infundasi menggunakan pelarut air. Percobaan dirancang secara Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan konsentrasi ekstrak daun titonia (0; 0,5; 1; 2; dan 4 mg.l⁻¹), diulang lima kali. Pengujian toksisitas dilakukan dengan cara menyemprotkan ekstrak air daun titonia pada kutu putih (0,5 ml/ekor). Kutu putih dimasukkan ke dalam kurungan (sungkup) yang berisi tanaman iler 60 menit setelah aplikasi. Pengujian repelensi dilakukan dengan metode *multiple choice* menggunakan empat tanaman iler yang disemprot dengan ekstrak air daun titonia (250 ml/tanaman). Pengamatan uji toksisitas dilakukan setiap hari selama 7 hari, sedangkan pengamatan pada uji repelensi dilakukan selama 48 jam. Hasil pengujian menunjukkan aplikasi ekstrak air daun titonia (konsentrasi 4 mg.l⁻¹) secara kontak pada serangga menyebabkan toksisitas terhadap kutu putih dengan nilai LC₅₀ sebesar 3,192 mg.l⁻¹ dan LT₅₀ selama 4,169 hari. Pada pengujian repelensi, konsentrasi ekstrak air daun titonia 0,5 mg.l⁻¹ dapat berfungsi sebagai repelen untuk kutu putih. Insektisida nabati yang berasal dari ekstrak air daun titonia dapat digunakan untuk mencegah dan juga mengendalikan kutu putih pada tanaman iler.

Tithonia diversifolia is a wild species commonly found in the medium to high altitudes. *T. diversifolia* leaves contain flavonoid compounds, alkaloids, and tannins that can act as a botanical fungicide and insecticides, antifeedant, as well as antioviposition. The bioactive content in *T. diversifolia* leaf can be used to control whitefly (*Aleurodicus dugesii*), the important insect pest of *Plectranthus scutellarioides*. The research was conducted to determine the toxicity and repellency of *T. diversifolia* leaf extracts against whiteflies. *T. diversifolia* leaf was extracted with infundation method using water as a solvent. The study was arranged in completely randomized design (CRD) with concentrations of *T. diversifolia* leaves extract was 0, 0.5, 1, 2 and 4 mg.l⁻¹, repeated five times. The toxicity was tested by spraying water extract of *T. diversifolia* leaves on whiteflies (0.5 ml/adult insect). After 60 minutes of application, the whiteflies then were inserted into a chamber containing *P. scutellarioides*. The repellency was examined by multiple choice method using four *P. scutellarioides* plants sprayed with water extract of *T. diversifolia* leaves (250 ml/plant). The observation on toxicity performed everyday

* Alamat Korespondensi : rahma.marwasti@gmail.com

for seven days, while the repellency was observed for 48 hours. The extracts water of *T. diversifolia* leaf 4 mg.l⁻¹ was toxic to whiteflies as contact poison with LC₅₀ was 3.192 mg.l⁻¹ and LT₅₀ was 4.169 days. Moreover, concentration of 0.5 mg.l⁻¹ was effective as repellent for whiteflies. Botanical insecticide containing water extract of *T. diversifolia* leaves can be used to prevent and control whiteflies attack on *P. scutellarioides*.

PENDAHULUAN

Penerapan budidaya yang baik (*Good Agriculture and Collection Practices*; GACP) pada tanaman obat, termasuk tanaman iler (*Plectranthus scutellarioides*), sangat diperlukan untuk menghasilkan herba yang bermutu dan memenuhi syarat sebagai bahan baku obat tradisional. Salah satu komponen budidaya tanaman obat adalah pengendalian hama terpadu dengan menggunakan insektisida nabati (Asmaliyah *et al.* 2010). Menurut Oyedokun *et al.* (2011), pemanfaatan keanekaragaman flora sebagai insektisida nabati merupakan alternatif pengendalian hama yang murah, mudah, dan aman terhadap lingkungan maupun tanaman.

Salah satu tanaman yang berpotensi digunakan sebagai pestisida nabati adalah titonia (*Tithonia diversifolia*). Titonia merupakan herba menahun yang banyak ditemukan sebagai tumbuhan liar di dataran menengah sampai dataran tinggi. Tanaman ini mengandung senyawa flavonoid, alkaloid, dan tanin (Taofik *et al.* 2010), dan mampu berperan sebagai fungisida nabati, insektisida nabati, *antifeedant*, serta antioviposisi (Apriyadi *et al.* 2013; Owolade *et al.* 2004; Rusli *et al.* 2010; Susanti *et al.* 2015). Tanaman titonia juga memiliki sifat tahan terhadap panas dan kekeringan (Winnifred dan Morris 2014) sehingga cocok untuk dijadikan sebagai sumber bahan baku pestisida nabati.

Tanaman iler merupakan salah satu tanaman obat yang telah dibudidayakan di Indonesia dengan khasiat sebagai penghambat pertumbuhan bakteri dan antidiare (Ariyanti *et al.* 2007; Mpila *et al.* 2012), antidiabetes, serta penyembuh luka (Tari *et al.* 2013). Salah satu kendala pada budidaya tanaman iler adalah serangan kutu putih (*Aleurodicus dugesii*). Hama kutu putih bersifat polifag dan menyerang banyak tanaman obat di Indonesia, termasuk tanaman iler (Capinera 2001). Kutu putih berasal dari Amerika

Tengah yang diperkirakan masuk ke Indonesia pada tahun 2008 (Muniappan 2011). Kutu putih merusak tanaman iler karena mengeluarkan cairan berupa embun madu. Embun madu yang berada pada permukaan atas daun iler akan menjadi media tumbuh jamur *Capnodium* sp. penyebab embun jelaga. Embun jelaga pada permukaan daun iler dapat mengurangi atau menghambat penetrasi sinar matahari sehingga proses fotosintesis tidak dapat berlangsung secara optimal dan akan menghambat pertumbuhan tanaman iler serta dapat menyebabkan tanaman mati (Laemmlen 2011).

Kutu putih pada tanaman iler perlu dikendalikan karena serangga hama ini mempunyai siklus hidup pendek sehingga populasinya mudah meningkat dan berakibat buruk terhadap pertumbuhan tanaman. Penggunaan pestisida nabati, seperti ekstrak daun titonia, diharapkan mampu mengurangi populasi serangga hama kutu putih pada tanaman iler. Penelitian dilakukan untuk mengetahui toksisitas dan repelensi insektisida nabati dari ekstrak daun tanaman titonia terhadap kutu putih pada tanaman iler.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Terpadu B2P2TOOT dan Rumah Uji Lapang di lahan pertanian di Desa Kalisoro (1.200 m dpl), Kecamatan Tawangmangu, Kabupaten Karanganyar yang dilaksanakan pada bulan Mei sampai November 2015. Penelitian dirancang secara acak lengkap (RAL), menggunakan lima perlakuan konsentrasi ekstrak air daun titonia, yang diulang lima kali.

Perbanyakan kutu putih

Perbanyakan kutu putih dilakukan dengan menggunakan tanaman iler (Gambar 1), sebagai tanaman inang. Tanaman iler diperbanyak dengan setek yang disemaikan terlebih dahulu selama

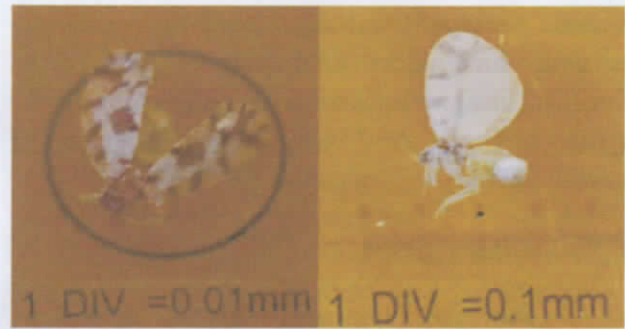


Gambar 1. Tanaman iler.
Figure 1. *Plectranthus scutellarioides* plant.



Gambar 3. Tanaman titonia (insert. daun titonia).
Figure 3. *T. diversifolia* plant (insert. *Titonia* leaf).

4 minggu. Tanaman iler yang telah berumur 3 bulan dibuatkan kurungan dengan ukuran diameter 30 cm dan tinggi 100 cm. Imago kutu putih (Gambar 2) yang diperoleh dari pertanaman iler yang tumbuh liar dimasukkan ke dalam kurungan pemeliharaan yang berisi tanaman iler hasil perbanyakan. Imago kutu putih akan bertelur dan menetas menjadi nimfa. Nimfa berkembang menjadi imago setelah 7-10 hari (Solopale 2014). Selanjutnya imago tersebut diperbanyak kembali sampai diperoleh jumlah yang cukup untuk digunakan dalam pengujian.



Gambar 2. Imago kutu putih (*Aleurodicus dugesii*).
Figure 2. *Whiteflies* (*Aleurodicus dugesii*) imago.

Ekstraksi daun titonia

Daun titonia yang digunakan berasal dari tanaman yang tumbuh liar, dipilih yang masih berwarna hijau dan terlihat segar (Gambar 3). Pengambilan daun dilakukan dengan cara memotong tangkai daun, kemudian daun yang masih segar dan hijau dipetik dari tangkainya dan dicuci dengan air kran untuk menghilangkan sisa tanaman dan tanah yang menempel. Selanjutnya, daun tersebut dikering-anginkan dan ditimbang seberat 100 g untuk diekstraksi.

Metode ekstraksi dilakukan secara infundasi menggunakan pelarut air (Depkes 1986). Sebanyak 100 g daun titonia kering dicampur dengan 1000 ml akuades sebagai pelarut. Selanjutnya bahan direbus dengan api kecil selama 15 menit. Setelah mendidih, air rebusan disaring dan diuapkan menggunakan rotavapor untuk memperoleh ekstrak yang lebih kental. Hasil ekstraksi selanjutnya diencerkan dalam akuades sesuai dengan perlakuan konsentrasi yang akan diuji, yaitu 0,5; 1; 2; dan 4 mg.l⁻¹

Uji toksisitas pendahuluan

Uji toksisitas diawali dengan uji pendahuluan yang dilakukan untuk mendapatkan konsentrasi perlakuan yang memberikan kisaran kematian serangga 20-95%. Konsentrasi yang digunakan pada uji pendahuluan adalah 0 (akuades), 0,5; 1; 2 dan 4 ml.l⁻¹. Serangga hasil perbanyakan dipilih secara acak menggunakan nimfa yang berumur 3-5 hari. Pengujian dilakukan dengan cara menyemprot serangga uji dengan ekstrak air daun titonia sesuai perlakuan dengan

volume semprot 5 ml/ekor, kemudian serangga tersebut dimasukkan ke kurungan yang berisi tanaman inang. Pengamatan mortalitas dilakukan setiap hari selama 7 hari dengan menghitung jumlah serangga uji yang mati.

Uji toksistas subletal

Pengujian toksistas subletal dilakukan setelah mengetahui kisaran konsentrasi hasil uji pendahuluan. Konsentrasi yang digunakan merupakan kisaran konsentrasi hasil uji pendahuluan yang dipersempit (Negara 2003). Uji toksistas subletal menggunakan metode yang sama dengan metode yang digunakan pada uji toksistas pendahuluan. Pengamatan kematian kutu putih dilakukan dengan cara menghitung jumlah kutu yang mati setelah aplikasi (Zulfahmi *et al.* 2015).

Uji repelensi

Uji repelensi dilakukan dengan metode *multiple choice* (Fields *et al.* 2001) yang dimodifikasi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan empat tanaman iler yang ditempatkan dalam satu kurungan/sungkup. Tanaman iler dalam kurungan percobaan disemprot dengan ekstrak air daun titonia dengan volume semprot 250 ml/tanaman. Konsentrasi yang diuji adalah 4, 2, 1, dan 0,5 mg.l⁻¹ air, serta kontrol (air). Daun tanaman iler yang telah disemprot dikeringanginkan. Setelah tanaman siap diperlakukan, 10 ekor nimfa kutu putih diinfestasikan ke dalam kurungan percobaan. Pengamatan dilakukan selama 48 jam meliputi jumlah kutu putih yang hinggap pada tanaman iler yang telah diberi aplikasi ekstrak air daun titonia.

Analisis data

Analisis data uji pendahuluan dan uji toksistas subletal dilakukan menggunakan Uji Probit dengan menetapkan LC₅₀ dan LT₅₀ (Edmi dan Kurniawan 2012; Zulfahmi *et al.* 2015). Sebelum dilakukan Uji Probit, data terlebih dahulu dilakukan koreksi dengan menggunakan rumus Abbot (Panghiyangan *et al.* 2012). Analisis data uji repelensi menggunakan analisis One-Way ANOVA pada taraf 5% dan dilanjutkan dengan uji DMRT 5% apabila terdapat beda nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Toksistas ekstrak air daun titonia pada uji pendahuluan

Mortalitas kutu putih sebagai serangga uji dalam tahap uji pendahuluan digunakan untuk penentuan rentang konsentrasi uji toksistas. Penentuan rentang konsentrasi dilakukan dengan menghitung jumlah mortalitas yang terjadi 7 hari setelah aplikasi ekstrak daun titonia. Rentang konsentrasi untuk pengujian toksistas ditentukan berdasarkan nilai LC₅₀. Jumlah mortalitas tertinggi diperoleh pada konsentrasi 2 mg.l⁻¹ yaitu sebesar 46,51% (Tabel 1).

Selanjutnya dilakukan analisis probit pada nilai mortalitas tertinggi untuk mengetahui respon subyek uji dengan pemberian insektisida (Ummiyati 1990). Hasil analisis probit menunjukkan LC₅₀ didapat pada konsentrasi 3,192 mg.l⁻¹ dengan rentang konsentrasi antara 2,305 mg.l⁻¹ dan 5,519 mg.l⁻¹. Nilai rentang LC₅₀ pada uji pendahuluan selanjutnya digunakan untuk menentukan besar konsentrasi yang digunakan dalam uji toksistas. Konsentrasi yang digunakan untuk uji toksistas adalah 2,25; 2,5; 3; 4 dan 6 mg.l⁻¹.

Toksistas ekstrak air daun titonia

Hasil pengamatan awal menunjukkan waktu kematian kutu putih tercepat adalah 3 hari pada konsentrasi 2,25; 4; dan 6 mg.l⁻¹ (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pestisida

Tabel 1. Pengaruh ekstrak air daun titonia terhadap mortalitas kutu putih 7 hari setelah aplikasi.

Table 1. The effect of water extract from *T. diversifolia* leaves on whitefly mortality 7 days after application.

Konsentrasi ekstrak daun titonia (mg.l ⁻¹)	Mortalitas kutu putih (%)	Mortalitas terkoreksi (%) ^{a)}
0,00	14,00	0,00
0,50	12,00	2,33
1,00	52,00	44,19
2,00	54,00	46,51
4,00	50,00	41,86

^{a)} Berdasarkan rumus Abbot/Based on Abbot formula.

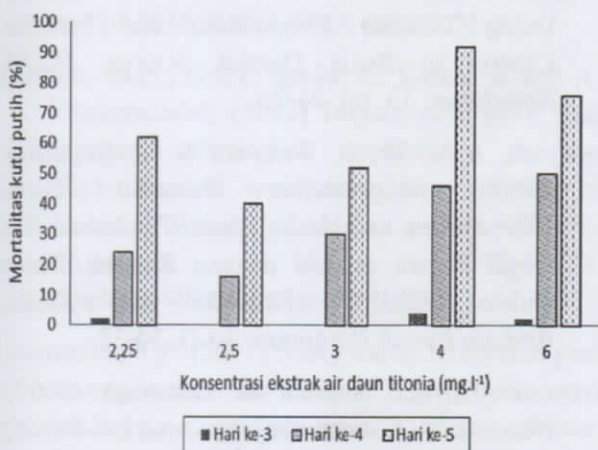
nabati tidak bisa membunuh hama target secara langsung namun membutuhkan waktu beberapa hari (Pamungkas 2013). Waktu awal kematian dengan LT_{50} hampir sama, hanya selisih 1 hari, yaitu hari ketiga dan hari keempat. LT_{50} adalah periode waktu kematian sebanyak 50% dari total populasi yang diuji. Dari hasil analisis, LT_{50} terjadi antara 4-5 hari (Tabel 2), sedangkan mortalitas tertinggi terjadi pada hari kelima pada konsentrasi 4 mg.l⁻¹ (Gambar 4).

Tabel 2. Rata-rata awal waktu kematian dan *lethal time* 50 (LT_{50}) kutu putih pada beberapa konsentrasi ekstrak air daun titonia.

Table 2. The average of initial death time and *lethal time* 50 (LT_{50}) of whitefly at several concentrations of *T. diversifolia* leaves water extract.

Konsentrasi ekstrak daun titonia (mg.l ⁻¹)	Rata-rata awal waktu kematian kutu putih (hari)	LT_{50} *
0,00	7	
2,25	3	4,746
2,50	4	5,089
3,00	4	4,824
4,00	3	4,169
6,00	3	4,232

* Berdasarkan analisis probit/Based on probit analysis.



Gambar 4. Persentase mortalitas kutu putih pada beberapa konsentrasi ekstrak air daun titonia hari ketiga sampai hari kelima setelah aplikasi.

Figure 4. Percentage of whiteflies mortality at several concentrations of *T. diversifolia* leaves water extract on the third day until the fifth day after application.

LT_{50} terendah pada perlakuan 4 mg.l⁻¹ (4,169 hari) dan tertinggi 2,50 mg.l⁻¹ (5,089 hari). Selisih LT_{50} antara perlakuan 4 mg.l⁻¹ dan 6 mg.l⁻¹ sangat kecil, menunjukkan bahwa konsentrasi insektisida berbahan baku tanaman titonia yang efektif terdapat diantara kedua konsentrasi tersebut. Konsentrasi insektisida nabati tanaman titonia yang lebih rendah memiliki LT_{50} yang lebih tinggi karena pada konsentrasi rendah, ekstrak tanaman titonia lebih berperan sebagai repelen dan *antifeedant*, sedangkan pada konsentrasi 4 dan 6 mg.l⁻¹ bersifat racun untuk kutu putih (Susanti *et al.* 2015).

Hasil penghitungan LC_{50} menggunakan program SPSS menunjukkan LC_{50} ekstrak air daun titonia pada kutu putih adalah 4,932 mg.l⁻¹, dengan konsentrasi terendah 4,068 mg.l⁻¹ dan tertinggi 7,090 mg.l⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi sebesar 4,932 mg.l⁻¹ mampu mengendalikan kutu putih dalam waktu 4 hari setelah aplikasi. Penggunaan insektisida nabati dengan konsentrasi yang tepat dapat mengendalikan kutu putih tanpa menimbulkan dampak negatif pada musuh alami, karena senyawa aktif yang bersifat racun relatif lebih aman terhadap musuh alami (Syahputra 2008).

Tanaman titonia memiliki kandungan senyawa bioaktif berupa *sesquiterpene lactone* (Obafemi *et al.* 2006). Senyawa tersebut mampu membuka lapisan *lipid bilayer* pada kutikula yang menyebabkan terjadinya peningkatan cairan membran dan terganggunya permeabilitas sel otot sehingga mengakibatkan semakin lemahnya gerakan serangga sampai terjadinya kematian (Cestari *et al.* 2004). *Sesquiterpene lactone* bersifat toksik dan masuk ke dalam tubuh serangga melalui kutikula (racun kontak) dan saluran pernafasan. Penetrasi senyawa bioaktif yang masuk melalui kutikula kemudian bergerak menembus jaringan yang lebih dalam dan menyebabkan gangguan metabolisme dan terjadinya hambatan kerja dalam sistem syaraf pada serangga (Ibrahim *et al.* 2013).

Keberadaan kutu putih di bagian bawah permukaan daun iler dan adanya jaringan lilin yang melindungi kutu putih menyebabkan aplikasi titonia tidak sepenuhnya mengenai tubuh kutu putih. Kondisi ini menyebabkan kutu putih yang tidak terkena perlakuan tidak mengalami kematian (Balfas 2008).

Repelensi ekstrak air daun tintonia

Hasil analisis sidik ragam yang dilanjutkan dengan uji DMRT taraf 5% menunjukkan hasil yang signifikan. Perlakuan ekstrak air daun tintonia pada semua konsentrasi menyebabkan kutu daun tidak mau hinggap pada tanaman iler (Tabel 3). Adoyo *et al.* (1997) dan Oyewole *et al.* (2008) menyatakan bahwa tintonia memiliki sifat repelen untuk kutu putih. Lebih lanjut Cestari *et al.* (2004) melaporkan adanya kandungan minyak atsiri pada daun tintonia yang bersifat sebagai repelen bagi serangga.

Daun tintonia memiliki kandungan senyawa flavonoid, alkaloid, dan tanin (Taofik *et al.* 2010) yang dapat membunuh dan juga mencegah datangnya kutu putih pada tanaman. Konsentrasi ekstrak air daun tintonia 3,192 mg.l⁻¹ sudah bersifat racun untuk kutu putih, sedangkan pada konsentrasi rendah 0,5 mg.l⁻¹ dapat digunakan untuk mencegah datangnya kutu putih pada tanaman iler. Oleh karena itu, ekstrak air daun tintonia mempunyai prospek untuk digunakan dalam pembuatan insektisida berbahan baku nabati.

Tabel 3. Rata-rata jumlah kutu putih yang hinggap pada tanaman iler yang disemprot dengan ekstrak air daun tintonia.

Table 3. The average of whitefly infested on *Plectranthus scutellarioides* sprayed by *T. diversifolia* leaf water extract.

Konsentrasi ekstrak daun tintonia (mg.l ⁻¹)	Rata-rata hinggap kutu putih pada tanaman iler selama 3 hari (ekor)
0,00	10,00 a
0,50	0,00 b
1,00	0,00 b
2,00	0,00 b
4,00	0,00 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf DMRT 5%.

Note : Numbers followed by the same letters in the same column were not significantly different at DMRT 5%.

KESIMPULAN

Ekstrak air daun tintonia pada konsentrasi 4 mg.l⁻¹ bersifat toksik terhadap kutu putih sebagai racun kontak dengan nilai LC₅₀ 3,192 mg/l dan LT₅₀ 4,169 hari, sedangkan pada konsentrasi rendah 0,5 mg.l⁻¹ dapat berfungsi sebagai repelen. Insektisida nabati yang berasal dari ekstrak air daun tintonia dapat digunakan untuk mengendalikan kutu putih yang ada pada tanaman iler baik sebagai racun kontak maupun sebagai repelen. Pengujian pada skala lapangan diperlukan untuk mengetahui keefektifan ekstrak air daun tintonia dalam mengendalikan kutu putih.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih kepada Kepala B2P2TOOT yang telah memberikan ijin dan dukungan dalam penelitian ini, Kepala PPI yang telah memberikan bimbingan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian, Bapak Ato Sulistyono yang banyak memberi masukan dalam kegiatan penelitian serta teman-teman teknisi yang telah membantu kegiatan penelitian ini. Penelitian didanai dari DIPA B2P2TOOT.

DAFTAR PUSTAKA

- Adoyo, F., Mukalama, J.B. & Enyola, M. (1997) Using *Tithonia* Concoctions for Termite Control in Busia District, Kenya. *ILEIA Newsletter*. 13, pp. 24-25.
- Apriyadi, A.R., W. S. Wahyuni & V. Supartini (2013) Pengendalian Penyakit Patik (*Cercospora nicotianae*) pada Tembakau Na Oogst secara *in-vivo* dengan Ekstrak Daun Gulma Kipahit (*Tithonia diversifolia*). *Berkala Ilmiah Pertanian*. 1 (2), 30-32.
- Ariyanti, T., R.I. Fazrina & Darmono (2007) I daun Iler (*Coleus atropurpureus* L. Benth) terhadap Infeksi *Salmonella Enteritidis* pada Mencit (*Mus musculus*). *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. 799-806.

- Asmaliyah, H, E.E.W., Utami, S., Mulyadi, K., Yudhistira & Sari, F.W. (2010) *Pengenalan tumbuhan penghasil pestisida nabati dan pemanfaatannya secara tradisional*.
- Balfas, R. (2008) Potensi minyak daun cengkeh sebagai pengendali *Planococcus minor* (Mask.) (Pseudococcidae; Homoptera) pada tanaman lada. *Bul. Littro*. XIX (1), 78-85.
- Capinera, J.L. (2001) *Handbook of vegetable pests*. Academic Press.
- Cestari, I.M., S.J. Sarti, C.M. Waib & A.C. Branco Jr. (2004) Evaluation of the potential insecticide activity of *Tagetes minuta* (Asteraceae) essential oil against the head lice *Pediculus humanus capitis* (Phthiraptera: Pediculidae). *Neotropical Entomology*. 33 (December), 805-807. doi:10.1590/S1519-566X2004000600021.
- Depkes (1986) *Sediaan galenik - Google Buku*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Edmi, F. & Kurniawan, B. (2012) Uji efektivitas fraksi N-heksana ekstrak batang kecombrang (*Etlintera elatior*) sebagai larvasida terhadap larva instar III *Aedes aegypti*. *Jurnal Majority*. 1 (1), 50-61.
- Fields, P.G., Xie, Y.S. & Hou, X. (2001) Repellent effect of pea (*Pisum sativum*) fractions against stored-product insects. *Journal of Stored Products Research*. 37 (4), 359-370. doi:10.1016/S0022-474X (00)00038-2.
- Ibrahim, M.H., H.Z.E. Jaafar, E. Karimi & and A. Ghasemzadeh (2013) Impact of organic and inorganic fertilizers application on the phytochemical and antioxidant activity of Kacip Fatimah (*Labisia pumila* Benth). *Molecules*. 18, 10973-10988. doi:10.3390/molecules180910973.
- Laemmlen, F.F. (2011) Sooty mold, Integrated pest management for home gardeners and landscape professionals. *Pest Notes, Publication 74108*. (Agustus), pp. 1-3.
- Mpila, D.A., Fatimawali & W.I. Wiyono (2012) Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun Mayana. *Pharmacon*. 1 (1), 13-21.
- Muniappan, R. (2011) *Recent invasive Hemipterans and their biological control in Asia. Report*.
- Negara, A. (2003) Penggunaan analisis probit untuk pendugaan tingkat kepekaan populasi *spodoptera exigua* terhadap deltametrin di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Informatika Pertanian*. 12 (Desember 2003), 1-9.
- Obafemi, C.A., T. O. Sulaimon, D. A. Akinpelu & T. A. Olugbade (2006) Antimicrobial activity of extracts and a germacranolide-type sesquiterpene lactone from *Tithonia diversifolia* leaf extract. *African Journal of Biotechnology*. 5 (12), 1254-1258.
- Owolade, O.F., B.S. Alabi, Y.O.K. Osikanlu & O.O. Odeyemi (2004) On-farm evaluation of some plant extracts as biofungicide and bioinsecticide on cowpea in Southwest Nigeria. *Food, Agriculture & Environment*. 2 (2), 237-240.
- Oyedokun, A.V., J.C. Anikwe, F.A. Okelana, I.U. Mokwunye & O.M. Azeez (2011) Pesticidal efficacy of three tropical herbal plants' leaf extracts against *Macrotermes bellicosus*, an emerging pest of cocoa, *Theobroma cacao* L. *Journal of Biopesticides*. 4 (2), 131-137.
- Oyewole, I.O., Adeoye, G.O., Anyasor, G. & Obansa, J. (2008) Anti-malarial and repellent activities of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) leaf extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2 (8), 171-175.
- Pamungkas, G. (2013) Pengembangan Pestisida Nabati. *Pengembangan Pestisida Nabati*. (January), pp. 1-3.
- Panghiyangani, R., Marlinae, L., Yuliana, R.F., F.D.N. & WP, A. (2012) Larvaside effect of turmeric rhizome extract (*Curcuma domestica* val.) on dengue fever and dengue hemorrhagic fever vector *Aedes aegypti* in Banjarbaru. *Jurnal Epidemiologi dan Penyakit Bersumber Binatang*. 4 (1), 1-6.
- Rusli, R., Arneti & S.P. Sari (2010) Pengujian ekstrak metanol bunga kipat (*Tithonia diversifolia* A. GRAY) (Asteraceae) untuk mengendalikan *Spodoptera exigua* HUBNER (Lepidoptera: Noctuidae). *Manggara*. 11 (1), 25-32.
- Solopale, S. (2014) *Hama tanaman sayuran: Kutu daun (Myzus persicae)*.

- Susanti, D., Widyastuti, R. & Sulistyono, A. (2015) Aktivitas antifeedant dan antioviposisi ekstrak daun tithonia terhadap kutu kebul. *Agrosains*. 17 (2), 33-38.
- Syahputra, E. (2008) Bioaktivitas sediaan buah *Brucea javanica* sebagai insektisida nabati untuk serangga hama pertanian. *Bul. Littro*. 29 (1), 57-67.
- Taofik, M., Yulianti, E., Barizi, A., Hayati, E.K. (2010) Isolasi dan identifikasi senyawa aktif ekstrak air daun paitan (*Tithonia diversifolia*) sebagai bahan insektisida botani untuk pengendalian hama tungau Eriophyidae. *Alchemy*. 2 (1), 104-157.
- Tari, R., J. Posangi & P.M. Wowor (2013) Uji efek daun iler (*Coleus atropurpureus* [L.] Benth.) terhadap penyembuhan luka insisi pada kulit kelinci (*Oryctolagus cuniculus*). *Journal e-Biomedik (eBM)*. 11, 581-586.
- Umniyati, S. (1990) Analisa probit secara aritmatik untuk pengujian toksisitas. *Insektisida terhadap Serangga*. 1 (13), 27-36.
- Winnifred, A. & Morris, O. (2014) *Tithonia diversifolia* (tithonia). *Invasive Species Compendium Datasheet*.
- Zulfahmi, M.G.A., Hadiastono, T., Martosudiro, M. & Bedjo (2015) Pengaruh konsentrasi Spodoptera litura Nuclear Polyhedrosis Virus (SINPV) JTM 97 C terhadap efektivitas pengendalian *Crocidolomia binotalis* Zell pada tanaman kubis (*Brassica oleraceae* Var. *Bortrytis* L.). *Jurnal HPT*. 3 (2), 50-59.

KARAKTERISTIK POLA PERTUMBUHAN, BIOKIMIA DAN FISILOGI UNTUK PENENTUAN UMUR PANEN RIMPANG BENIH JAHE PUTIH BESAR

Growth Pattern, Biochemical and Physiological Characteristics to Determine Harvesting Time of Big White Ginger Rhizome Seeds

**Devi Rusmin¹⁾, Muhammad Rahmad Suhartanto²⁾, Satriyas Ilyas²⁾,
Dyah Manohara¹⁾ dan Eny Widajati²⁾**

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jalan. Tentara Pelajar No. 3, Bogor 16111

²⁾ Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB
Jalan Meranti, Kampus Darmaga, Bogor

INFO ARTIKEL

Article history:

Diterima: 23 Januari 2018

Direvisi: 16 April 2018

Disetujui: 21 Mei 2018

Kata kunci:

Zingiber officinale; hormon endogen; pola pertumbuhan; rimpang benih; viabilitas

Key words:

Zingiber officinale; endogenous hormone; growth pattern; rhizome seeds; viability

ABSTRAK/ABSTRACT

Penggunaan rimpang benih yang masih muda menjadi salah satu kendala dalam budidaya jahe putih besar (JPB). Rimpang jahe muda cepat menyusut bobotnya dan menurun daya tumbuhnya. Percobaan bertujuan untuk mempelajari pola pertumbuhan, perubahan biokimia, dan fisiologi tanaman jahe untuk menghasilkan benih rimpang bermutu. Rimpang benih JPB yang digunakan berumur 9 bulan, telah disimpan selama 2 minggu setelah panen, bobot 30-40 g dengan 2-3 mata tunas, sehat, dan diberi perlakuan benih. Rimpang ditanam di dalam polibag berukuran 60 cm x 60 cm. Penelitian dilakukan secara observasi langsung dan diulang 4 kali, terdiri atas 50 tanaman per ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap pola pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, panjang batang semu, jumlah anakan, jumlah daun); perkembangan rimpang (bobot basah dan jumlah rimpang cabang, kadar air, dan berat kering selama pertumbuhan); kandungan pati dan hormon (IAA, giberelin, ABA dan sitokinin) di dalam rimpang; dan viabilitas rimpang benih (daya tumbuh, kecepatan tumbuh, tinggi benih dan bobot kering benih). Hasil penelitian menunjukkan rimpang dari tanaman jahe berumur 7 bulan setelah tanam (BST) sudah memasuki fase pemasakan, secara morfologi rimpang sudah optimal, serta kandungan patinya tidak berbeda dengan rimpang benih umur 8 dan 9 BST. Selain itu, secara fisiologis daya tumbuh rimpang sudah maksimal (100 %), kecepatan tumbuh (4,3 % etmal⁻¹), dan tinggi bibit (33,8 cm), lebih baik dibanding umur 8 (80 %, 2,9 % etmal⁻¹ dan 33,7 cm) dan 9 BST (70 %, 2,3 % etmal⁻¹ dan 29,4 cm). Penelitian ini mengindikasikan bahwa rimpang dari tanaman jahe yang telah berumur panen 7 bulan dapat digunakan untuk benih.

The use of young seed rhizomes became one of the obstacles in big white ginger (JPB) cultivation. Young ginger rhizomes rapidly shrank and decrease their viability. The experiment was aimed to study growth patterns, biochemical changes, and physiology of ginger plants to produce good quality rhizome seeds. JPB rhizome seeds used were 9 months old, have been stored for 2 weeks after harvest, weighed 30-40 g with 2-3 buds, healthy, and given seed treatment. The rhizomes were planted in growth medium in polybags (60 cm x 60 cm). The study was conducted by direct observation, repeated 4 times, consisting of 50 plants per replication. Observations were made on the plant growth patterns (plant height, stem length, tillers number, leaves number); rhizome development (fresh weight, branch rhizomes number, moisture content, and dry weight during growth); starch and hormonal content (IAA, gibberellin, ABA and cytokinin) of the rhizomes; and viability of rhizome seeds (growth rate, seed height, and dry weight). The results showed that the rhizomes of the 7-month-old ginger after planting (MAP) has

* Alamat Korespondensi : dewihafidhoh3@gmail.com

entered the ripening phase, the rhizome morphology was optimal, and the starch content was not different from the rhizome seeds at 8 and 9 MAP. In addition, physiologically, the rhizome's growth potential was maximal (100 %), growth rate ($4.3 \% \text{ etmal}^{-1}$), and seed height (33.8 cm) were better than 8 MAP (80 %, $2.9 \% \text{ etmal}^{-1}$, 33.7 cm) and 9 MAP (70 %, $2.3 \% \text{ etmal}^{-1}$, 29.4 cm). This study indicated that ginger rhizomes harvested from 7 months old plants can be used for seeds.

PENDAHULUAN

Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) merupakan salah satu komoditas ekspor yang memberikan peranan cukup berarti dalam penerimaan devisa negara. Ekspor jahe Indonesia pada tahun 2015 mencapai 25.794,524 ton, dengan nilai 17.525.238 US\$, sedangkan pada tahun 2016 turun menjadi 21.637,437 ton, dengan nilai 9.269.803 US\$ (BPS 2016a). Selain sebagai negara pengekspor, Indonesia juga merupakan negara pengimpor jahe. Volume impor jahe pada tahun 2015 sebesar 6.826,377 ton, dengan nilai 5.793.582 US\$, sedangkan pada tahun 2016 turun menjadi 365,375 ton, dengan nilai 200.752 US\$ (BPS 2016b). Volume impor jahe dapat dikurangi dengan cara meningkatkan produksi.

Permasalahan utama budidaya jahe adalah sulitnya memperoleh rimpang benih bermutu dalam jumlah cukup pada waktu diperlukan oleh pengguna. Permasalahan tersebut antara lain disebabkan oleh rendahnya mutu bahan tanaman, diantaranya umur panen yang tidak tepat serta bobot benih cepat menyusut dan viabilitas rendah. Menurut Sukarman *et al.* (2007), panen benih jahe yang belum cukup umur menyebabkan benih/rimpang cepat keriput dan mempunyai viabilitas dan daya simpan yang rendah.

Selama ini, petani menetapkan umur panen rimpang benih jahe putih besar (JPB) setelah mencapai umur 9-10 bulan setelah tanam (BST). Tanaman jahe yang siap dipanen ditandai dengan luruhnya daun dan batang. Musim kemarau yang terlalu lama, dengan suhu udara rata-rata siang hari yang cukup tinggi ($35-40^{\circ}\text{C}$) menyebabkan tanaman sudah luruh pada umur 7 BST (Rusmin *et al.* 2015). Pada umumnya, petani penangkar menjual rimpang yang dipanen umur 7 BST tersebut dengan harga lebih murah atau membiarkan rimpang dalam tanah (tidak dipanen) sampai siklus pertumbuhan berikutnya. Hal ini dilakukan karena petani beranggapan rimpang

tersebut belum layak untuk dijadikan benih maupun untuk disimpan. Hal ini tentu sangat merugikan usaha produksi benih JPB, baik di tingkat petani penangkar maupun produsen.

Umur panen benih sejati (*true seeds*) umumnya ditentukan berdasarkan perubahan karakter morfologi, fisiologi dan biokimia selama pembentukan dan kemasakan benih karena berhubungan dengan mutu dan dapat digunakan sebagai indikator masak fisiologis. Perubahan biokimia yang telah digunakan untuk menentukan umur panen antara lain adalah kandungan klorofil pada benih jarak pagar (Hasanuddin *et al.* 2012), kandungan pati pada benih bambang lanang (*Michelia campaca* L.) (Rustam 2017), dan kandungan karotenoid pada benih kemiri sunan (Tresniawati *et al.* 2014). Perubahan biokimia lainnya yang penting selama pembentukan dan perkembangan benih yaitu perubahan hormonal seperti auksin (IAA), giberelin (GA), sitokinin dan asam absisat (ABA) (Bewley *et al.* 1994). Hormon endogen tersebut berperan dalam perkembangan benih dan kemungkinan terlibat dalam proses akumulasi cadangan makanan untuk perkecambahan dan pertumbuhan bibit. Peningkatan kandungan ABA selama pembentukan dan perkembangan benih labu siam menyebabkan terjadinya fenomena *vivipary* (perkecambahan terjadi pada saat masih di tanaman induk) (Ekowahyuni 2002). Sebaliknya, kekurangan atau defisiensi ABA selama pembentukan dan pemasakan benih menyebabkan terjadinya dormansi primer pada benih (Kucera, Cohn dan Leubner-Metzger 2005).

Pada benih yang berbentuk rimpang terutama tanaman jahe, belum dipelajari perubahan yang terjadi selama pembentukan benih/rimpang baik perubahan secara morfologi, fisiologi dan biokimia dalam kaitannya dengan mutu benih. Pada umbi yam (*Dioscorea* spp.), kandungan ABA endogen meningkat selama perkembangan umbi dan mencapai maksimum saat tanaman senesen

(Hamadina 2011). Tanaman *Curcuma alismatifolia* (Zingiberaceae) yang ditanam di luar musim (*off season*) menyebabkan laju fotosintesis menurun tetapi meningkatkan konsentrasi ABA dan sitokinin pada berbagai organ tanaman dan stadia pertumbuhan. Hal ini mengakibatkan pertumbuhan tunas tertekan, dan meningkatkan jumlah rimpang (Hongpakdee *et al.* 2010).

Kandungan pati dan serat yang tinggi pada rimpang benih jahe menghasilkan viabilitas dan daya simpan yang tinggi (Sukarman *et al.* 2007). Pada kentang selama fase pertumbuhan, umbi mengakumulasi senyawa cadangan terutama dalam bentuk pati dan protein yang berfungsi sebagai sumber makanan bagi pertumbuhan selanjutnya (Falcon *et al.* 2006). Perubahan fisiologi dan biokimia ini diduga berperan dalam menentukan mutu rimpang benih JPB selama stadia pembentukan dan perkembangan rimpang. Berdasarkan hal tersebut dilaksanakan percobaan dengan tujuan menentukan umur panen rimpang benih JPB dengan mempelajari pola pertumbuhan, perubahan biokimia dan fisiologi selama perkembangan rimpang benih.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kelurahan Kayumanis, Kecamatan Tanah Sareal, Bogor, Jawa Barat (200 m dpl) sejak Oktober 2013 sampai September 2014. Suhu udara rata-rata sebesar 26°C, dan jumlah curah hujan saat produksi rata-rata 389 mm/bulan, jenis tanah latosol. Pengujian daya tumbuh dilakukan di rumah kaca, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro), Bogor. Analisis hormon, pati dan serat dilaksanakan di Laboratorium Uji, Balitro, Bogor.

Rimpang benih JPB diperoleh dari Unit Produksi Benih Sumber (UPBS) Balitro dengan umur panen 9 BST dan telah disimpan selama 2 minggu setelah panen. Rimpang yang digunakan dengan kriteria bernas, bobot 30-40 g dengan 2-3 mata tunas dan bebas dari serangan hama dan penyakit. Benih direndam dalam larutan fungisida dan bakterisida sebelum ditanam sesuai rekomendasi dalam kemasan. Rimpang benih ditanam di polibag berukuran 60 cm x 60 cm. Penelitian dilakukan secara observasi langsung

(tidak menggunakan rancangan penelitian), dengan empat ulangan. Masing-masing ulangan terdiri atas 50 tanaman, sehingga total berjumlah 200 tanaman.

Pola pertumbuhan tanaman

Parameter pertumbuhan tanaman yang diamati adalah tinggi tanaman, panjang batang semu, jumlah anakan dan jumlah daun. Parameter perkembangan rimpang yang diukur adalah bobot segar rimpang, jumlah rimpang cabang per tanaman, serta perubahan kadar air dan akumulasi bahan kering selama perkembangan rimpang. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang semu sampai ujung daun tertinggi. Panjang batang semu diukur dari pangkal sampai ujung batang semu. Jumlah anakan dihitung berdasarkan anakan yang sudah berdaun. Pertumbuhan tanaman diamati setiap bulan, dari umur 1-7 bulan setelah tanam (BST), sedangkan perkembangan rimpang diamati mulai umur 2 BST dengan cara memanen empat tanaman setiap ulangan. Morfologi rimpang diamati secara visual pada setiap stadia pembentukan dan perkembangan rimpang yang disajikan dalam bentuk grafik dan gambar.

Perubahan biokimia rimpang benih

Kandungan pati

Kandungan pati dianalisis pada saat tanaman berumur 7, 8 dan 9 BST pada rimpang sekunder dan tersier, masing-masing 3 ulangan, menggunakan metode titrimetri (BSN 1992).

Kandungan hormon (IAA, GA, sitokinin dan ABA)

Kandungan hormon endogen rimpang dianalisis pada saat tanaman berumur 7, 8 dan 9 BST pada rimpang sekunder dan tersier, masing-masing tiga ulangan. Pengamatan bertujuan untuk melihat hubungan hormon endogen dengan mutu rimpang benih. Ekstraksi dan identifikasi hormon IAA, GA, sitokinin dan ABA menggunakan metode *Thin Layer Chromatography (TLC)* yang dimodifikasi. Kandungan hormon diukur berdasarkan bahan kering secara kuantifikasi dengan *TLC scanner* tipe 3-CAMAG.

Perubahan fisiologis rimpang benih

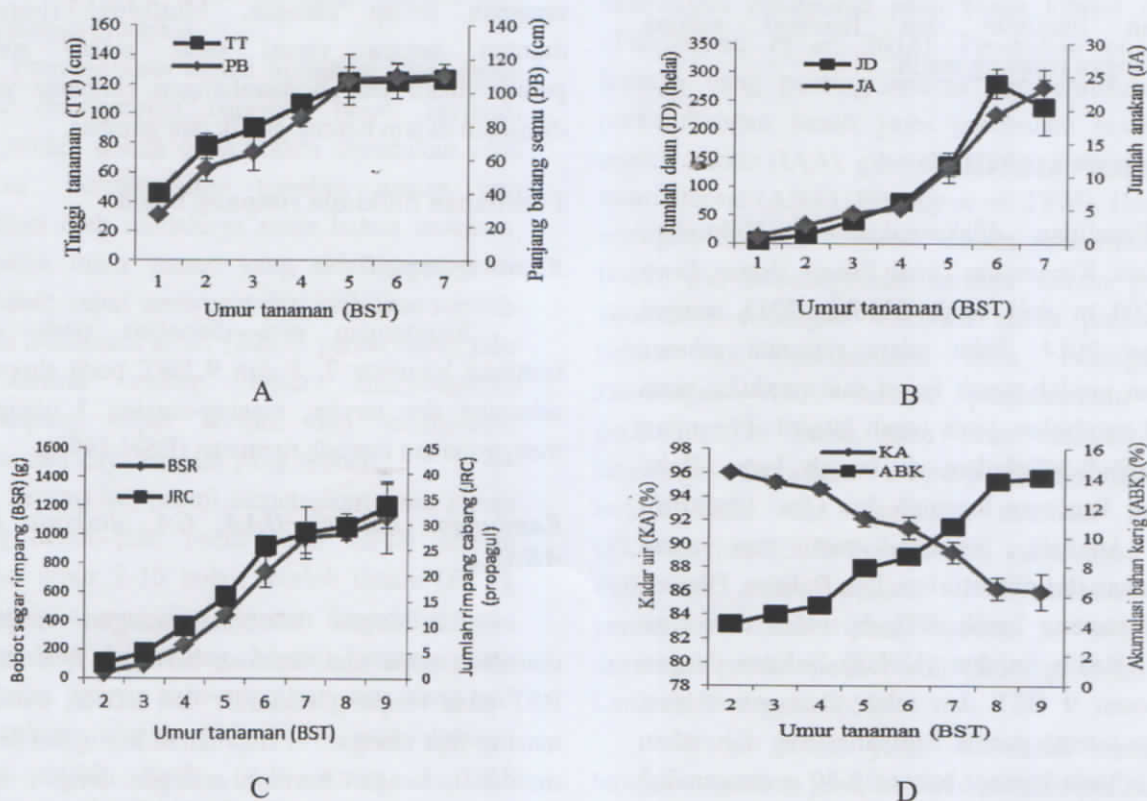
Perubahan fisiologis rimpang benih diamati berdasarkan perubahan kadar air dan viabilitas rimpang pada stadia pemasakan, yaitu pada umur 7, 8 dan 9 BST. Pengujian viabilitas dilakukan dengan menyemai sebanyak 30 rimpang benih pada bak persemaian dengan media kokopit diulang empat kali. Viabilitas rimpang benih diamati berdasarkan daya tumbuh, kecepatan tumbuh, tinggi bibit dan bobot kering bibit. Pengamatan daya tumbuh dan kecepatan tumbuh dilakukan setiap hari mulai 2 minggu setelah semai (MSS) sampai umur 2 bulan setelah semai (BSS). Pengamatan tinggi bibit dan bobot kering bibit dilakukan pada 2 BSS, dengan cara mengukur tinggi semua tunas normal yang muncul dari setiap rimpang. Data rata-rata perubahan kuantitatif dari bobot kering rimpang benih, kadar air, serat, pati dan viabilitas benih disajikan dalam bentuk grafik untuk setiap stadia pembentukan benih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pola pertumbuhan tanaman

Berdasarkan pertumbuhan tajuk dan perkembangan rimpang, pola pertumbuhan JPB dapat dikelompokkan menjadi 3 fase yaitu: fase lambat (1-4 BST), cepat (4-6 BST), dan pemasakan (>6 BST). Rimpang cabang primer, sekunder dan tersier terbentuk selama fase pertumbuhan lambat. Rimpang cabang kuartier dan rimpang cabang selanjutnya berkembang pesat pada fase cepat. Pada fase pemasakan, peningkatan jumlah rimpang cabang dan bobot segar relatif stabil, dan dicirikan dengan kadar air ($85,9 \pm 2,3\%$) dan bobot bahan kering ($14,1 \pm 2,3\%$) yang mulai konstan (Gambar 1).

Fase pemasakan JPB sudah mulai pada umur 7 BST, dengan kriteria tinggi tanaman sudah maksimal (Gambar 1A), sebagian daun sudah mulai luruh, jumlah anakan sudah maksimal



Gambar 1. Pola pertumbuhan dan perkembangan rimpang benih jahe putih besar (JPB): (A) tinggi tanaman dan panjang batang semu, (B) jumlah anakan dan daun, (C) bobot segar dan jumlah rimpang cabang, dan (D) kadar air dan akumulasi bahan kering.

Figure 1. The growth pattern and development of big white ginger (BWG) seed rhizomes: (A) plant height dan pseudostem length, (B) number of tillers and leaves, (C) rhizome fresh weight and number of rhizome branches, and (D) water content and dry matter accumulation.

(Gambar 1B), bobot rimpang relatif stabil dan kadar air benih sudah mulai rendah (Gambar 1C dan 1D). Li *et al.* (2010) membagi fase pertumbuhan jahe menjadi 1) stadia bibit 1-90 hari setelah tanam (HST), 2) stadia pertumbuhan vigor 110-130 HST, 3) stadia pembesaran rimpang 130-160 HST, dan 4) stadia panen 160 HST Nybe dan Raj (2005) juga melaporkan bahwa pola pertumbuhan jahe dalam kondisi optimal secara umum dibagi atas 3 periode yaitu fase pertumbuhan aktif (3-4 BST), fase pertumbuhan vegetatif lambat (4-6 BST) dan fase senesen (>6 BST). Pola perkembangan rimpang mengikuti kecenderungan yang sama dengan pola pertumbuhan tajuk, tetapi perkembangan rimpang masih berlangsung sampai panen. Policegoudra dan Aradhya (2007) membagi pertumbuhan rimpang temu mangga menjadi empat fase pertumbuhan dan perkembangan yaitu fase pertumbuhan vegetatif (1-60 HST), pertumbuhan dan inisiasi (60-150 HST), pemasakan (150-180

HST) dan senesen (180-240 HST). Informasi fase pertumbuhan diperlukan untuk menentukan waktu aplikasi nutrisi, perlakuan benih dan zat pengatur tumbuh yang tepat untuk meningkatkan produksi, mutu dan waktu panen rimpang benih yang optimal sehingga diperoleh benih rimpang JPB yang bermutu dan tahan simpan.

Perubahan morfologi selama perkembangan rimpang

Rimpang induk (*mother rhizome*) yaitu rimpang yang tumbuh dari mata tunas rimpang benih (*rhizome seeds*), mulai terbentuk pada umur 1 BST. Rimpang induk pada awalnya berbentuk bulatan, dengan diameter 2,0-2,5 cm. Tonjolan bakal rimpang primer sudah mulai terlihat pada rimpang induk (Gambar 2A).

Rimpang primer (*primary rhizome*) yaitu rimpang yang muncul pada buku kedua atau buku ketiga dari rimpang induk, sudah terbentuk pada umur 2 BST (Gambar 2B). Pada buku pertama dan



Keterangan : RI = rimpang induk, RP = rimpang primer, RS = rimpang sekunder, dan RT = rimpang tersier.

Note : RI = *mother rhizomes*, RP = *primary rhizomes*, RS = *secondary rhizomes*, and RT = *tertiary rhizomes*.

Gambar 2. Rimpang benih jahe putih besar (JPB) umur (A) 1 bulan setelah tanam (BST), (B) 2 BST, (C) 3 BST, dan (D) 4 BST.

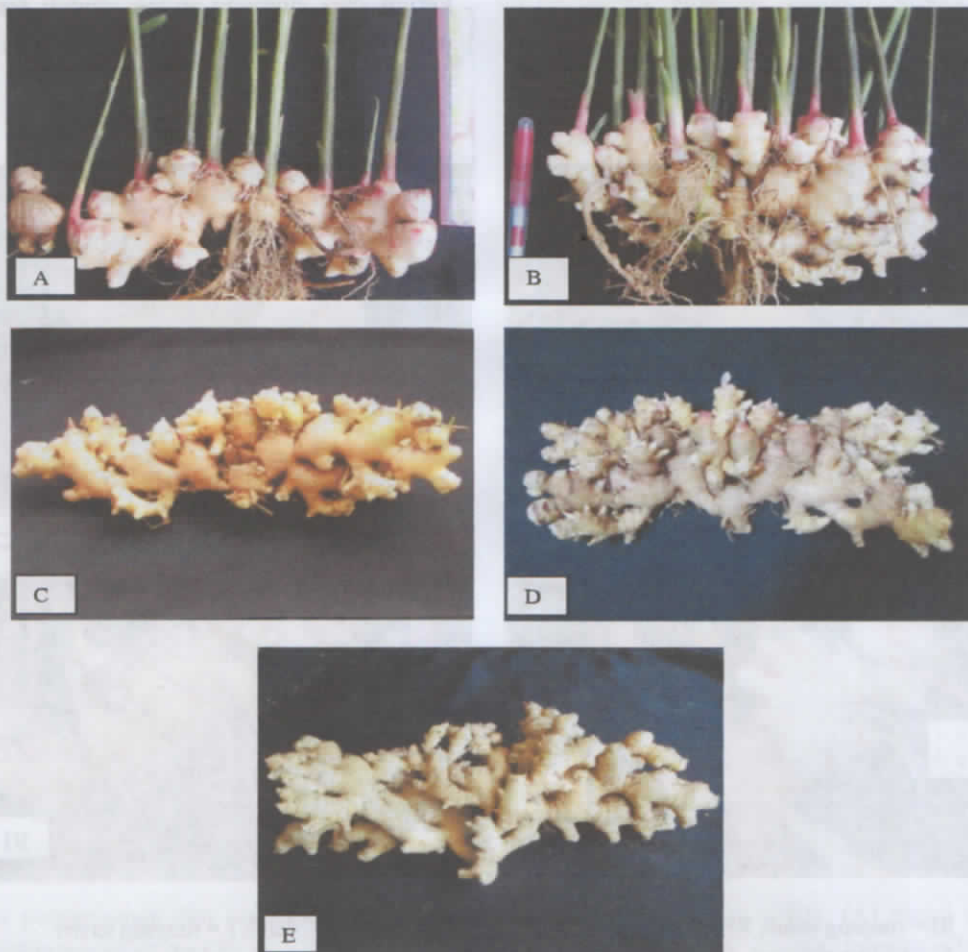
Figure 2. Rhizome seeds of big white ginger (BWG) at (A) 1 month after planting (MAP), (B) 2 MAP, (C) 3 MAP and (D) 4 MAP.

kedua dari dasar rimpang induk dan primer muncul akar air (*fleshy roots*). Rimpang mempunyai buku yang sudah terlihat jelas dengan jumlah 4-5 buku pada rimpang induk dan rimpang primer. Jarak antar buku pada rimpang induk lebih pendek (0,5-1,0 cm), dibandingkan dengan rimpang primer (>1 cm). Pada buku terdapat seludang pelindung berwarna jingga. Seludang akan berubah warna menjadi coklat, kemudian mengering dan terkelupas, dengan semakin bertambahnya umur rimpang.

Rimpang sekunder (*secondary rhizome*) yaitu rimpang yang muncul dan berkembang dari buku kedua atau ketiga dari rimpang primer terbentuk pada umur 3 BST (Gambar 2C). Selanjutnya rimpang tersier (*tertiary rhizome*) yaitu rimpang yang muncul pada rimpang sekunder

terbentuk pada umur 4 BST Rimpang induk terlihat lebih kecil dan tidak berkembang dibanding rimpang primer, sekunder dan tersier (Gambar 2D).

Pada umur 5 BST mulai terbentuk rimpang kuartar yaitu rimpang cabang yang muncul pada rimpang tersier (Gambar 3A). Tandan bunga mulai muncul dari ujung rimpang cabang. Pada umur 6 BST rimpang cabang bertambah banyak dan terbentuk rimpang kelima, yaitu rimpang yang muncul dari rimpang kuartar (Gambar 3B). Pada umur 7 BST sebagian batang dan daun mulai mengering. Ukuran rimpang bertambah besar dan jumlah rimpang cabang juga bertambah banyak (Gambar 1C dan 3C). Rata-rata jumlah rimpang cabang yang dihasilkan satu tanaman adalah rimpang induk (1,1 propagul), primer (2,6



Gambar 3. Rimpang benih jahe putih besar (JPB) umur (A) 5 bulan setelah tanam (BST), (B) 6 BST, (C) 7 BST, (D) 8 BST, dan (E) 9 BST.

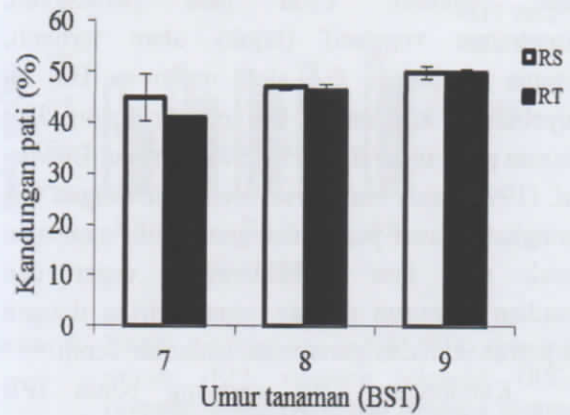
Figure 3. Rhizome seeds of big white ginger (BWG) at (A) 5 months after planting (MAP), (B) 6 MAP, (C) 7 MAP, (D) 8 MAP, and (E) 9 MAP.

propagul), sekunder (6,9 propagul), tersier (14,9 propagul) dan kuartier (7,9 propagul). Umur 8 dan 9 BST, sebagian besar batang dan daun sudah mengering dan luruh. Pertambahan ukuran dan jumlah rimpang cabang relatif sedikit, karena sudah memasuki proses pemasakan (Gambar 3C, 3D dan 3E). Rata-rata jumlah rimpang cabang pada umur 9 BST adalah rimpang induk (1,1 propagul), primer (2,6 propagul), sekunder (8,9 propagul), tersier (18,3 propagul), dan kuartier (7,8 propagul). Berdasarkan perubahan morfologi perkembangan rimpang JPB, fase pemasakan rimpang benih dimulai pada umur 7 BST, yang ditandai dengan sebagian batang dan daun mengering serta ukuran dan bobot rimpang yang sudah optimal.

Perubahan biokimia rimpang benih

Perubahan biokimia yang terjadi selama pemasakan rimpang benih antara lain kandungan pati dan hormon endogen. Perubahan biokimia selama pemasakan rimpang sangat menentukan mutu rimpang benih JPB. Kandungan pati meningkat sejalan dengan pertambahan umur rimpang baik pada rimpang sekunder maupun tersier walaupun tidak menunjukkan banyak perbedaan dengan umur 8 dan 9 BST. Rimpang sekunder mempunyai kandungan pati relatif lebih tinggi dibanding rimpang tersier, karena perbedaan tingkat ketuaan (rimpang sekunder lebih awal terbentuk) (Gambar 4). Kandungan pati erat kaitannya dengan mutu fisiologis rimpang benih (daya tumbuh, kecepatan tumbuh dan bobot kering bibit). Hasil ini sesuai dengan laporan Rusmin *et al.* (2015) bahwa kandungan pati rimpang benih JPB yang berasal dari daerah Nagrak, Sukabumi yang dipanen pada umur 7 BST juga tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan kandungan pati rimpang umur 8 dan 9 BST, dan sudah layak digunakan sebagai bahan tanam.

Perubahan kandungan hormon endogen (IAA, GA, ABA dan sitokinin) pada rimpang sekunder dan tersier selama pemasakan dapat dilihat pada Gambar 5. Mutu rimpang benih JPB sangat ditentukan oleh peran hormon endogen (IAA, giberelin, ABA, dan sitokinin) selama fase pemasakan. Kandungan hormon IAA rimpang benih JPB lebih tinggi pada umur 8 dan 9 BST dibanding dengan 7 BST, baik pada rimpang



Gambar 4. Kandungan pati rimpang benih jahe putih besar (JPB) umur 7, 8 dan 9 bulan setelah tanam (BST) pada rimpang sekunder (RS) dan tersier (RT).

Figure 4. The starch content in the secondary rhizomes (RS) and tertiary rhizomes (RT) of big white ginger (BWG) rhizome seeds at 7, 8 and 9 months after planting (MAP).

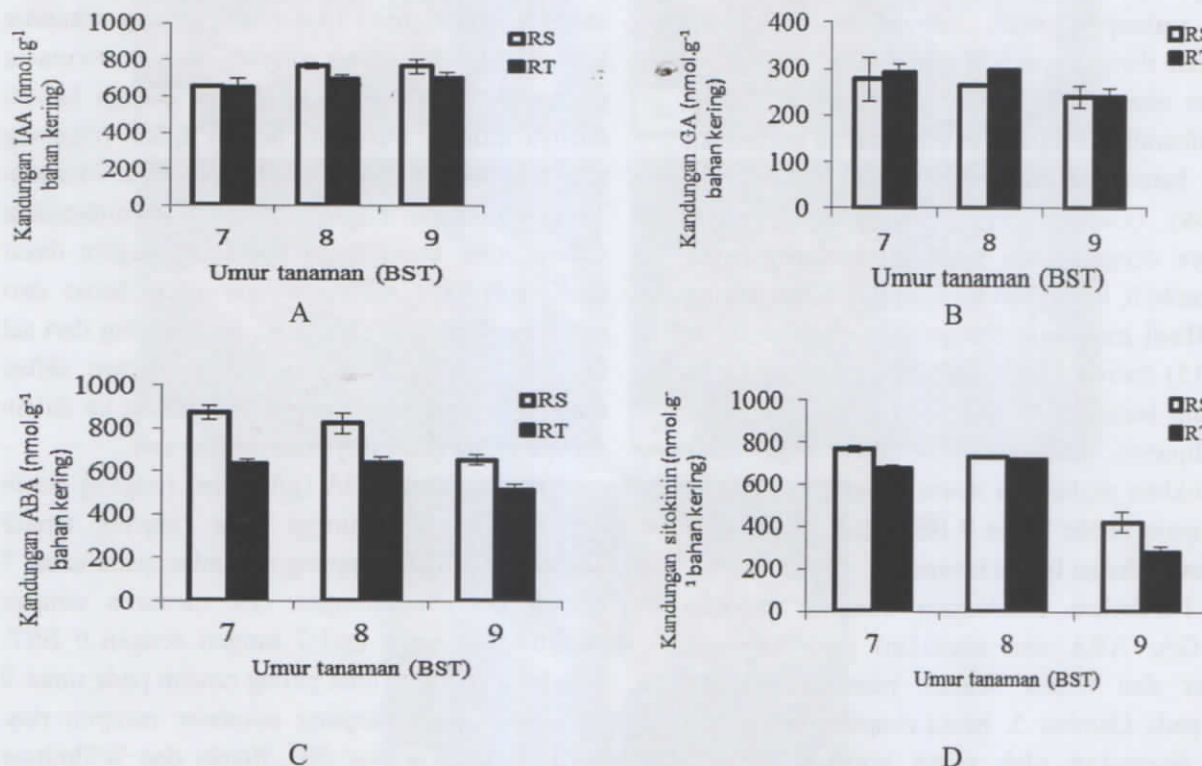
sekunder maupun rimpang tersier (Gambar 5A). IAA berperan dalam pembesaran dan pemanjangan sel dan sebagai *sink* yang kuat dalam menarik asimilat. Kandungan IAA pada rimpang sekunder lebih tinggi dibanding rimpang tersier, terutama pada umur 8 dan 9 BST. Hal ini diduga karena adanya transfer IAA dari bagian apikal (rimpang paling ujung) ke rimpang di bawahnya. Menurut Taiz dan Zeiger (2002), auksin ditranslokasikan secara polar dari bagian pucuk ke bagian dasar (basipetal) yang membutuhkan energi bebas dari gravitasi. Transpor polar juga berlangsung dari sel ke sel melalui membran plasma secara difusi melalui proses *influx* (masuknya auksin ke dalam sel dan *efflux* (keluarnya auksin dari sel).

Kandungan GA (giberelin) rimpang benih JPB terlihat lebih tinggi pada rimpang tersier dibanding dengan rimpang sekunder, pada umur 7 dan 8 BST. Kandungan GA menurun dengan pertambahan umur dari 7 sampai dengan 9 BST. Kandungan GA terlihat paling rendah pada umur 9 BST, baik pada rimpang sekunder maupun rimpang tersier (Gambar 5B). Fernie dan Willmitzer (2001) serta Falcon *et al.* (2006) melaporkan bahwa giberelin berperan dalam mengatur perkembangan umbi kentang. Peran GA pada fase awal pertumbuhan adalah dalam memacu pertum-

buhan vegetatif. Pada fase pemasakan, pertumbuhan vegetatif (tajuk) akan terhenti, sehingga kandungan GA akan menurun. Hal ini menyebabkan kandungan GA pada rimpang JPB menurun pada umur 8 dan 9 BST. Menurut Bewley *et al.* (1994) pada benih *true seeds* kandungan GA meningkat selama perkembangan benih, mencapai puncak saat fase perkembangan cepat dan kemudian menurun dengan cepat seiring dengan fase pemasakan dan penurunan kadar air benih.

Kandungan ABA rimpang benih JPB menurun dengan bertambahnya umur rimpang mulai dari umur 7, 8 dan 9 BST. Rimpang sekunder mempunyai kandungan ABA yang lebih tinggi dibanding rimpang tersier, baik pada umur 7, 8 maupun 9 BST (Gambar 5C). Hal yang sama juga dilaporkan oleh Rusmin *et al.* (2015) bahwa kandungan ABA dari rimpang benih JPB yang berasal dari daerah Nagrak (Sukabumi) juga menurun dengan bertambahnya umur benih dari 7, 8 dan 9 BST. Hal ini menunjukkan bahwa pada fase pertumbuhan cepat diperlukan kandungan

ABA untuk membatasi pertumbuhan tajuk (tinggi tanaman), sehingga asimilat lebih banyak dialihkan kearah pembentukan rimpang. Pada tanaman kentang, ABA berperan dalam memacu pembentukan umbi yaitu sebagai stimulator yang disebabkan oleh pengaruh antagonis ABA terhadap giberelin (Falcon *et al.* 2006). Kandungan ABA yang lebih tinggi pada umur 7 BST, diduga karena mulai memasuki fase pemasakan yang ditandai dengan mulai luruhnya daun dan batang sehingga diperlukan hormon ABA yang lebih tinggi. Pada umur 8 dan 9 BST daun dan batang sudah luruh, sehingga kandungan ABA menurun. Kandungan ABA yang lebih rendah pada umur 8 dan 9 BST diduga untuk mengurangi derajat dormansi, sehingga rimpang benih cepat tumbuh. Suttle (2004) melaporkan bahwa terdapat tiga kelompok hormon yang berperan dalam regulasi dormansi pada umbi kentang yaitu asam absisat (ABA), sitokinin dan etilen. ABA dan etilen berperan dalam menginduksi dormansi, tetapi untuk mempertahankan periode dormansi hanya



Gambar 5. Kandungan hormon rimpang benih jahe putih besar (JPB) umur 7, 8 dan 9 bulan setelah tanam (BST) pada rimpang sekunder (RS) dan tersier (RT): (A) IAA, (B) GA, (C) ABA, dan (D) sitokinin.

Figure 5. The hormone content in the secondary rhizomes (RS) and tertiary rhizomes (RT) of big white ginger (BWG) rhizome seeds at 7, 8 and 9 months after planting (MAP): (A) IAA, (B) GA, (C) ABA, and (D) cytokinin.

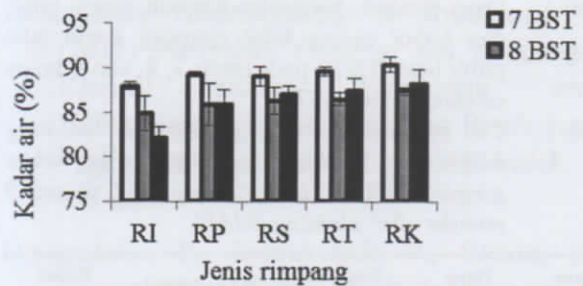
dibutuhkan ABA. Menurut Bewley *et al.* (1994) kandungan ABA meningkat selama perkembangan benih, mencapai puncak pada fase perkembangan cepat/pengisian dan kemudian menurun dengan cepat seiring dengan fase pemasakan dan penurunan kadar air benih.

Kandungan sitokinin rimpang benih JPB cenderung menurun, sejalan dengan pertambahan umur mulai dari 7, 8, dan 9 BST baik pada rimpang sekunder maupun rimpang tersier. Kandungan sitokinin cenderung lebih tinggi pada rimpang sekunder dibanding rimpang tersier, untuk ketiga umur 7, 8, dan 9 BST (Gambar 5D). Pada umbi kentang, sitokinin berperan dalam mengontrol pembesaran dan pertumbuhan umbi, karena sitokinin aktif dalam pembelahan sel dan terlibat dalam proliferasi sel selama pertumbuhan umbi (Falcon *et al.* 2006). Hal ini menunjukkan bahwa pada awal perkembangan rimpang terutama pada fase cepat diperlukan kandungan sitokinin endogen yang tinggi sebagai *sink* yang kuat untuk menarik asimilat. Pada umur 7, 8 dan 9 BST, rimpang benih sudah memasuki fase pemasakan, sehingga kandungan sitokinin akan menurun dengan bertambahnya umur. Menurut Bewley *et al.* (1994) kandungan sitokinin meningkat selama perkembangan benih dan kemudian menurun seiring dengan fase pemasakan.

Perubahan fisiologis

Kadar air rimpang menurun dengan bertambahnya umur tanaman. Kadar air rimpang benih JPB pada umur 7 BST masih tinggi untuk kelima jenis rimpang (induk, primer, sekunder, tersier dan kuartier). Umur 8 dan 9 BST kadar air sudah menurun untuk semua jenis rimpang. Semakin ke ujung posisi rimpang dalam satu tanaman, kadar air cenderung semakin tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air rimpang induk < primer < sekunder < tersier < kuartier. Hal ini berhubungan dengan tingkat ketuaan rimpang. Rimpang yang paling ujung merupakan rimpang yang paling akhir terbentuk, sehingga lebih muda dibanding rimpang lainnya (Gambar 6).

Viabilitas rimpang benih juga dipengaruhi oleh umur rimpang benih. Daya tumbuh dan kecepatan tumbuh rimpang benih JPB, lebih tinggi pada umur 7 BST dibanding dengan umur 8 dan 9



Gambar 6. Kadar air rimpang induk (RI), rimpang primer (RP), rimpang sekunder (RS), rimpang tersier (RT), dan rimpang kuartier (RK) benih jahe putih besar (JPB) umur 7, 8 dan 9 bulan setelah tanam (BST).

Figure 6. The water content of mother rhizome (RI), primary rhizomes (RP), secondary rhizomes (RS), tertiary rhizomes (RT) and quaternary rhizomes (RK) of big white ginger (BWG) rhizome seeds at 7, 8 and 9 months after planting (MAP).

BST. Tinggi bibit JPB terlihat lebih tinggi pada umur 7 dan 8 BST, dibanding umur 9 BST. Bobot kering bibit JPB cenderung sama untuk ketiga umur 7, 8, dan 9 BST (Tabel 1). Hasil ini menunjukkan bahwa rimpang benih JPB umur 7 BST layak digunakan sebagai bahan tanam. Hal ini didukung oleh penelitian Rusmin *et al.* (2015) bahwa rimpang benih JPB asal Nagrak (Sukabumi) yang dipanen pada umur 7 dan 8 BST sudah dapat digunakan sebagai bahan tanam, karena mempunyai pertumbuhan dan produksi rimpang benih yang sama dengan 9 BST dan mempunyai daya simpan yang baik. Selanjutnya Melati (2016) melaporkan bahwa rimpang benih JPB yang dipanen pada umur 8 BST juga menghasilkan pertumbuhan tanaman dan produksi rimpang terbaik.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa daya tumbuh dan kecepatan tumbuh rimpang benih JPB, lebih tinggi pada umur 7 BST dibanding dengan umur 8 dan 9 BST. Hal ini disebabkan adanya keseimbangan hormonal (IAA, GA, ABA dan sitokinin) dalam mengontrol dormansi. Keseimbangan hormon endogen ABA (inhibitor), sitokinin dan giberelin (promotor) pada rimpang benih JPB yang dinyatakan dalam rasio ABA/sitokinin dan ABA/GA mempengaruhi daya tumbuh dan kecepatan tumbuh rimpang benih JPB. Rasio ABA/sitokinin pada umur 7, 8 dan 9 BST masing-

Tabel 1. Daya tumbuh, kecepatan tumbuh, tinggi bibit, dan bobot kering bibit rimpang benih jahe putih besar (JPB) pada umur 7, 8, dan 9 bulan setelah tanam (BST).

Table 1. The germination rate, growth rate, seedling height, and seedling dry weight of big white ginger (BWG) rhizome seeds at 7, 8 and 9 months after planting (MAP).

Umur panen (BST)	Daya tumbuh (%)	Kecepatan tumbuh (% etmal ⁻¹)	Tinggi bibit (cm)	Bobot kering bibit (g)
7	100,0±0,0	4,3±0,3	33,80±3,28	0,58±0,15
8	80,0±5,0	2,9±0,5	33,71±1,78	0,56±0,06
9	70,8±5,0	2,3±0,3	29,40±2,37	0,57±0,09

Tabel 2. Rasio ABA/GA dan ABA/sitokinin rimpang benih jahe putih besar (JPB) pada umur 7, 8 dan 9 bulan setelah tanam (BST).

Table 2. The ABA/GA and ABA/cytokinin ratios of big white ginger (BWG) rhizome seeds at 7, 8 and 9 months after planting (MAP).

Umur Rimpang Benih JPB (BST)	Rasio ABA/sitokinin	Rasio ABA/GA
7	4,4/3,8	4,4/1,4
8	4,1/3,6	4,1/1,3
9	3,3/2,1	3,3/1,2

masing adalah 4,4/3,8; 4,1/3,6 dan 3,3/2,1. Rasio ABA/GA pada umur 7, 8 dan 9 BST masing-masing 4,4/1,4; 4,1/1,3; dan 3,3/1,2 (Tabel 2).

ABA berperan sebagai hormon yang menginduksi dan mempertahankan dormansi (inhibitor). Sitokinin dan GA dikenal sebagai promotor yang berperan dalam menghambat kerja ABA dalam menginduksi dan mempertahankan dormansi. Kandungan ABA yang lebih tinggi pada umur 7 BST dibanding 8 dan 9 BST, tidak mampu memacu dan mempertahankan dormansi sehingga rimpang benih JPB tumbuh lebih awal (daya tumbuh 100% dan kecepatan tumbuh 4,3) (Tabel 1 dan Gambar 5C). Hal ini disebabkan oleh rasio ABA/sitokinin (4,4/3,8) yang cenderung lebih rendah pada rimpang benih pada umur 7 BST dibanding umur 9 BST (3,3/2,1) (Tabel 2), sehingga dapat menghambat kerja ABA dalam menginduksi dan mempertahankan dormansi. Sebaliknya rasio ABA/GA pada umur 7 BST (4,4/1,4) ternyata cenderung lebih tinggi dibanding umur 8 BST (4,1/1,3) dan 9 BST (3,3/1,2). Kandungan GA pada umur tersebut tidak mampu menghambat kerja ABA dalam mempertahankan dormansi. Berdasarkan hasil ini diperoleh fenomena dormansi pada rimpang JPB lebih ditentukan oleh rasio ABA/sitokinin dibanding dengan rasio ABA/GA. Hasil ini didukung oleh Suttle (2004) yang menyatakan bahwa sitokinin endogen maupun eksogen berperan dalam memecahkan dormansi umbi kentang. Aplikasi sitokinin pada umbi kentang dikaitkan dengan menurunnya kandungan ABA pada mata tunas. Suttle (2004) juga melaporkan bahwa terdapat tiga kelompok hormon yang berperan dalam regulasi

dormansi pada umbi kentang yaitu asam absisat (ABA), sitokinin dan etilen. ABA dan etilen berperan dalam menginduksi dormansi, tetapi untuk mempertahankan periode dormansi hanya dibutuhkan ABA. Peningkatan kandungan dan sensitivitas sitokinin berperan dalam menginduksi pelepasan dormansi. Hormon auksin dan giberelin mempunyai peran tidak langsung dalam mengontrol dormansi, yaitu berperan dalam mengatur pertumbuhan dan perpanjangan tunas. Ravisankar *et al.* (2012) melaporkan bahwa aplikasi sitokinin eksogen pada umbi *Cyperus rotundus* yang mengalami dormansi dapat meningkatkan persentase umbi bertunas dibanding giberelin. Hasil ini didukung penelitian Rusmin (2016) pada rimpang benih JPB asal Nagrak (Sukabumi) bahwa rasio ABA/sitokinin lebih menentukan dormansi rimpang benih JPB dibanding rasio ABA/GA, sehingga rasio ABA/sitokinin yang tinggi sangat diperlukan untuk mempertahankan dormansi rimpang benih jahe.

Rasio ABA/sitokinin yang cenderung lebih tinggi (3,3/2,1) pada rimpang benih umur 9 BST dibanding dengan rasio ABA/sitokinin umur 7 dan 8 BST (4,4/3,8 dan 4,1/3,6) menyebabkan rimpang benih JPB umur 9 BST mempunyai periode dormansi yang lebih tinggi dibanding umur 7 dan 8 BST. Rimpang benih umur 9 BST, walaupun mempunyai daya tumbuh dan kecepatan tumbuh yang rendah ternyata menghasilkan bobot kering bibit yang sama dengan rimpang benih umur 7 dan 8 BST. Hal ini disebabkan oleh kandungan pati dan IAA yang lebih tinggi dibanding umur 7 dan 8 BST yang berperan dalam pertumbuhan bibit.

KESIMPULAN

Tanaman JPB umur panen 7 BST dapat digunakan sebagai bahan tanam dengan mempertimbangkan beberapa faktor yaitu 1) berdasarkan pola pertumbuhan sudah memasuki fase pemasakan, 2) perkembangan morfologi rimpang benih sudah optimal, 3) secara biokimia mempunyai kandungan pati yang tidak berbeda dengan umur 8 dan 9 BST, dan 4) secara fisiologi mempunyai daya tumbuh, kecepatan tumbuh, dan tinggi bibit yang lebih baik dibanding umur 8 dan 9 BST.

DAFTAR PUSTAKA

- Bewley, J.D., Bradford, K. & Hilhorst, H. (1994) *Seeds Physiology of Development, Germination and Dormancy*.
- BPS (2016a) *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Ekspor*. Jilid I (2). 924 hlm.
- BPS (2016b) *Statistik Perdagangan Luar Negeri Indonesia Impor*. Jilid I(1). 845 hlm.
- Ekowahyuni, L.P. (2002) *Fenologi, Fenomena Vivipari, Pengaruh Stadia Kemasakan Benih dan Waktu Konservasi Terhadap Viabilitas serta Vigor Labu Siam (Sechium edule, Jacq Swartz)*. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Falcon, M.R., Bou, J. & Prat, S. (2006) Seasonal Control of Tuberization in Potato: Conserved Elements with the Flowering Response. *Annual Review of Plant Biology*. [Online] 57, 151-180. Available from: doi:10.1146/annurev.arplant.57.032905.105224.
- Fernie, A.R. & Willmitzer, L. (2001) Molecular and Biochemical Triggers of Potato Tuber Development Modified Stem. *Plant Physiol*. [Online] 127, 1459-1465. Available from: doi:10.1104/pp.010764.In.
- Hamadina, E.I. (2011) *The Control of Yam Tuber Dormancy: A Framework for Manipulation*. [Online] Ibadan, Nigeria, International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Available from: doi:10.1.1.232.3644.
- Hasanuddin, Halimursyadah & Kurniawan, T. (2012) Perubahan Fisiologi dan Kandungan Klorofil selama Pemasakan serta Hubungannya dengan Viabilitas Benih Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). *J. Floratek*. 7, 157-163.
- Hongpakdee, P., Siritrakulsak, P., Ohtake, N., Sueyoshi, K., Ohya, T. & Ruamrungsri, S. (2010) Changes in endogenous abscisic acid, trans-zeatin riboside, indole-3-acetic acid levels and the photosynthetic rate during the growth cycle of *Curcuma alismatifolia* gagnep. in different production seasons. *European Journal of Horticultural Science*. 75 (5), 204-213.
- Kucera, Cohn, M.A. & Leubner-Metzger, G. (2005) Plant Hormone Interactions During Seed Dormance Release and Germination. *Seed Science Research*. 15, 281-307.
- Li, L., Chen, F., Yao, D., Wang, J., Ding, N. & Liu, X. (2010) Balanced Fertilization for Ginger Production. *Better Crops with Plant Food*. pp. 25-27.
- Melati (2016) *Pengembangan Bahan Tanam Jahe Putih Besar (Zingiber officinale Rosc.) Melalui Biji, Rimpang Tunggal dan Rimpang Tunggal Kecil Bermutu Tinggi*. Institut Pertanian Bogor. 123 hlm.
- Nybe, E. V & Raj, N.M. (2005) Ginger Production in India and Other South Asian Countries. In: Ravindran, P.N. & Babu, K.N. (eds.) *Ginger. The Genus Zingiber Edited*. [Online] London, CRC Press, pp. 211-240. Available from: doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- Policegoudra, R.S. & Aradhya, S.M. (2007) Biochemical changes and antioxidant activity of mango ginger (*Curcuma amada* Roxb.) rhizomes during postharvest storage at different temperatures. *Postharvest Biology and Technology*. [Online] 46, 189-194. Available from: doi:10.1016/j.postharvbio.2007.04.012.
- Ravisankar, D., Chinnamuthu, C.R. & Srimathi, P. (2012) Influence of Growth Promoting Substances on Dormancy Breaking and Sprouting of Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) Tuber. *Research Journal of Agricultural Sciences*. 3 (6), 1213-1216.

- Rusmin, D. (2016) *Peningkatan Produksi dan Mutu Rimpang Benih Jahe Putih Besar Melalui Pendekatan Pola Pertumbuhan dan Keseimbangan Hormonal dengan Aplikasi Paclobutrazol*. Institut Pertanian Bogor. Institut Pertanian Bogor. 102 hlm.
- Rusmin, D., Suhartanto, M.R. & Ilyas, S. (2015) Pengaruh Umur Panen Rimpang terhadap Perubahan Fisiologi dan Viabilitas Benih Jahe Putih Besar selama Penyimpanan. *Jurnal Littri*. 21 (1), 17-24.
- Rustam, A.A.P.E. (2017) Perubahan Kondisi Fisik, Fisiologis dan Biokimia Benih *Michelia champaca* pada berbagai Tingkat Kemasakan. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. [Online] 3 (3), 368-375. Available from: doi:10.13057/psnmbi/m030313.
- Sukarman, Rusmin, D. & Melati (2007) Viabilitas Benih Jahe (*Zingiber officinale* Rosc.) pada Cara Budidaya dan Lama Penyimpanan yang berbeda. *Bul. Litro*. XVIII (1), 1-12.
- Suttle, J.C. (2004) Physiological Regulation of Tuber Dormancy. *Amer J of Potato Res*. 81. 253-262.
- Taiz L, Zeiger E. 2002. *Plant Physiology*. Publisher: Sinauer Associates; 3 edition. 690 p.
- Tresniawati, C., Murniati, E. & Widajati, E. (2014) Perubahan Fisik, Fisiologi dan Biokimia Selama Pemasakan Benih dan Studi Rekalsitransi Benih Kemiri Sunan. *J. Agron. Indonesia*. 42 (1), 74-79.

PEMILIHAN POHON INDUK PALA PADA KOLEKSI PLASMA NUTFAH DI KEBUN PERCOBAAN CICURUG SUKABUMI

Selection of Nutmeg Mother Trees In The Germplasm Collection at Cicurug Experimental Station Sukabumi

Nurliani Bermawie, Ma'mun, Susi Purwiyanti, dan Wawan Lukman

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jalan Tentara Pelajar No. 3, Bogor 16111

INFO ARTIKEL

Article history:

Diterima: 19 Desember 2017

Direvisi: 9 Maret 2018

Disetujui: 21 Mei 2018

Kata kunci:

Myristica sp.; mutu; plasma nutfah; produksi buah; seleksi

Key words:

Myristica sp.; fruit yield; germplasm; quality; selection

ABSTRAK/ABSTRACT

Pala merupakan tanaman rempah asli Indonesia. Pengembangan pala semakin meluas, yang menyebabkan permintaan benih pala semakin meningkat, sehingga diperlukan sumber benih bermutu. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi jenis kelamin, karakter morfologi, hasil dan mutu untuk direkomendasikan sebagai sumber benih bermutu. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan (KP.) Cicurug, Kabupaten Sukabumi (550 m dpl). Observasi dilakukan pada jenis kelamin tanaman, dan hasil per pohon selama sembilan tahun panen mulai tahun 2007-2015. Mutu dianalisis pada tiap aksesori terpilih menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectra* (GC-MS). Hasil observasi jenis kelamin, 152 aksesori (34,7%) berjenis kelamin jantan murni, 83 aksesori (18,9%) jantan biseksual dan 203 aksesori (46%) betina murni. Berdasarkan hasil buah, dari 203 tanaman pala betina, dipilih 20 aksesori yang menghasilkan jumlah buah yang tinggi dengan potensi produksi buah >2.500 butir per pohon per tahun. Hasil analisis GC-MS menunjukkan jumlah senyawa yang teridentifikasi terdiri dari 18-30 senyawa dengan komponen utama α -pinene, β -pinene, sabinen, limonene, 4-terpineol, safrol, elemicin dan myristisin. Dari 20 aksesori terpilih, semua aksesori memenuhi standar mutu pada kadar minyak atsiri, limonene dan elemicin, tetapi hanya lima aksesori yang memenuhi standar pada kadar α -pinene, dua aksesori untuk kadar β -pinene, lima aksesori untuk kadar sabinen, 18 aksesori pada kadar 4-terpineol, 13 pada kadar safrol, dan 11 aksesori yang memenuhi standar pada kadar myristisin. Tiga aksesori terpilih, yaitu Botol 122, Irian 112 dan Kupal 139, memenuhi sembilan dari sepuluh parameter mutu, aksesori lainnya memenuhi delapan sampai empat parameter mutu. Aksesori yang memenuhi kriteria produksi buah layak direkomendasikan sebagai sumber benih bermutu.

Nutmeg has been known as native spices to Indonesia. The widespread cultivation of nutmeg cause the high demand for nutmeg seeds, hence the source of quality seeds is needed. The purpose of this study was to evaluate sex, morphological characters, yield and quality to be recommended as source of quality seeds. The research was conducted at Cicurug Experimental Station, Sukabumi (550 m asl). The parameters observed were the sex of trees, and yield per tree harvested for nine years from 2007-2015. The quality was analyzed using Gas Chromatography Mass Spectra (GC-MS). The sex of the trees observations resulted 152 accessions (34.7%) were pure males, 83 accessions (18.9%) bisexual males and 203 accessions (46%) pure females. Based on fruit yield, from 203 female nutmeg trees, 20 accessions produced high fruit yield >2,500 fruits/tree/year. GC-MS analysis showed the number of identified compounds were 18-30 compounds with the main components were α -pinene, β -pinene, sabinene, limonene, 4-terpineol, safrol, elemicin and myristicin. The 20 selected accessions met the quality standards for the essential oil, limonene and elemicin levels, but only five accessions met the standard quality for α -pinene, two accessions for β -pinene, five accessions for sabinen, 18 accessions for 4-terpineol, 13 on safrol, and 11 accessions for myristicin levels. Tree selected

* Alamat Korespondensi : nurliani.bermawie@gmail.com

accessions Botol 122, Irian 112 and Kupal 139 fulfilled nine out of ten quality parameters, whereas other accessions only fulfilled eight to four quality parameters. Accessions that achieved the criteria of fruit production should be recommended as source of quality seeds.

PENDAHULUAN

Tanaman pala (*Myristica fragrans* Houtt.) merupakan tanaman asli Indonesia (De Guzman dan Siemonsma 1999; Sasikumar *et al.* 1999). Sumberdaya genetik pala yang besar ditemukan di Kepulauan Maluku, Maluku Utara, terutama di Pulau Banda dan Siau (Sangihe Talaud) Sulawesi Utara, serta Papua (Hadad dan Hamid 1990; Arrijani 2005; Anandaraj *et al.* 2005; Krishnamoorthy 2011). Sekalipun pala merupakan tanaman asli Maluku dan Ternate (Maluku Utara) tetapi jarang ditemukan jenis liar (Marcelle 1995). Dari 40 jenis *Myristica*, 34 jenis endemik ditemukan di New Guinea (Indonesia), sehingga Indonesia ditetapkan sebagai pusat asal (*centre of origin*) dari genus *Myristica* (Marcelle 1995; Purseglove *et al.* 1981; Weiss 2002).

Di Maluku ditemukan beberapa jenis pala, antara lain (1) *M. succedanea* Reinw., yang biasa disebut juga sebagai pala Maba, jenis ini ditemukan di Halmahera, dan di Ternate disebut sebagai pala Patani, (Nurdjannah 2007; Wahyuni *et al.* 2016; Soenarsih *et al.* 2012); (2) *M. speciosa* Warb. dikenal dengan nama pala Bacan atau pala hutan, (3) *M. schefferi* Warb. biasa disebut juga sebagai pala Onin atau Gosoriwonin, ditemukan di Papua (Nurdjannah 2007); (4) *M. fragrans* Houtt. dikenal dengan nama pala Banda, (5) *M. fatua* Houtt, sering dinamakan sebagai pala Laki-laki atau pala Fuker (Banda) atau pala hutan (Ambon), (6) *M. argentea* Warb. dikenal dengan nama pala Irian atau pala Papua, (7) *M. tingens* Blume biasa disebut juga sebagai pala Tertia dan (8) *M. sylvestris* Houtt. dikenal dengan nama pala Burung atau pala Mendaya (Bacan) atau pala Anan (Ternate) (ILO 2011; Ruhnayat dan Martini 2015).

Empat jenis pala yang dikenal dalam perdagangan, yaitu *M. fragrans* Houtt., *M. argentea* Warb., *M. succedanea* Reinw., dan *M. malabarica* Lam., tetapi pala Banda (*M. fragrans* Houtt.) merupakan jenis yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia maupun di dunia, karena kandungan minyaknya dan

myristisinnya paling tinggi. Jenis pala lain yang juga terdapat di Indonesia adalah *M. guatterifolia* A. DC, *M. hollrungii* Warb. dan *M. iners* Blume (Dodo 2015), tetapi belum banyak dimanfaatkan.

Produk utama pala adalah fuli dan minyak atsiri untuk aromaterapi dan bahan industri parfum, daging buah sebagai bahan makanan dan minuman, dan biji kering sebagai bahan rempah. Indonesia merupakan salah satu produsen pala utama dunia selain Grenada. Penganekaragaman produk pala menyebabkan permintaan pala semakin meningkat. Namun adanya serangan hama penggerek batang (*Batocera hercules*) menyebabkan areal pertanaman pala di beberapa sentra produksi semakin menurun.

Menurut Kalay *et al.* (2015) serangan hama penggerek batang telah menyebar ke berbagai daerah sentra produksi pala di Jawa, Sulawesi dan Ambon. Di beberapa daerah sentra pala, tingkat serangan hama penggerek batang dapat mencapai 15-40 %, dan pada intensitas serangan berat dapat mengakibatkan tanaman mati (Ditjenbun 2009). Intensitas serangan di Sulawesi Utara 17-24 % dan dapat menurunkan produksi pala sampai 24 % (Harni 2011). Di Aceh Selatan tanaman pala terserang hama penggerek batang dapat mencapai lebih dari 46 % (Muttaqin 2010), akibatnya luas areal tanaman pala yang pada tahun 1994 mencapai 11.245 ha dengan produksi 8.647 ton, menurun menjadi 1.402 ha dengan produksi 3.710 ton (Dishutbun Aceh Selatan 2003). Di Maluku serangan hama penggerek batang banyak menyerang di Kabupaten Seram bagian Timur, dan menyebabkan gagal panen (Patty 2013; Dinas Pertanian Propinsi Maluku 2013). Serangan hama penggerek batang di salah satu daerah pengembangan pala di Kabupaten Minahasa Utara, Sulawesi Utara dapat mencapai 60 % (Mamonto *et al.* 2018).

Untuk meningkatkan produktivitas pala nasional maupun merehabilitasi tanaman yang rusak diperlukan benih bermutu. Sumber benih bermutu terdiri dari enam varietas yang sumber benihnya berada di Maluku (Banda 1), di Maluku

Utara (Tidore 1, Tobelo 1, Ternate 1, Makian) dan di Papua (varietas unggul pala Fakfak). Varietas tersebut merupakan varietas unggul yang dipilih dari blok penghasil tinggi hasil seleksi populasi di daerah asal, sehingga untuk pengembangan pala di daerah lain khususnya Jawa, harga benih menjadi tinggi karena biaya transportasi benihnya tinggi.

Jawa Barat merupakan salah satu sentra pala di Indonesia dengan luas areal 6.253 ha, yang meliputi wilayah Bogor (1.696 ha), Sukabumi (1.476 ha), Tasikmalaya (799 ha), Kuningan (737 ha), Ciamis (639 ha), dan Purwakarta (184 ha) (Direktorat Jenderal Perkebunan 2015). Minat masyarakat menanam pala cukup tinggi sehingga diperlukan sumber benih unggul. Hal ini didukung oleh program pemerintah daerah yang menginginkan Jawa Barat memiliki sumber benih pala di Jawa Barat sejak tahun 2014 (Bermawie *et al.* 2014). Sampai saat ini belum ada sumber benih unggul pala di Jawa Barat. Untuk mendukung pengembangan pala, diperlukan sumber benih yang mudah diakses di daerah pengembangan khususnya di Jawa Barat.

Di Kebun Percobaan Cicurug (KP. Cicurug), Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat terdapat kebun koleksi plasma nutfah pala hasil pengumpulan dari berbagai daerah. Agar plasma nutfah dapat dimanfaatkan dalam program penyediaan benih maka perlu diketahui potensi sifat-sifat unggulannya antara lain produktivitas dan mutunya.

Produktivitas pala sangat dipengaruhi oleh jenis kelamin tanaman. Tanaman pala termasuk tanaman berumah dua (*dioecious*, tanaman dengan bunga jantan dan bunga betina terletak pada tanaman yang berbeda), tetapi ditemukan juga tanaman biseksual (*monoecious*, yaitu tanaman yang memiliki bunga jantan dan bunga betina) (Flach 1966; Sharma dan Armstrong 2013). Flach (1966) mengelompokkan tanaman pala menjadi tiga, berdasarkan jenis bunga menjadi betina murni (tanaman yang hanya memiliki bunga betina), jantan murni (tanaman yang hanya memiliki bunga jantan) dan biseksual. Kelompok biseksual dapat dibagi lagi menjadi biseksual betina (*monoecious* dengan proporsi bunga betina lebih dominan), biseksual (*monoecious*, perbandingan jumlah bunga betina dan jantan hampir sama) dan biseksual jantan (*monoecious* dengan proporsi

bunga jantan lebih dominan). Selain tanaman jantan, betina dan *monoecious* (Flach 1966), Soernasih *et al.* (2012) juga menemukan tanaman pala *trimonoecious* (tanaman pala yang mempunyai bunga jantan, bunga betina dan bunga hermaphrodit dalam satu tanaman). Oleh sebab itu, untuk mengetahui potensi hasil setiap aksesori, perlu dilakukan observasi jenis kelamin tanaman. Tujuan penelitian ini adalah mengobservasi jenis kelamin, karakter morfologi, hasil dan mutu tanaman pala. Tanaman yang memenuhi kriteria berdasarkan standar akan direkomendasikan sebagai sumber benih bermutu.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di KP. Cicurug, Sukabumi, Jawa Barat (550 m dpl). Materi genetik yang digunakan merupakan koleksi plasma nutfah milik Balitro yang telah ditanam sejak tahun 1992 dan 1994, berjumlah 438 aksesori yang berasal dari 39 daerah asal, yang sebagian besar merupakan aksesori dari jenis *M. fragrans* Houtt. Jumlah aksesori yang diperoleh dari setiap daerah asal bervariasi mulai dari 1 sampai 62 (Tabel 1).

Observasi jenis kelamin

Observasi jenis kelamin dilakukan mengacu kepada kriteria jenis kelamin ditentukan berdasarkan jumlah buah yang dihasilkan (Soenarsih *et al.* 2012) yang dimodifikasi, yaitu: (1) jantan murni - tidak pernah berbuah sama sekali; (2) jantan biseksual (*monoecious* dominan jantan dengan sedikit bunga betina) - pernah berbuah atau mampu berbuah tetapi tidak setiap tahun dengan jumlah buah <500 buah/tanaman/tahun; (3) Betina termasuk betina biseksual (*monoecious* dominan betina dengan sedikit bunga jantan) - berbuah setiap tahun dan atau jumlah buah >500 buah/tanaman/tahun.

Observasi produksi buah

Produksi pada tanaman pala dinyatakan dalam jumlah buah per pohon per tahun. Jumlah buah seluruh tanaman betina diamati setiap tahunnya, sejak tahun 2007 sampai tahun 2015. Jumlah buah seluruh aksesori tanaman betina kemudian dikelompokkan menjadi enam kategori

mengacu kepada beberapa kriteria yang telah digunakan pada pemilihan pohon induk pala (Marzuki *et al.* 2008; Wahyuni *et al.* 2016) serta Kepmentan Nomor 320 Tahun 2015 (Kementerian Pertanian 2015), yaitu (1) amat sangat rendah (<1.000 buah/pohon/tahun), (2) sangat rendah (<2.000 buah/pohon/tahun), (3) rendah (<2.500 buah/pohon/tahun), (4) sedang (<3.000 buah/pohon/tahun), (5) tinggi (≥ 3.000 buah/pohon/tahun) dan (6) sangat tinggi (≥ 4.000 buah/pohon/tahun).

Observasi karakter morfologi buah, biji dan fuli

Karakter morfologi kuantitatif dan kualitatif buah, biji dan fuli diamati dari tanaman betina terpilih (tanaman yang menghasilkan buah dengan jumlah minimal 2.500 buah/tanaman/tahun), dan pada setiap aksesi diambil 20 sampel buah. Karakter morfologi kualitatif yang diamati secara deskriptif meliputi bentuk buah, bentuk biji, dan fuli. Bentuk buah pala diamati secara visual berdasarkan tingkat kebulatan buah dengan menggunakan standar kriteria bentuk buah (*Standard Chart*), yaitu: (a) bulat = mendekati bola (rasio diameter vertikal/horizontal=1), (b) oblong/lonjong = diameter vertikal > diameter horizontal.

Karakter morfologi kuantitatif pada aksesi terpilih diukur meliputi bobot buah, biji dan fuli, panjang buah, diameter buah, tebal daging buah, panjang biji, diameter biji. Ukuran buah, biji dan fuli selain sebagai karakter morfologi juga merupakan kriteria mutu pada pala. Namun untuk ukuran buah, belum ada acuan standar, sehingga pada penelitian ini ukuran standar mengacu kepada Robert *et al.* (2015) dan Rosyali (2016) yaitu: (1) buah yang berukuran kecil memiliki bobot kurang dari 40 g, (2) buah sedang memiliki bobot 41-60 g, dan (3) buah yang berukuran besar memiliki bobot lebih dari 60 g. Ukuran biji dikelompokkan berdasarkan Permentan (2012), sebagai berikut: (1) besar : 120 butir biji/kg (setara dengan 8,3 g per butir), (2) sedang : 150 biji/kg (setara dengan 6,7 g per butir), (3) kecil : 200 butir biji/kg (setara dengan 5 g per butir).

Analisis mutu

Analisis mutu pala (kadar air dan kadar minyak atsiri) dilakukan menggunakan metode standar yang dimodifikasi dan divalidasi oleh Laboratorium Uji Balitro. Parameter mutu yang diamati meliputi kadar air, kadar minyak atsiri, dan kadar komponen minyak atsiri. Sampel untuk analisis mutu diambil dari buah muda umur 4-5 bulan setelah inisiasi bunga, dicirikan dengan warna kulit biji putih sampai agak kecoklatan dan fuli berwarna putih diambil dari setiap aksesi terpilih.

Minyak atsiri diperoleh dengan cara menyuling biji pala kering. Biji pala kering digiling dan disaring sampai mendapatkan kehalusan 0,5 cm, kemudian ditimbang 1.000 g, dan dimasukkan ke dalam ketel suling. Proses penyulingan menggunakan cara kukus (*water and steam distillation*) selama ± 12 jam. Minyak pala yang dihasilkan disaring menggunakan kertas saring hingga jernih, ditampung dalam gelas ukur dan diukur volumenya. Data mutu yang ditampilkan merupakan rata rata dari dua kali pengujian.

Analisis komponen dan kelimpahan (% area kurva) komponen minyak atsiri pala dilakukan di Laboratorium Pemerintah DKI, menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectra*) dengan instrument Agilent, dengan kondisi GC/MS: kolom 30 m x 0,25 mm, tube kapiler gelas yang dibungkus oleh carbowax 20 m. Suhu detektor: 250° C, volume sampel yang diinjeksikan 1 μ l. Suhu injektor: 200° C. Suhu kolom: 60° C-200° C pada kecepatan 3° C per menit. Gas pembawa : helium 1 ml/menit pada tekanan inlet 0,5 kg.cm⁻² dan energi electron 70 ev. Mutu dibandingkan dengan standar ISO (215:2002), SNI (06-2388-2006) atau ESA (2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis kelamin tanaman pala pada koleksi plasma nutfah

Hasil observasi di lapang menunjukkan 152 aksesi (34,7 %) berjenis kelamin jantan murni,

83 aksesi (18,9 %) jantan biseksual dan 203 aksesi (46 %) betina murni (Tabel 1). Total jumlah tanaman jantan adalah 235 pohon (54 %). Perbandingan tanaman jantan dan betina di dalam populasi mendekati 1:1, sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan secara

alami rasio antara jantan dan betina pada tanaman pala adalah 1:1 (Krishnamoorthy *et al.* 1992; Sharma dan Armstrong 2013). Namun ada sebagian aksesi yang berasal dari beberapa daerah seperti pala Fakfak, pala Hutan Ambon, dan enam daerah lainnya hanya menghasilkan tanaman pala

Tabel 1. Jenis kelamin pada koleksi plasma nutfah pala di KP. Cicurug.

Table 1. Sex type of nutmeg germplasm collections at Cicurug Experimental Station.

No.	Nama koleksi plasma nutfah	Daerah asal	Jenis pala	Jumlah aksesi	Jantan murni	Jantan biseksual	Total jantan	Betina	Rasio jantan: betina
1	Banda	P. Banda	Banda	18	7	2	9	9	1:1
2	Banda Manokwari	Manokwari, Papua	Banda	2	1	1	2	0	2:0
3	Patani	P. Ternate	Patani	34	11	7	18	16	1,1:1
4	Pala Fakfak	Fakfak Papua	Papua	1	1	0	1	0	1:0
5	Manado	Manado, Sulawesi Utara	Banda	15	3	3	6	9	1:1,5
6	Gaji	P. Ternate	Gaji	40	9	4	13	27	1:2,1
7	Irian	P. Tidore	Banda kecil	4	1	1	2	2	1:1
8	Ternate	P. Ternate	Banda	5	0	0	0	5	0:5
9	Botol	P. Tidore	Botol	17	9	2	11	6	1,8:1
10	Kupal	P. Bacan	Kupal	2	1	0	1	1	1:1
11	Pala hutan Ambon	P. Ambon	Liar	2	2	0	2	0	2:0
12	Saparua	P. Saparua	Banda	3	0	0	0	3	0:3
13	Bulat panjang	Halmahera Barat	Banda	4	1	0	1	3	1:3
14	Bacan biji dua	P. Ternate	Banda	11	3	5	8	3	2,7:1
15	Rica	P. Tidore	Rica	13	5	1	6	7	1:1,7
16	Bagea Yan Maliaro	P. Ternate	Bagea	52	11	9	20	32	2:3,2
17	Banda Selamar	P. Ternate	Banda	4	0	1	1	3	1:3
18	Gaji Marikurubu	P. Ternate	Gaji	2	1	1	2	0	2:0
19	Irian Jati Ternate	P. Ternate	Banda kecil	23	8	2	10	13	1:1,3
20	Papua Irian Ternate	P. Ternate	-	1	1	0	1	0	1:0
21	Ambon Mamala Hitu	P. Ambon	-	5	3	2	5	0	5:0
22	Irian Yan Maliaro	P. Ternate	Banda kecil	20	6	7	13	7	2:1
23	Seram Rusa	P. Seram	-	1	1	0	1	0	1:0
24	Irian Yan Ternate	P. Ternate	Banda kecil	20	7	5	12	8	3:2
25	Aceh	Aceh	Banda	1	1	0	1	0	1:0
26	Ternate Yan Ternate	P. Ternate	-	10	7	2	9	1	3:1
27	Patani Jati Ternate	P. Ternate	-	20	13	0	13	7	1,9:1
28	Banda Naira	P. Banda	Banda	6	1	1	2	4	1:2
29	Tidore Jaya T	P. Tidore	-	14	4	6	10	4	2,5:1
30	Nomor 20	-	-	2	2	0	2	0	2:0
31	Ternate Marikurubu	P. Ternate	-	59	14	17	31	28	1,1:1
32	Pala Hutan Kalimantan	P. Kalimantan	-	1	1	0	1	0	1:0
33	Irian Rum Tidore	P. Tidore	Banda kecil	2	1	0	1	1	1:1
34	Banda Rum Tidore	P. Tidore	Banda	7	3	1	4	3	1,3:1
35	Banda Nusantara	-	Banda	1	1	0	1	0	1:0
36	Pala Hutan Bacan	P. Bacan	Liar	10	7	3	10	0	10:0
37	Mandaya	-	-	3	3	0	3	0	3:0
38	No 2	-	-	2	2	0	2	0	2:0
39	Lokal	Sukabumi	Banda	1	0	0	0	1	0:1
	Jumlah	-	-	438	152	83	235	203	1,2:1

jantan saja, sedangkan pala Saparua, pala Ternate dan lokal 100 % betina (Tabel 1). Selain itu, menurut Sharma dan Armstrong (2013) adakalanya di dalam suatu populasi perbandingan jantan : betina >1 atau sebaliknya. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh jumlah tanaman yang dikoleksi terbatas dan perbedaan kriteria penetapan jenis kelamin pada penelitian ini dengan yang telah dikemukakan oleh Soenarsih *et al.* (2012).

Dari seluruh tanaman pala yang diperkirakan merupakan tanaman pala betina, ditemukan pula tanaman berjenis kelamin betina biseksual (*monoecious* dominan betina) seperti yang dilaporkan Krishnamoorthy *et al.* (1992). Namun, tanaman betina biseksual dan betina murni sulit dibedakan, kecuali dilakukan pengamatan bunga. Tanaman *monoecious* dominan betina mampu berbuah lebat sekalipun di sekitarnya tidak ditemukan tanaman pala jantan. Bermawie *et al.* (2015) mendapatkan populasi tanaman pala yang tetap berbuah lebat sekalipun tidak ditemukan tanaman pala jantan di sekitarnya, diduga merupakan tanaman pala betina biseksual. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Hetharie *et al.* (2015) bahwa di Ambon terdapat tanaman pala biseksual yang menghasilkan buah tanpa tanaman pala jantan. Menurut Sharma dan Armstrong (2013), satu bunga jantan pada *M. dactyloides* dan *M. insipida* menghasilkan sekitar 5.600 sampai lebih dari 5.800 butir tepung sari. Oleh sebab itu, terdapat perbedaan pendapat perlu tidaknya tanaman pala jantan dalam budidaya pala (Marcelle, 1995), kemungkinan disebabkan adanya tanaman betina biseksual.

Hasil buah dan biji per pohon

Produksi buah sangat beragam mulai dari tidak berbuah sama sekali (jantan murni) sampai >9.000 buah/pohon/tahun. Dari 203 tanaman yang dikategorikan betina, dikelompokkan berdasarkan jumlah buah menjadi enam kategori, dan komposisi tiap aksesori yang berasal dari daerah yang berbeda beragam (Tabel 2).

Data pada Tabel 2 menunjukkan sebagian besar jumlah buah pada koleksi plasma nutfah pala betina di KP. Cicurug berada pada kategori amat sangat rendah sampai rendah. Sementara itu yang

termasuk kategori produksi tinggi mengacu kepada penetapan varietas unggul pala Makian (Marzuki *et al.* 2008) dan pala Fakfak (Wahyuni *et al.* 2016) dengan jumlah buah 2.500 buah/pohon/tahun. Berdasarkan kriteria tersebut, hanya 20 aksesori yang dipilih atau sekitar 9,8 % dari total populasi tanaman pala betina yang memenuhi standar. Keragaan hasil 20 aksesori terpilih diuraikan pada Tabel 3.

Dari 20 aksesori, 10 aksesori memiliki rata rata hasil >2.500 buah/pohon/tahun, delapan aksesori produksi tinggi (>3.000-≤4.000 buah/pohon/tahun), dan 2 aksesori termasuk kategori produksi sangat tinggi (>4.000 buah/pohon/tahun) (Tabel 3). Menurut Bustaman (2008), pohon pala yang berumur sekitar 25-50 tahun akan menghasilkan 22,5 kg biji pala kering, setara dengan jumlah buah 2.700-4.500 buah/pohon/tahun. Tanaman pala pada saat penelitian di KP. Cicurug berumur 15-23 tahun. Dengan demikian pada umur tanaman yang lebih muda, rata rata potensi produksi pala di KP. Cicurug lebih tinggi dari potensi produksi buah yang dilaporkan Bustaman (2007; 2008).

Di India, tanaman pala dinyatakan unggul apabila pada umur 8 tahun setelah tanam, mampu menghasilkan 1.000 buah/pohon/tahun (Anandaraj *et al.* 2005). Selain itu, varietas unggul pala di India (*IISR-Viswashree*) potensi produksinya hanya 1.444 buah/pohon/tahun, dan aksesori pala yang direkomendasikan untuk dilepas sebagai varietas unggul baru di India (*IISR Keralashree*) menghasilkan buah <2.500 per pohon per tahun (2.455 buah/pohon/tahun) (Mathew *et al.* 2016). Potensi produksi buah beberapa aksesori terpilih di KP. Cicurug lebih tinggi dari varietas unggul pala Makian dan pala Fakfak, dan lebih tinggi dari varietas unggul pala di India.

Terdapat keragaman produksi buah antar aksesori yang berasal dari daerah asal yang sama. Dari empat aksesori yang berasal dari Ternate Marikurubu (TM), dua aksesori masuk dalam kategori produksi sedang dan dua aksesori produksi tinggi, yaitu TM 370 dan TM 392. Demikian juga dengan aksesori asal Banda Yan Maliaro (BYM), tiga aksesori produksi sedang (BYM 215, BYM 221, BYM 421) dan satu produksi tinggi (BYM 210). Keragaman ini kemungkinan terjadi antara lain karena perbedaan jenis kelamin (betina murni dan

Tabel 2. Keragaan hasil plasma nutfah pala di KP. Cicurug.
 Table 2. Yield performances of nutmeg germplasms at Cicurug Experimental Station.

No	Nama koleksi	Jumlah tanaman betina	Hasil (jumlah buah/pohon/tahun)					
			Amat sangat rendah <1.000	Sangat rendah <2.000	Rendah <2.500	Sedang <3.000	Tinggi >3.000	Sangat tinggi >4.000
1	Banda	9	3	5	0	0	1	0
2	Banda Manokwari	0	0	0	0	0	0	0
3	Patani	16	8	5	1	1	1	0
4	Manado	9	7	2	0	0	0	0
5	Gaji	27	14	12	1	0	0	0
6	Irian	2	0	0	1	0	0	1
7	Ternate	5	0	4	1	0	0	0
8	Botol	6	1	2	1	1	1	0
9	Kupal	1	0	0	0	0	1	0
10	Saparua	3	3	0	0	0	0	0
11	Bulat panjang	3	3	0	0	0	0	0
12	Bacan biji dua	3	3	0	0	0	0	0
13	Rica	7	5	0	0	1	1	0
14	Bagea Yan Maliaro	32	14	12	2	3	1	0
15	Banda Selamar	3	1	2	0	0	0	0
16	Gaji Marikurubu	0	0	0	0	0	0	0
17	Irian Jati Ternate	12	5	3	2	2	0	0
18	Ambon Mamala Hitu	0	0	0	0	0	0	0
19	Irian Yan Maliaro	7	4	3	0	0	0	0
20	Irian Yan Ternate	8	5	3	0	0	0	0
21	Ternate Yan Ternate	1	1	0	0	0	0	0
22	Patani Jati Ternate	7	2	4	1	0	0	0
23	Banda Naira	4	4	0	0	0	0	0
24	Tidore Jaya Tidore	4	2	1	1	0	0	0
25	Ternate Marikurubu	28	11	9	4	2	2	0
26	Irian Rum Tidore	1	0	1	0	0	0	0
27	Banda Rum Tidore	4	2	0	1	0	0	0
28	Pala Hutan Bacan	0	0	0	0	0	0	0
29	Lokal	1	1	0	0	0	0	0
Jumlah tanaman		203	99	68	16	10	8	2
Persen (%)		100	48,8	33,5	7,9	4,9	3,9	1,0

betina biseksual) antar aksesi atau disebabkan oleh sistem penyerbukan silang antar tanaman tetua pada populasi tanaman asal.

Selain jumlah buah, pemilihan aksesi juga ditentukan oleh frekuensi panen yang menghasilkan jumlah buah sesuai kriteria 2.500 buah/tahun minimal 4, standar deviasi dan nilai Koefisien Keragaman (KK) yang kecil (Tabel 3). Dari Tabel 3 terlihat kisaran hasil panen antar aksesi cukup besar, tetapi aksesi TM 370 memiliki standar deviasi dan KK yang kecil, sehingga dikategorikan sebagai aksesi yang stabil. Aksesi Irian 112 dan BRT 436 merupakan aksesi dengan rata rata hasil tertinggi, tetapi kurang stabil karena standar deviasi dan nilai KK yang tinggi.

Karakteristik morfologi buah dan biji aksesi terpilih

Terdapat keragaman pada bentuk buah mulai dari bulat sampai lonjong (Gambar 1), dan keragaman ukuran buah, biji dan fuli pada aksesi terpilih. Perbedaan antar aksesi pada bentuk dan ukuran buah ditemukan pada aksesi asal BYM. Aksesi BYM 221 berbentuk bulat sedangkan aksesi lainnya agak lonjong sampai lonjong. Variasi bentuk buah juga dilaporkan oleh Marzuki *et al.* (2008) di Maluku, Soenarsih *et al.* (2012) di Maluku Utara, Hetharie *et al.* (2015) di Ambon, dan Rosyali (2016) di Lampung. Keragaman tersebut baik antar aksesi/tanaman dari daerah asal yang sama maupun dari satu daerah yang berbeda.



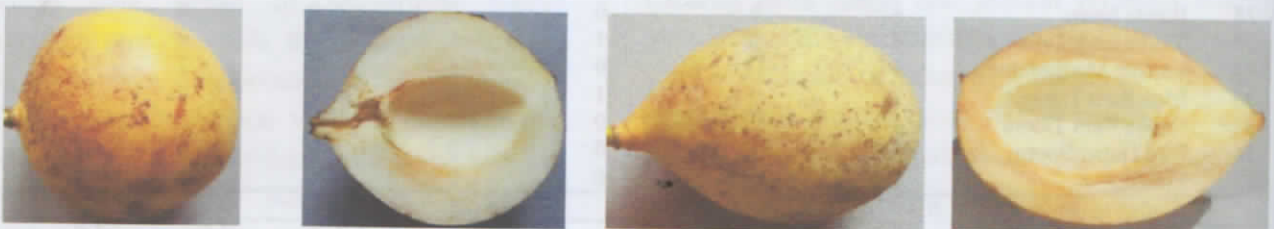
Tabel 3. Keragaan hasil buah aksesori pala terpilih di KP. Cicurug selama tahun 2007-2015.

Table 3. Fruit yield performance of selected nutmeg accessions at Cicurug Experimental Station from 2007-2015.

No.	Aksesi terpilih	Asal	Jenis pala	Tahun										Rata rata	Skor *	SD	KK (%)
				2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015					
				Jumlah buah/pohon/tahun													
1	Banda 9	Banda	Banda	4.155	4.621	2.546	4.835	5.285	7.701	444	1.521	2.937	3.783	7	2.057	54,4	
2	Botol 122	Tidore	Botol	5.025	3.545	5.360	2.295	2.859	2.980	335	2.005	4.764	3.241	6	1.534	47,3	
3	Botol 123	Tidore	Botol	2.475	1.095	3.698	375	4.210	2.220	4.337	2.691	2.471	2.619	4	1.257	48,0	
4	BYM 210	Ternate	Bagca	2.501	2.622	3.937	2.535	5.385	5.065	1.500	3.812	3.024	3.376	8	1.205	35,7	
5	BYM 215	Ternate	Bagca	1.258	2.230	1.310	1.000	3.450	5.961	1.055	4.036	3.527	2.648	4	1.615	61,0	
6	BYM 221	Ternate	Bagca	3.579	4.233	3.370	600	3.440	3.211	891	1.534	2.081	2.549	5	1.229	48,2	
7	BYM 421	Ternate	Bagca	1.860	4.753	2.290	5.900	2.012	4.940	2.731	279	391	2.795	4	1.884	67,4	
8	BRT 436	Tidore	Banda	3.172	6.457	2.825	9.150	3.806	5.060	1.985	3.257	4.646	4.484	8	2.074	46,2	
9	Irian112	Tidore	Banda kecil	4.290	3.975	2.944	3.245	8.970	6.725	2.123	4.875	4.220	4.596	8	1.973	42,9	
10	IJT39	Ternate	Banda kecil	2.979	2.999	3.000	540	1.844	4.210	2.070	3.008	3.739	2.710	6	1.028	37,9	
11	IJT422	Ternate	Bandakkcil	893	1.790	1.479	4.055	3.125	4.850	2.776	2.634	1.703	2.590	5	1.207	46,6	
12	Kupal139	Bacan	Kupal	6.182	826	4.330	2.565	4.825	3.520	1.250	418	4.017	3.104	7	1.858	59,9	
13	Patani 31	Ternate	Patani	2.656	2.965	1.718	525	4.355	2.242	2.979	3.479	1.927	2.538	5	1.041	41,0	
14	Patani55	Ternate	Patani	6.690	5.216	4.540	2.320	4.565	2.418	2.320	4.329	1.462	3.762	5	1.616	43,0	
15	Rica165	Tidore	Rica	3.922	3.832	1.440	3.335	7.510	3.040	895	1.142	4.384	3.278	6	1.930	58,9	
16	Rica172	Tidore	Rica	2.800	2.575	1.722	1.790	2.220	4.610	172	6.481	4.173	2.930	5	1.763	60,2	
17	TM354	Ternate	Ternate	2.329	1.854	2.885	2.815	3.532	4.970	2.835	Tidak panen	1.921	2.571	5	1.270	49,4	
18	TM370	Ternate	Ternate	2.618	2.947	3.195	3.926	3.315	3.176	3.176	3.113	2.990	3.162	9	330	10,5	
19	TM376	Ternate	Ternate	1.397	1.822	1.397	3.850	4.465	4.300	2.750	1.124	2.020	2.569	4	1.245	48,5	
20	TM392	Ternate	Ternate	2.677	4.044	2.597	2.190	4.313	3.446	3.357	1.818	6.680	3.458	7	1.379	39,9	
Rata rata hasil/tahun				3.173	3.220	2.829	2.892	4.174	4.232	1.999	2.713	3.154	3.138				

Keterangan : *Skor adalah frekuensi panen yang mampu memenuhi kriteria standar (± 2.500 buah/pohon/tahun).

Note : *Score was the frequency of harvesting that was able to meet the standard criteria ($\pm 2,500$ fruits/tree/year).
BYM = Banda Yan Maliaro, BRT = Banda Rum Tidore, IJT = Irian Jati Ternate, TM = Ternate Marikubu.



Gambar 1. Keragaman bentuk buah pala (kiri: bulat; kanan: lonjong).

Figure 1. Variation on nutmeg fruit shape (left: round, right: oblong).

Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan genetik dari aksesori plasma nutfah yang kemungkinan disebabkan oleh penyerbukan silang.

Bobot buah pada tanaman pala bervariasi (Tabel 4). Dari 20 aksesori, 13 aksesori terpilih (65 %) memiliki bobot buah besar (>60 g) dan sisanya (35 %) memiliki bobot buah sedang ($>40-60$ g) (Tabel 4). Varietas unggul pala yang telah dilepas memiliki bobot buah segar 51,67-98 g (Randriani *et al.* 2010). Sementara itu varietas unggul pala di India (*IISR Keralashree*) memiliki bobot buah segar per butir 75-100 g (Mathew *et al.* 2016). Varietas unggul pala di India memiliki ukuran buah lebih besar dari varietas unggul pala di Indonesia.

Pada tanaman pala, sekalipun ukuran buah sedang, tetap memiliki nilai ekonomi. Pala dengan ukuran buah sedang sekitar 40-50 g juga banyak

ditemukan di Sangihe Besar dan Siau dan tetap diminati konsumen (Robert *et al.* 2015). Pala dengan ukuran buah sedang juga banyak ditemukan pada populasi pala di Lampung (Rosyali 2016). Oleh sebab itu, kriteria ukuran standar minimal bobot buah 60 g kurang tepat apabila diterapkan untuk semua jenis pala, karena keragaman ukuran buah berbeda antar jenis, varietas dan aksesori. Banyak aksesori yang memiliki buah kecil, tetapi umumnya menghasilkan biji yang standar. Ini menunjukkan bahwa ukuran buah tidak berkorelasi dengan ukuran biji. Sementara pada pala nilai komersial yang tinggi terletak pada bijinya. Aksesori dengan buah kecil tapi menghasilkan biji besar, lebih sesuai untuk dikembangkan sebagai rempah. Berdasarkan ukuran buah, semua aksesori layak direkomendasikan sebagai sumber benih.

Tabel 4. Karakter morfologi buah aksesori pala terpilih di KP. Cicurug.

Table 4. Fruit morphological characters of selected nutmeg accessions at Cicurug Experimental Station.

No.	Kode aksesori	Bobot (g)	Panjang (cm)	Diameter (cm)	Panjang tangkai (cm)	Tebal daging (cm)	Rasio p/l	Bentuk buah
1	Banda9	67,1	5,7	4,8	2,0	1,1	1,2	Agak lonjong
2	Botol122	66,3	5,8	4,7	1,2	1,2	1,3	Lonjong
3	Botol123	55,1	5,4	4,4	1,9	0,9	1,2	Agak lonjong
4	BYM210	54,6	5,2	4,4	1,3	1,2	1,2	Agak lonjong
5	BYM215	91,7	7,2	5,2	1,6	1,3	1,4	Lonjong
6	BYM221	65,8	5,3	5,3	1,9	1,4	1,0	Bulat
7	BYM421	53,8	5,7	4,4	1,5	1,0	1,3	Lonjong
8	BRT436	64,8	6,4	4,6	1,4	1,1	1,4	Lonjong
9	Irian112	69,8	6,5	4,7	1,9	1,2	1,4	Lonjong
10	UT233	66,8	6,0	4,5	2,4	1,1	1,3	Lonjong
11	UT239	82,1	5,9	5,1	1,4	1,6	1,2	Agak lonjong
12	Kupal139	47,8	6,0	4,1	1,5	1,1	1,5	Lonjong
13	Patani31	82,0	7,1	5,0	1,9	1,3	1,4	Lonjong
14	Patani55	65,6	5,7	5,0	1,5	2,7	1,1	Bulat
15	Rical65	64,8	6,4	4,6	1,4	1,1	1,4	Lonjong
16	Rical72	63,5	6,5	4,5	1,5	1,2	1,4	Lonjong
17	TM354	55,2	5,4	4,5	1,6	1,1	1,2	Agak lonjong
18	TM370	48,8	5,8	4,1	1,4	1,0	1,4	Lonjong
19	TM376	61,4	6,6	4,5	1,6	1,2	1,4	Lonjong
20	TM392	52,1	5,2	4,4	1,4	0,9	1,2	Agak lonjong
Kisaran		47,8-97,1	5,2-7,2	4,1-5,3	1,2-2,4	0,9-2,7	1,0-1,5	Bulat-lonjong

Terdapat keragaman pada tebal daging antar aksesori. Keragaman tersebut dapat direkomendasikan untuk berbagai pemanfaatan. Patani 55 memiliki daging buah yang sangat tebal, sedangkan Botol 123 dan TM 392 memiliki daging buah yang sangat tipis. Aksesori yang memiliki daging buah tebal, lebih sesuai untuk bahan manisan dan minuman/sirup buah pala. Keragaman pada tebal daging juga ditemukan pada populasi pala di Lampung berkisar antara 0,9-1,91 cm (Rosyali 2016). Jawa Barat, khususnya di Bogor, industri makanan dan minuman berbasis daging buah pala telah berkembang pesat. Oleh karena itu, aksesori dengan daging buah tebal sangat sesuai untuk direkomendasikan untuk dikembangkan di daerah Bogor.

Selain keragaman pada buah, terdapat perbedaan yang cukup tinggi pada ukuran biji antar aksesori terpilih. Seluruh aksesori memiliki bobot biji segar berkisar 6,6-13,0 g setara biji kering 4,6-9,1 g, termasuk kriteria biji kecil sampai besar (Tabel 5). Standar mutu untuk bobot biji 5-8,3 g biji kering (Direktorat Jenderal Perkebunan 2012) setara dengan 7,1-11,8 g biji segar. Ukuran biji varietas unggul yang sudah dilepas 8-11 g per butir

segar (Hadad dan Hamid 1990) atau setara dengan 5,6-7,7 g biji kering per butir. Aksesori Kupal 139 dan Patani 55 memiliki ukuran biji kecil. Keragaman ukuran biji pala di Lampung berkisar antara 4,2-12,4 g segar (Rosyali 2016). Varietas unggul pala di India (*IISR Keralashree*) memiliki ukuran biji besar dengan bobot biji segar 13-16 g (Mathew *et al.* 2016).

Hasil penelitian juga menunjukkan terdapat keragaman pada karakter morfologi fuli dengan bobot 0,69-2,80 g. Sepuluh aksesori terpilih menghasilkan fuli >1 g, sisanya memiliki bobot fuli <1 g (Tabel 5). Bobot fuli yang rendah terutama ditemukan pada aksesori dengan fuli jarang dan tipis. Aksesori Botol 122 memiliki fuli yang sangat tebal dengan bobot paling tinggi. Keragaman bobot fuli juga ditemukan pada populasi pala di Lampung, berkisar antara 0,30-1,2 g (Rosyali 2016). Varietas unggul pala yang telah dilepas memiliki ukuran fuli 1,02-2,95 g per butir (Randriani *et al.* 2010). Ukuran fuli pala di Indonesia umumnya lebih kecil dari ukuran fuli di India. Di India varietas unggul pala yang dilepas memiliki ukuran fuli 4,5-6 g, fuli menutup seluruh buah, tebal dan berwarna merah tua (Mathew *et al.* 2016).

Selain keragaman pada ukuran, keragaman pada fuli juga ditemukan pada persentase penutupan (*covering*) biji. Ada fuli yang menutup sampai ke ujung biji tetapi ada juga yang hanya menutup sampai $\frac{3}{4}$ biji (TM 370) (Gambar 2). Selain itu kerapatan fuli juga beragam mulai dari hampir penuh sampai jarang. Aksesori TM 370 memiliki fuli

tipis, sedangkan Botol 122, dan TM 354 sangat tebal (Tabel 4).

Mutu minyak atsiri aksesori terpilih

Selain hasil buah, mutu pada pala merupakan komponen penting dan menentukan harga produk. Pada kadar air <10 %, hasil analisis

Tabel 5. Karakter morfologi biji dan fuli aksesori pala terpilih di KP. Cicurug.

Table 5. Morphological characters of seed and mace of selected nutmeg accessions at Cicurug Experimental Station.

No.	Kode aksesori	Daerah asal	Bobot biji segar (g)	Bobot biji kering (g)	Panjang biji (cm)	Lebar biji (cm)	Rasio p/l biji	Bentuk biji	Bobot fuli (g)	Ketebalan dan kerapatan fuli
1	Banda9	Banda	10,7	7,49	3,2	2,4	1,3	Agak lonjong	1,40	Fuli tebal menutup sampai ujung biji
2	Kupal139	Bacan	7,0	4,9	3,3	1,9	1,7	Lonjong	1,42	Fuli tebal menutup sampai ujung biji
3	BYM210	Ternate	9,8	6,86	3,0	2,4	1,3	Agak lonjong	1,29	Fuli tebal menutup sampai ujung biji
4	BYM215	Ternate	13,0	9,1	3,6	2,4	1,5	Lonjong	1,51	Fuli tebal menutup sampai ujung biji
5	BYM221	Ternate	8,3	5,81	2,6	2,3	1,1	Bulat	0,79	Fuli jarang tipis
6	BYM421	Ternate	9,6	6,72	3,1	2,4	1,3	Agak lonjong	0,91	Fuli jarang tipis
7	LJT233	Ternate	11,3	7,91	3,5	2,3	1,5	Lonjong	1,61	Fuli tebal menutup sampai ujung biji
8	LJT239	Ternate	8,2	5,74	3,0	2,2	1,4	Lonjong	0,92	Fuli jarang tipis
9	Patani 31	Ternate	11,0	7,7	3,4	2,3	1,1	Bulat	0,97	Fuli jarang tipis
10	Patani 55	Ternate	6,6	4,6	2,6	2,0	1,3	Agak lonjong	0,62	Fuli jarang tipis
11	TM354	Ternate	10,6	7,42	3,0	2,4	1,3	Agak lonjong	1,87	Fuli tebal menutup sampai ujung biji
12	TM370	Ternate	9,0	6,3	3,2	2,2	1,5	Lonjong	0,88	Fuli tidak penuh, jarang
13	TM376	Ternate	8,7	6,09	3,3	2,0	1,7	Lonjong	0,90	Fuli jarang tipis
14	TM392	Ternate	11,8	8,26	3,3	2,5	1,3	Agak lonjong	0,69	Fuli jarang tipis
15	BRT436	Tidore	8,2	5,74	3,4	2,0	1,7	Lonjong	0,78	Fuli jarang tipis
16	Irian112	Tidore	10,9	7,63	3,2	2,3	1,4	Lonjong	1,56	Fuli tebal, menutup sampai ujung biji
17	Botol122	Tidore	9,8	6,86	3,5	2,2	1,6	Lonjong	2,80	Fuli sangat tebal, menutup sampai ujung biji
18	Botol123	Tidore	11,7	8,19	3,5	2,4	1,5	Lonjong	1,61	Fuli tebal menutup sampai ujung biji
19	Rica165	Tidore	9,4	6,58	3,0	2,2	1,4	Lonjong	0,98	Fuli jarang tipis
20	Rica172	Tidore	9,5	6,65	3,5	2,5	1,4	Lonjong	1,42	Fuli tebal menutup sampai ujung biji
Kisaran			6,6-13,0	4,6-9,1	2,6-3,6	1,9-2,5	1,1-1,7	Bulat-lonjong	0,69-2,80	



Tebal, menutup sampai ujung biji, padat



Tebal, menutup sampai ujung biji, agak jarang



Menutup penuh, jarang



Tidak menutup biji, sangat jarang

Gambar 2. Keragaman bentuk dan kerapatan fuli aksesori pala terpilih di KP. Cicurug.

Figure 2. Variation on shape and mace density of selected nutmeg accessions at Cicurug Experimental Station.

mutu terhadap 20 aksesori menunjukkan kadar minyak atsiri 7,20-19,33 %, semuanya memenuhi bahkan lebih baik dari standar yang ditetapkan SNI maupun ESA (*European Spices Association*). Standar Nasional Indonesia No. 06-2388 tahun 2006, menetapkan batas minimal kandungan minyak atsiri pada pala 5 %, sedangkan ESA 6,5%.

Senyawa pada biji pala tua yang teridentifikasi GC-MS berjumlah 18 sampai 30 dengan komposisi komponen minyak bervariasi antar aksesori (Tabel 6). Komponen utama yang teridentifikasi pada penelitian ini, persentase tertinggi adalah sabinen (23-52 %) diikuti oleh myristisin (1,58-26,41 %), kemudian α -pinene (4,06-21,45 %), β -pinene (2,54-13,15 %), limonene (2,05-6,52 %), 4-terpineol atau terpine-4-ol (2,36-6,88%), safrol (0,43-5,86 %) dan elemisin (0,81-14,38 %) dengan persentase yang berbeda antar aksesori terpilih (Tabel 6). Hasil ini sesuai dengan (Soenarsih *et al.* 2012) yang menyatakan bahwa komponen kimia mutu pala terdiri atas monoterpen hidrokarbon dan komponen eter aromatik. Senyawa kimia yang merupakan komponen kimia monoterpen hidrokarbon adalah α -pinene, β -pinene, sabinene dan 4-terpineol, sedangkan komponen eter aromatik yaitu myristisin, safrol, elemisin dan methyleugenol. ISO 3215 tahun 2002 juga menyatakan komponen minyak pala terdiri dari α -pinene, β -pinene, myrcene, sabinen, limonen, terpinen, terpineol, safrol dan myristisin. Komponen kimia tersebut teridentifikasi pada aksesori terpilih dari plasma nutfah pala di KP. Cicurug.

Hasil penelitian ini berbeda dengan hasil penelitian lainnya pada jumlah senyawa, komposisi senyawa utama dan kelimpahan (%) senyawa utama. (Chairul dan Sulianti 2000), mengidentifikasi 17 senyawa dengan 5 komponen utama yaitu, β -terpeneol, bergamol, myristisin, citronelil butirat, safrol serta 12 komponen minor. Dorman dan Deans (2004) mengidentifikasi 25 senyawa dengan lima komponen utama, yaitu α -pinene, β -pinene, sabinen, myristisin dan 4-terpineol. Sementara itu, (Subarnas *et al.* 2010) mengidentifikasi 32 senyawa dengan komponen utama yaitu

sabinene, 4-terpineol, myristisin, α -pinene, limonene, α -myrcene, α -terpinen, gamma terpinen, α -terpineol, safrol dan elemisin; sedangkan Idrus *et al.* (2015) mendapatkan komponen utama α -pinene, β -pinene, sabinen, limonen, 4-terpineol, safrol dan myristicin, serta Mimbar dan Didah (2016) mengidentifikasi 40 senyawa aktif dengan komponen utama α -pinene, sabinene, β -pinene, 3-carene, limonene, gamma terpinene, 4-terpineol, safrol, myristisin, eugenol, metil eugenol, isoeugenol, dan elemisin.

Perbedaan pada jumlah senyawa dan komponen utama ini kemungkinan disebabkan oleh kondisi agroklimat, cara budidaya, varietas yang digunakan, jumlah varietas yang di analisis serta cara ekstraksi minyak atsiri. Menurut Mudlofar (2012) variasi pada jumlah senyawa yang teridentifikasi dan komposisi kimia bervariasi tergantung pada jenis maupun varietas pala, prosesing dan cara ekstraksi minyak atsiri (Mudlofar 2012). Piras *et al.* (2012) mendapatkan myristicin yang tinggi menggunakan metode superkritik dengan gas CO₂. Penelitian ini menggunakan 20 aksesori terpilih, sementara (Chairul dan Sulianti 2000; Dorman dan Deans 2004; Subarnas *et al.* 2010), Idrus *et al.* (2015), Piras *et al.* (2012) hanya menggunakan satu aksesori dari *M. fragrans*. Variasi pada kadar dan kelimpahan komponen minyak juga dilaporkan Maya *et al.* (2004) pada 65 aksesori plasma nutfah pala di India yang menunjukkan hasil kandungan minyak atsiri bervariasi antara 3,9-16,5 %, dengan komponen utama sabinen 6,3-44,8 %, myristisin 0,3-45,6 %, elemisin 0,4-29,7 %, dan safrol 0,1-22,1 %.

Selain minyak atsiri, kadar α -pinene juga bervariasi. Dari 20 aksesori yang diuji, hanya lima aksesori yang memenuhi syarat ISO (minimal 15 % dan maksimal 28 %), yaitu Botol 122, Irian 112, Kupal 139, BYM 215 dan TM 392. Kadar α -pinene pala Indonesia umumnya tinggi sesuai dengan standar (Simpson dan Jackson 2002). Namun pada sebagian besar aksesori terpilih kadar α -pinene rendah. Rendahnya kadar α -pinene pada sebagian besar aksesori kemungkinan karena pengaruh agroklimat, genotipe maupun prosesing.

Tabel 6. Keragaan mutu aksesori pala terpilih di KP. Cicurug.

Table 6. Variation on quality of selected nutmeg accessions at Cicurug Experimental Station.

No	Kode aksesori	Kadar air (%)	Minyak atsiri (%)	Jumlah senyawa	α -pinene (%)	β -pinene (%)	Sabinen (%)	Limonen (%)	4-Terpineol (%)	Safrol (%)	Elemisin (%)	Myristisin (%)
1	Banda9	8,52	15,00	26	11,56	4,42	39,85	2,70	5,02	1,58	1,97	10,53
2	Kupal139	7,20	12,40	26	15,53	7,90	25,25	3,17	4,07	1,35	7,50	12,01
3	BYM210	7,12	14,00	23	4,50	3,98	47,7	2,74	4,43	3,93	6,38	11,29
4	BYM215	6,69	17,00	26	18,20	8,67	35,18	6,01	3,17	0,73	6,26	5,15
5	BYM221	9,64	16,00	26	11,12	6,30	19,05	2,47	2,96	1,87	4,51	26,41
6	BYM421	6,88	19,33	21	9,02	5,79	37,6	3,28	3,13	0,51	4,30	2,36
7	IJT233	7,53	7,70	25	10,16	6,45	32,46	3,32	3,12	1,43	8,24	6,35
8	IJT239	8,18	16,00	26	12,62	8,30	36,39	3,08	3,87	1,78	7,62	5,25
9	Patani 31	6,69	16,50	18	9,90	2,17	40,76	2,66	6,96	3,96	5,93	13,26
10	Patani 55	6,85	12,40	21	9,90	2,70	36,66	2,65	7,16	0,40	2,81	5,55
11	TM354	7,50	8,60	30	6,51	6,36	26,03	3,82	4,68	2,15	2,36	18,40
12	TM370	7,62	9,33	25	9,39	9,54	35,9	2,89	3,66	2,06	14,38	7,74
13	TM376	8,22	13,67	19	9,67	2,72	40,46	2,68	4,20	1,77	6,69	16,88
14	TM392	8,53	12,00	24	15,54	3,92	48,94	6,52	4,72	0,48	0,81	3,18
15	BRT436	7,31	18,00	20	8,31	4,43	36,44	2,30	4,31	5,62	2,57	23,38
16	Irian112	8,81	10,80	23	21,45	16,08	26,65	3,45	2,36	3,64	3,83	10,70
17	Botol122	6,57	13,60	24	17,05	13,17	28,74	3,08	2,90	2,31	2,07	18,42
18	Botol123	7,95	12,00	24	10,87	4,31	32,95	2,53	4,20	2,72	12,29	10,49
19	Rica165	7,68	14,00	23	8,01	5,05	46,05	3,32	4,99	2,75	5,03	5,02
20	Rica172	8,69	17,00	25	4,06	2,54	36,18	2,04	2,56	5,67	13,77	19,41
Kisaran (%)		7,70-19,33		18-30	4,06-21,45	2,17-16,08	25,25-52,85	2,05-6,52	2,36-6,88	0,40-5,67	0,81-14,38	2,36-26,41
Standar :		Maks 10* Min 6,5**			Min 15	Min 13	Min 14	Min 2,0	Min 2,0	Min 1,0	-	Min 5
ISO 3215:2002					Maks 28	Maks 18	Maks 29	Maks 7,0	Maks 6,0	Maks 2,5	-	Maks 12

Keterangan : *SNI (Standar Nasional Indonesia, 2006).

Note : Indonesian National Standard, 2006.

**ESA (European Spices Association).

Kadar senyawa β -pinene pada 20 aksesori terpilih berkisar 2,17-16,08 %. Menurut ISO 3215 (2002) standar minimal kadar β -pinene 13 % dan maksimal 18 %. Dari ke 20 aksesori tersebut, hanya dua aksesori yang memenuhi standar yaitu Botol 122 dan Irian 112, selebihnya di bawah standar. Berbeda dengan kadar α -pinene dan β -pinene, untuk kadar sabinene, hampir semua aksesori melampaui standar ISO tetapi hanya lima aksesori yang memenuhi standar, yaitu Botol 122, Irian 112, Kupal 139, BYM 221, dan TM 354.

Untuk kadar limonene, semua aksesori memenuhi syarat, sedangkan untuk senyawa 4-terpineol, dua aksesori terpilih tidak memenuhi syarat karena melampaui nilai standar. Menurut Simpson dan Jackson (2002) terdapat perbedaan pada kadar 4-terpineol pada pala Indonesia dibanding dengan Grenada dan Jamaica. Perbedaan tersebut antara lain diduga terkait dengan kondisi agroklimat dan genotipe pala.

Safrol merupakan senyawa yang dianggap karsinogenik menurut FDA (Food Drug Administration, USA) maupun European Commission on Health sehingga kadar yang ditetapkan rendah (1,0-2,5 %). Bahkan European Pharmacopeia menetapkan kadar safrol untuk bahan farmasi 0-2 %. Dari 20 aksesori terpilih, 13 aksesori menunjukkan

kadar safrol yang sesuai standar, sedangkan tujuh aksesori lainnya tidak memenuhi standar (>2,5 %).

Untuk kadar elemisin belum ada standar yang ditetapkan, sehingga semua dianggap memenuhi syarat. Myristisin merupakan senyawa penciri pada pala, dan memiliki efek sebagai halusinogen. Menurut International Standard Oil of Nutmeg (ISO : 3215:2002), dan Standar Nasional Indonesia (SNI 2006) kadar myristisin minimal 5 % dan maksimal 12 %. Kandungan myristisin dari 20 aksesori yang diuji, hanya 12 aksesori yang memenuhi standar ISO dan 8 aksesori mengandung kadar myristisin yang lebih rendah atau lebih tinggi dari standar ISO. Berdasarkan semua parameter, tidak ada aksesori terpilih yang memenuhi semua parameter mutu, sehingga dibuatkan ranking berdasarkan jumlah ketidaksesuaian dengan parameter mutu. Aksesori yang memiliki ketidaksesuaian terkecil merupakan aksesori unggul. Ranking aksesori terpilih berdasarkan parameter mutu diuraikan pada Tabel 7.

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa dari 20 aksesori terpilih, Botol 122, Irian 112 dan Kupal 139 memenuhi sembilan dari sepuluh parameter mutu, aksesori lainnya memenuhi delapan dan paling rendah empat parameter mutu. Namun demikian, Kementerian Pertanian (2015) hanya mensyaratkan

Tabel 7. Ranking aksesori terpilih berdasarkan parameter mutu minyak atsiri.
 Table 7. The selected accession ranks based on the parameters of essential oil quality.

Kode aksesori	Kadar air	Minyak atsiri	α -pinene	β -pinene	Sabinen	Limonen	4-Terpineol	Safrol	Elemisin	Myristisin	Jumlah ketidaksesuaian
Kapal 139	✓	✓	✓	×	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1
Banda 122	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	1
Banda 112	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓	1
BWIM 215	✓	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	2
Banda 9	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	3
LOT 239	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	3
TW 370	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	3
LOT 233	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	3
Pasari 55	✓	✓	×	×	×	✓	×	✓	✓	✓	4
BWIM 221	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	✓	×	3
BWIM 421	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓	×	4
TW 354	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓	×	3
TW 376	✓	✓	×	×	×	✓	✓	✓	✓	×	4
TW 392	✓	✓	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	×	3
Banda 123	✓	✓	×	×	×	✓	✓	×	✓	✓	4
Banda 165	✓	✓	×	×	×	✓	✓	×	✓	✓	4
BWIM 210	✓	✓	×	×	×	✓	✓	×	✓	✓	4
Banda 172	✓	✓	×	×	×	✓	✓	×	✓	×	5
BWT 436	✓	✓	×	×	×	✓	✓	×	✓	×	5
Pasari 31	✓	✓	×	×	×	✓	×	×	✓	×	6
Jumlah aksesori yang memenuhi standar	20	20	5	2	5	20	18	13	20	11	

produksi buah dalam pemilihan pohon induk untuk sumber benih, mutu belum menjadi persyaratan. Data analisis mutu merupakan pelengkap untuk memberikan gambaran dan pilihan kepada konsumen dalam memilih sumber benih.

Menurut Mathew *et al.* (2016), varietas unggul pala yang dilepas di India memiliki kadar minyak atsiri biji 5,9 %, myristisin 1,6 %, elemisin 1,4 %, α -pinene 7,1 %, sabinen 35,4 % dan kadar safrol rendah (0,1 %). Data tersebut menunjukkan bahwa mutu minyak pala dari varietas unggul yang dilepas di India juga ternyata lebih rendah dari standar.

Simpson dan Jackson (2002) menyatakan terdapat perbedaan pada mutu pala Indonesia dengan dari Grenada dan Jamaica. Oleh sebab itu di dunia perdagangan, dikenal dua jenis pala berdasarkan daerah asalnya, yaitu 1) *East Indian Nutmeg and Mace* yaitu pala dan fuli yang berasal dari Indonesia (Banda), Siau, Padang, Aceh, Jawa Barat, dan Papua dan lain-lain), Sri Lanka, India, dan 2) *West Indian Nutmeg and Mace*, pala dan fuli yang berasal dari Grenada (Ma'mun, 2013). Kualitas pala dari Grenada atau Jamaica (*West Indian Nutmeg*) mengandung kadar myristisin dan safrol (<02 %) yang lebih rendah dari minyak atsiri

pala asal Indonesia (*East Indian Nutmeg*), tetapi memiliki kandungan α -pinene (19,9 %), β -pinene (18,8 %) dan 4-terpineol (17,8 %) yang lebih tinggi. Kadar tersebut membedakan mutu minyak antara *East* dan *West Indian Nutmeg* (Simpson dan Jackson 2002).

Pertanaman pala di Grenada hanya terdiri dari satu varietas yaitu pala Banda, karena berasal dari Pulau Banda (*M. fragrans* Houtt.), yang dibawa oleh Hon. Frank Gurney pada tahun 1843 (Groome 1970). Pada tahun 1865 pala Grenada telah memenuhi pasar dunia. Oleh karena itu, penetapan standar mutu pala dunia hanya di dasarkan atas pala asal Banda tersebut. Sementara pala dari Indonesia terdiri dari bermacam macam varietas (Banda, Ternate, Tidore, Tobelo, Makian) yang berasal dari berbagai daerah sehingga variasi mutunya tinggi.

Di dunia perdagangan, umumnya pedagang mencampur (*blending*) biji atau minyak dari berbagai sumber. Untuk menghasilkan mutu minyak yang tinggi, industri aroma melakukan pemisahan komponen (fraksinasi) dengan peralatan yang dimiliki sehingga memenuhi standar mutu dan memiliki nilai komersial yang lebih tinggi.

KESIMPULAN

Komposisi jenis kelamin pada koleksi plasma nutfah pala di KP. Cicurug terdiri dari 235 pohon jantan murni, dan 203 aksesori (46 %) betina. Dua puluh aksesori dari tanaman pala betina menghasilkan rata-rata jumlah buah >2.500 per pohon per tahun sehingga memenuhi kriteria untuk dipilih sebagai aksesori unggul. Semua aksesori unggul (20 aksesori terpilih) menghasilkan kadar minyak atsiri 7,20-19,33 %, limonen dan elemisin yang memenuhi standar ISO 3215. Tiga aksesori yaitu Botol 122, Irian 112 dan Kupal 139 memenuhi 90 % standar dari parameter mutu, sedangkan aksesori lainnya hanya memenuhi empat sampai delapan parameter mutu. Mutu belum dijadikan syarat untuk pemilihan pohon induk, sehingga semua aksesori unggul layak direkomendasikan sebagai sumber benih.

DAFTAR PUSTAKA

- Anandaraj, M., Devasahayam, S., Zachariah, T.J., Krishnamoorthy, B., Mathew, P.A. & Rema, J. (2005) Nutmeg Extension Pamphlet. Publisher V.A. Parthasarathy, Director, Indian Institute of Spices Research. 4 p.
- Arrijani (2005) Biologi dan Konservasi Marga Myristica di Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. [Online] 6 (2), 147-151. Available from: doi:10.13057/biodiv/d060216.
- Bermawie, N., Wawan, L., Nur Laela, W.M. & Susi, P. (2015) *Keragaan Hasil dan Pola Panen beberapa Spesies Pala*. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Perbenihan Tanaman Rempah dan Obat*. Bogor, 29 April 2015, 101-108. 249 hlm.
- Bustaman, S. (2007) Prospek dan Strategi Pengembangan Pala di Maluku. *Perspektif*. 6 (2), 68-74.
- Bustaman, S. (2008) Prospek Pengembangan Minyak Pala Banda sebagai Komoditas Ekspor Maluku. *Jurnal Litbang Pertanian*. 27 (3), 93-98.
- Chairul & Sulianti, S.B. (2000) *Minyak Atsiri Pala Wegio (Myristica fatua L) dan Pala (Myristica fragrans L) dengan GC-MS*. In: *Prosiding dalam Seminar Hari Cinta Puspa dan Satwa Nasional*. Bogor, 5 November 2000, hlm. 151-162.
- Dinas Pertanian Propinsi Maluku (2013) *Petani Cengkeh Merugi Rp. 17,07 Milyar/Musim Akibat Hama*. <http://www.rakyatmaluku.com/wawancara/petani-cengkeh-merugi-rp1707-milyarmusim-akibat-hama.2013> [Online] Available from: <http://www.rakyatmaluku.com/wawancara/petani-cengkeh-merugi-rp1707-milyarmusim-akibat-hama> [Accessed: 3 March 2014].
- Direktorat Jenderal Perkebunan (2009) Statistik Perkebunan Tree Crop Estate Statistics 2009-2011. In: *Tanaman Rempah dan Penyegar (Spices and Beverage Crops) Asam Jawa/Tamarind, Cabe Jawa/Herb Chili, Kayu manis/Cassia vera, Gambir/Gambier, Pala/Nutmeg, Panili/Vanilla, Pinang/Areca nut*. Kementerian Pertanian, hlm. 132.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (2012) *Peraturan Menteri Pertanian Tentang Pedoman Penanganan Pascapanen Pala*. 56 hlm.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (2015) *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Pala 2015-2017*. 43 hlm.
- Dishutbun Aceh Selatan (2003) *"Hercules" si Perusak Tanaman Pala dan Cengkeh*. Dinas Kehutanan dan Perkebunan Aceh Selatan. 9 hlm.
- Dodo (2015) *Myristicaceae (Pala-Palaan) Indonesia Terancam Kepunahan*. Dalam: *Prosiding Seminar Teknologi Budidaya Cengkeh, Lada dan Pala*. Bogor, 5-6 November 2015, 219-224. 307 hlm.
- Dorman, H.J.D. & Deans, S.G. (2004) Chemical Composition, Antimicrobial and *In Vitro* Antioxidant Properties of *Monarda citriodora* var. *citriodora*, *Myristica fragrans*, *Origanum vulgare* ssp. *hirtum*, *Pelargonium* sp. and *Thymus zygis* Oils. *Journal of Essential Oil Research*. [Online] 16 (2), 145-150. Available from: doi:10.1080/10412905.2004.9698679.
- Flach, M. (1966) *Nutmeg Cultivation and Its Sex Problems* (Eng. Sum). Mededelingenvande Landbouwhogeschool, Wageningen, 66 (1), 87.
- Groome, J.R. (1970) *A Natural History of the Island of Grenada, West Indies*. Caribbean Printers Limited, Arima. Trinidad, WI. 115 p.
- De Guzman, C.C. & Siemonsma, J.S. (1999) *Plant Resources of South East Asia, No. 13, Spices. Prosea*. 400 p.

- Hadad, E.A. & Hamid, A. (1990) *Mengenal Berbagai Plasma Nutfah Pala di Daerah Maluku Utara*. Balai Penelitian Tanaman Rempah Dan Obat. Bogor. Tidak dipublikasikan. 10 hlm.
- Harni, R. (2011) Pengendalian Terpadu Hama dan Penyakit Utama Pala. *Sinar Tani* 23 (3394). pp. 13-16.
- Hetharie, H., Raharjo, S.H.T., Rahado, K. & Hehanussa, M.L. (2015) *Morphological Diversity Of Nutmeg Mother Trees and Seedlings In Lilibooi Village, Ambon Island*. In: *Proceedings 1st International Seminar Of Basic Science, FMIPA Unpatti - Ambon June, 3rd-4 Th 2015*. pp. 170-176.
- Iris, S., Kaimudin, M., Torry, R.F. & Biantoro, R. (2015) Isolasi Trimiristin Minyak Pala Banda serta Pemanfaatannya sebagai Bahan Aktif Sabun. *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*. 8 (1), 23-31.
- ISO 3215 (2002) *International Standard Oil Of Nutmeg*. 8 p.
- Kalay, A.M., Lamerlabel, J. & Thenu, F.T. (2015) Kerusakan Tanaman Pala Akibat Penyakit Busuk Buah Kering Dan Hama Penggerek Batang Di Kecamatan Leihitu Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Agroekotek*. 7 (2), 138-146.
- Kementerian Pertanian (2012) Peraturan Menteri Pertanian Nomor 53/Permentan/OT.140/9/2012). Penanganan Pasca Panen Pala. 20 hlm.
- Kementerian Pertanian (2015) *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 50 Tahun 2015*. 15 hlm.
- Krishnamoorthy, B., Zachariah, J.T., Ravindran, P.N. & Gopalam, A. (1992) Identification of Sex of Nutmeg Seedlings Based on Morphological and Chemical Characters. *Journal of Plantation Crops*. 20, 194-199.
- Krishnamoorthy, B. (2011). Nutmeg and mace, In: Peter, K.V. (eds) *Herbs and Spices*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Cambridge England. pp.238-248.
- Ma'mun (2013) Karakteristik Minyak Dan Isolasi Trimiristin Biji Pala Papua (*Myristica Argentea*). *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 19 (2), 72-77.
- Mamonto, R.D.L., Dien, M.F. & Rimbing, J. (2018) Populasi dan Serangan Larva Batocera hercules Boisdv (Coleoptera: Cerambycidae) pada Tanaman Pala di Kecamatan Kauditan Kabupaten Minahasa Utara. *Cocos*. 1 (1), 1-13.
- Marcelle, G.B. (1995) *Production, Handling and Processing of Nutmeg and Mace and Their Culinary uses*. Santiago, Chile. 95 p.
- Marzuki, I., Uluputty, M.R., Aziz, S.A. & Surahman, M. (2008) Karakterisasi Morfoekotipe dan Proksimat Pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt.). *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 36 (2), 146-152.
- Mathew, P.A., Krishnamoorthy, B., Rema, J., Zachariah, T.J. & Sasikumar, B. (2016) ISR Keralashree - A High Yielding and High Quality Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.). *Journal of Spices and Aromatic Crops*. 25 (1), 56-59.
- Maya, K.M., John Zachariah, T. & Krishnamoorthy, B. (2004) Chemical Composition of Essential Oil of Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt) Accessions. *J. Spices Aromatic Crops*. 13 (2), 135-139.
- Mimbar, A.S. & Didah, N.F. (2016) Physical Characterization and Essential Oil Properties of West Sumatra Mace and Nutmeg Seed (*Myristica Fragrans* Houtt) at Different Ages at Harvest. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 5 (6), 371-376.
- Mudlofar, D. (2012) *Analisis Komposisi Minyak Atsiri Fuli dan Biji Pala Papua (Myristica argentea Warb) Dengan GC-MS*. Skripsi S1, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor. 110 hlm.
- Muttaqin, H.M. (2010) *Inventarisasi Hama Dominan Pada Tanaman Pala (Myristica Fragrans Houtt) Di Kecamatan Meukek Kabupaten Aceh Selatan*. <http://aqinhpt.blogspot.com/2010/10/inventarisasi-hama-dominan-pada-tanaman.html>. 2010
- Nurdjannah, N. (2007) *Teknologi Pengolahan Pala*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian. Badan Benelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. 65 hlm.
- Patty, J. (2013) Kerusakan Tanaman Pala Akibat Hama dan Penyakit Di Karloming, Kesui, Kabupaten Seram Bagian Timur. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 9 (1), 47-51.
- Piras, A., Rosa, A., Marongiu, B., Atzeri, A., Dessi, M.A., Falconieri, D. & Porcedda, S. (2012) Extraction and Separation of Volatile

- and Fixed Oils from Seeds of *Myristica fragrans* by Supercritical CO₂: Chemical Composition and Cytotoxic Activity on Caco-2 Cancer Cells. *Journal of food science*. 77 (4), 448-453.
- Purseglove, J., E.G., B., S.L., G. & S.R.J., R. (1981) Spices. In: *Nutmeg and Mace*. Vol I. Longman Inc. New York., 439 p. (174-228).
- Randriani, E., Supriadi., H., Wahyudi, A. & E.A., M.H. (2010) Perbenihan Pala Populasi Ternate 1, Tidore 1 dan Tobelo 1. *Sirkuler Teknologi Tanaman Rempah dan Industri*. 30 hlm.
- Robert, S.D., R., J.E.X., R. & Yefta, P. (2015) Keragaman Buah Pala (*Myristica fragrans* Houtt) di Kabupaten Kepulauan Sangihe dan Kabupaten Sitaro. *Eegenia*. 21 (3), 1-9.
- Rosyali, D.R. (2016) *Identifikasi Sifat Fisik, Mekanik dan Morfologi Buah Pala (Myristica fragrans Houtt.) dari Desa Batu Keramat Kecamatan Kota Agung Kabupaten Tanggamus selama Penyimpanan*. Skripsi S1, Universitas Lampung. 56 hlm.
- Ruhnayat, A. & Martini, E. (2015) *Pedoman Budidaya Pala pada Kebun Campur Bogor, Indonesia*. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program. 86 hlm.
- Sasikumar, B., Krishnamoorthy, B., Saji, D.V., Johnson, K.G., Peter, K.V. & Ravindran, P.N. (1999) Spice Diversity and Conservation of Plants that Yield Major Spices in India. *Plant Genetic Resources*. 118, 19-26.
- Sharma, M. V & Armstrong, J.E. (2013) Pollination of *Myristica* and other Nutmegs in Natural Populations. *Tropical Conservation Science*. 6 (5), 595-607.
- Simpson, G.I.C. & Jackson, Y.A. (2002) Comparison of the Chemical Composition of East Indian, Jamaican and Other West Indian Essential Oils of *Myristica fragrans* Houtt. *Journal of Essential Oil Research*. [Online] 14 (1), 6-9. Available from: doi:10.1080/10412905.2002.9699743.
- Soenarsih, S.D.A.S., Sudarsono, Djoefrie, H.M.H.B. & E.K., Y W. (2012) Keragaman Spesies Pala (*Myristica* spp.) Maluku Utara berdasarkan Penanda Morfologi dan Agronomi. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 18 (1), 1-9.
- Subarnas, A., Apriyantono, A. & Mustarichie, R. (2010) Identification of Compounds in the Essential Oil of Nutmeg Seeds (*Myristica fragrans* Houtt.) that Inhibit Locomotor Activity in Mice. *International Journal of Molecular Sciences*. [Online] 11 (11), 4771-4781. Available from: doi:10.3390/ijms11114771.
- Wahyuni, S., Hadad, E. & Bermawie, N. (2016) *Wahyuni, S., Hadad, E. & Bermawie, N. (2016) Usulan Pelepasan Pala Fak-fak*. Dinas Perkebunan Kabupaten Fak-Fak. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. 61 hlm.
- Weiss, E.A. (2002) *Spices Crops*. CABI Publishing. New York. 411 p.

POTENSI BAKTERI ENDOFIT YANG DIISOLASI DARI TANAMAN JAHE MERAH UNTUK MEMACU PERTUMBUHAN BENIH LADA

The Potency of Endophytic Bacteria Isolated From Red Ginger to Enhance Black Pepper Seedlings Growth

Andriana Kartikawati dan Gusmaini

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jalan Tentara Pelajar No 3 Bogor 16111

INFO ARTIKEL

Article history:

Diterima: 09 Januari 2018

Direvisi: 12 Maret 2018

Disetujui: 26 April 2018

Kata kunci:

Piper nigrum; *Zingiber officinale* var *rubrum*; bakteri endofit

Key words:

Piper nigrum; *Zingiber officinale* var *rubrum*; endophytic bacteria

ABSTRAK/ABSTRACT

Bakteri endofit memiliki banyak manfaat diantaranya sebagai pelarut fosfat, memfiksasi nitrogen, memproduksi fitohormon yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan penyerapan mineral dan meningkatkan ketahanan tumbuhan terhadap serangan penyakit. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan isolat unggul bakteri endofit berasal dari tanaman jahe, yang berpotensi dalam memacu pertumbuhan benih lada. Tahap pertama yang dilakukan adalah isolasi bakteri endofit dari tanaman jahe merah dari bagian akar, rimpang dan daun. Selanjutnya, karakterisasi dan seleksi isolat dengan cara pengujian pelarutan fosfat, fiksasi nitrogen, dan pengukuran kandungan hormon *indole acetic acid* (IAA). Hasil isolasi diperoleh 36 isolat murni yang terdiri dari 14 isolat yang berasal dari daun, 9 isolat berasal dari akar dan 13 isolat berasal dari rimpang. Dari hasil karakterisasi diperoleh 17 isolat yang berpotensi dalam melarutkan P, memfiksasi N, menghasilkan hormon IAA atau kombinasi dari ketiga karakter tersebut, tetapi hanya 9 isolat yang diuji ke tanaman. Kesembilan isolat tersebut yaitu Ajc 1, Ajc 3, Ajc 7, Ajc 9, Rjc 1, Rjc 6, Djc 3, Djc 6, dan Djc 11. Hasil pengujian lebih lanjut pada benih lada menunjukkan isolat Rjc1 dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi benih lada lebih baik dibanding isolat bakteri endofit lainnya.

Endophytic bacteria have many benefits such as phosphate solubilization, nitrogen fixation, increasing mineral absorption as well as enhancing plant resistance against diseases. The research aimed to obtain endophytic bacteria potential to stimulate the growth of black pepper seedling. The first step was isolating endophytic bacteria from roots, rhizomes, and leaves of healthy red ginger. Characterization and selection were conducted by evaluating the capability on phosphate solubilization, nitrogen fixation, and indole acetic acid (IAA) hormone production of the isolated endophytic bacteria. There were 36 isolates consisted of 14 isolates from leaves, 9 isolates from roots and 13 isolates from rhizomes. Seventeen isolates were capable to dissolve phosphate, fix nitrogen and produce IAA or possessing those three characters, but only nine isolates were tested on pepper seedlings. The nine isolates were Ajc 1, Ajc 3, Ajc 7, Ajc 9, Rjc 1, Rjc 6, Djc 3, Djc 6, and Djc 11. Further evaluation of the nine isolates which were inoculated to pepper seedlings, indicated that Rjc1 isolate enhanced pepper seedlings height better than other isolates.

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki keanekaragaman mikroba yang sangat tinggi dan banyak yang berpotensi sebagai pupuk hayati, salah satunya adalah kelompok bakteri endofit. Bakteri endofit hidup dalam

jaringan tanaman dan bersinergi dengan tanaman inangnya tanpa menyebabkan efek negatif pada tanaman inangnya (Petrini 1991). Bakteri endofit awalnya berasal dari lingkungan eksternal dan masuk ke dalam tanaman melalui stomata, lentisel, luka (seperti adanya trichomes yang rusak),

* Alamat Korespondensi : andrianakartikawati11@gmail.com

melalui akar lateral dan akar yang berkecambah (Kaga *et al.* 2009). Bakteri endofit dapat diisolasi dari benih, akar, batang, daun dan biji yang telah disteril (Nassar *et al.* 2005). Beberapa bakteri endofit mampu menghasilkan senyawa khusus seperti metabolit sekunder, untuk melindungi tanaman inangnya dari serangan cendawan dan hama (Taechowisan *et al.* 2005).

Peran bakteri endofit diantaranya adalah melarutkan senyawa fosfat, memfiksasi nitrogen, merangsang pertumbuhan akar lateral (Thakuria *et al.* 2004), mensintesis fitohormon seperti *Indole-3-acetic acid* (IAA). Beberapa spesies bakteri dari genus *Aerobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Klebsiella* memiliki potensi dalam memfiksasi nitrogen dan menghasilkan hormon IAA. Studi molekuler terbaru tentang bakteri endofit memperlihatkan keanekaragaman yang sangat besar dari spesies ini. Bakteri ini dapat mengeluarkan senyawa protein untuk mempermudah dalam proses kolonisasi (Rosenblueth dan Martínez-Romero 2006).

Perbanyakan tanaman lada umumnya dilakukan secara vegetatif menggunakan setek sehingga rentan terinfeksi oleh *P. capsici* (Wahyuno *et al.* 2017). Aravind *et al.* (2009a) melaporkan bahwa aplikasi bakteri endofit *Arthrobacter* spp., *Bacillus megaterium*, *B. cereus*, *Enterobacter* sp., *Pseudomonas putida*, *P. aeruginosa*, *Micrococcus* spp., dan *Serratia* spp. mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit busuk pangkal batang lada dan penyakit akar. Bakteri endofit tersebut juga dapat mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh nematoda (Aravind *et al.* 2009). Bakteri endofit yang diisolasi dari akar tanaman lada mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* (Edward *et al.* 2013).

Isolasi bakteri endofit dapat dilakukan dari tanaman lain, diantaranya dari jahe merah (*Zingiber officinale* var *rubrum*). Salah satu karakter morfologi jahe merah yaitu relatif toleran terhadap penyakit layu bakteri, sifat perakarannya kokoh, cenderung lebih banyak dan besar dibandingkan dengan dua tipe jahe lainnya (Rostiana *et al.* 1991). Hal tersebut diduga juga akibat peran bakteri endofit yang mengkolonisasi jahe merah dan mengekskresikan senyawa metabolit sehingga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit.

Tanaman lada memerlukan asupan nutrisi yang relatif tinggi dan lahan yang subur agar dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal (Gusmaini dan Kartikawati 2015). Aplikasi bakteri endofit pada benih lada diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, sehingga kebutuhan nutrisi yang tinggi tetap terpenuhi. Selain itu, melalui isolasi bakteri endofit dari tanaman jahe merah diharapkan diperoleh isolat yang mempunyai sifat ketahanan terhadap penyakit, sehingga benih lada yang diinokulasi dengan isolat bakteri endofit tersebut juga tahan terhadap penyakit. Sampai saat ini telah dikoleksi beberapa isolat bakteri endofit yang diperoleh dari tanaman jahe merah.

War Nongkhla dan Joshi (2014) melaporkan telah memperoleh 70 isolat bakteri endofit dari kelompok *Bacillus* sp., *Serratia* sp., *Pseudomonas* sp., *Pantoea* sp., dan *Lysinibacillus* sp., hasil isolasi dari beberapa jenis tanaman obat yang berasal dari hutan subtropis di Meghalaya, India. Isolat bakteri tersebut mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan menekan aktivitas patogen pada tanaman yang diuji. Hidayati *et al.* (2014) juga melaporkan beberapa bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman karet dapat meningkatkan pertumbuhan bibit karet diduga karena menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin, giberelin, sitokinin dan asam absisat. Pemberian bakteri endofit pada pertanaman lada, diharapkan dapat mengefisienkan penggunaan pupuk baik di pembibitan maupun di lapangan dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen terutama busuk pangkal batang pada tanaman lada. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan isolat bakteri endofit asal jahe yang mampu memacu pertumbuhan benih lada.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi dan rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat Bogor, sejak Mei 2015 sampai Juni 2016. Bahan tanaman yang digunakan adalah tanaman jahe merah (sebagai sumber isolat), dari Kebun Percobaan Cicurug, Sukabumi, Jawa Barat. Bagian tanaman yang digunakan yaitu akar, rimpang dan daun tanaman jahe yang sehat.

Isolasi bakteri endofit

Bakteri endofit diisolasi menggunakan metode yang dilakukan Hallmann *et al.* (1997) yang dimodifikasi. Akar, rimpang dan daun tanaman jahe merah yang sehat dicuci dengan air mengalir sampai bersih, dikeringkan dengan kertas tisu, dan ditimbang sebanyak 1 g. Permukaan sampel tanaman disterilisasi dengan cara dibilas dengan air steril sebanyak 2 kali, kemudian berturut-turut direndam dalam alkohol 70 % selama 30 detik dan dalam larutan NaOCl 3 % selama 2 menit untuk daun; 3 menit untuk kulit rimpang dan akar. Selanjutnya dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali. Bagian daun, rimpang dan akar dihancurkan sampai halus dengan mortar steril, kemudian ditambahkan 9 ml air steril. Ekstrak sampel 1 ml dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml air akuades, dikocok dengan vortex sehingga diperoleh tingkat pengenceran 10^{-2} sampai 10^{-5} . Dari setiap pengenceran diambil 1 ml suspensi dan ditumbuhkan pada media *Tryptic Soya Agar* (TSA). Setelah diinkubasi selama 2 hari pada suhu ruang, koloni bakteri yang tumbuh dipilih dan dimurnikan pada medium TSA. Isolat murni yang diperoleh disimpan di Laboratorium Mikrobiologi Kelti Ekofisiologi Balitro pada suhu -4°C untuk koloni kerja dan koloni biakan.

Karakterisasi, seleksi dan pengujian isolat

Karakterisasi isolat dilakukan dengan cara mengamati karakter morfologi koloni bakteri meliputi bentuk koloni, bentuk elevasi, tepi, struktur dalam koloni dan warna. Penamaan istilah karakter morfologi mengacu pada Holt *et al.* (1994).

Seleksi isolat dilakukan melalui pengujian kemampuan pelarutan P yaitu dengan cara menginokulasikan setiap isolat pada permukaan medium agar *Pikovskaya* pada cawan petri, dengan sumber fosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu 30°C dan diamati setiap hari selama 9 hari. Kemampuan melarutkan P ditandai dengan adanya zona jernih di sekitar koloni. Analisis kemampuan pelarutan P dilakukan dengan menghitung Indeks Kelarutan P. Pengukuran Indeks Kelarutan P dilakukan dengan cara

mengukur diameter zona bening yang terbentuk di sekitar koloni dibagi dengan ukuran diameter koloni. Luas zona bening tersebut secara kuantitatif menunjukkan potensi isolat dalam melarutkan P tidak tersedia (Premono *et al.* 1996).

Pengujian kemampuan memfiksasi nitrogen dilakukan dengan cara menginokulasi masing-masing isolat bakteri dalam cawan petri yang berisi medium *Nitrogen free Broth* (NfB) dan diinkubasi pada suhu 28°C selama 7 hari. Pertumbuhan bakteri diamati sebagai bukti kualitatif fiksasi nitrogen dari atmosfer yang ditandai dengan perubahan warna biru pada medium (Gusmaini *et al.* 2013).

Pengujian produksi fitohormon (IAA) dilakukan dengan cara menginkubasi 100 ml isolat yang ditumbuhkan dalam media cair *Tryptic Soy Broth* (TSB, Himedia) pada mesin pengocok (*reciprocal shaker*, IKA KS 260, Germany) dengan kecepatan 200 rpm selama 48 jam. Isolat kemudian dipisahkan antara supernatan dan pelet menggunakan *centrifuge* (Hettick Zentrifugen Rotanta 460R, Germany) dengan kecepatan 4.000 rpm selama 15 menit. Supernatan yang terpisah diambil sebanyak 1 ml kemudian ditambahkan 4 ml reagen *Salkowski* dan diinkubasi selama 15 menit. Kandungan fitohormon IAA diukur dengan spektrofotometri mengikuti metode *Salkowski* (Patten dan Glick 2002). Konsentrasi IAA yang dihasilkan dibandingkan dengan larutan standar IAA (Sigma Aldrich).

Isolat terpilih yang memiliki keunggulan dalam pelarutan P, fiksasi N dan produksi hormon IAA diinokulasikan pada benih lada. Aplikasi bakteri endofit dilakukan melalui penyiraman ke tanah, penyemprotan suspensi, perendaman akar (Hallmann, 2001), dan perendaman setek (Harni *et al.*, 2009). Lada varietas Natar 1 umur 1 bulan digunakan pada penelitian ini. Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, diulang tiga kali. Benih lada direndam dalam suspensi bakteri endofit dengan kepadatan populasi 10^{-10} - 10^{-12} cfu.ml⁻¹ selama 30 menit (Munif *et al.* 2012). Benih lada yang telah diberi perlakuan kemudian ditanam dalam polibag dan dilakukan penyiraman dengan 50 ml suspensi bakteri endofit dengan kepadatan yang sama. Selanjutnya dilakukan pengamatan terhadap

parameter pertumbuhan sampai tanaman berumur 2 bulan, dengan cara mengamati jumlah daun, tinggi tanaman dan jumlah ruas yang diamati setiap bulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi bakteri endofit

Berdasarkan hasil isolasi diperoleh 36 isolat terdiri atas 14 isolat berasal dari daun, 9 isolat dari akar dan 13 isolat dari rimpang jahe. Spesies bakteri endofit yang berasosiasi dengan tanaman bergantung pada genotip tanaman, umur tanaman, jaringan yang diambil, musim ketika bagian tanaman dieksplorasi, dan tingkat kesubur-

an tanah. Populasi bakteri endofit dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti, sifat tanah, bahan organik dalam tanah, teknik budidaya, pemupukan, dan aplikasi pestisida. Sebelum dilakukan isolasi pH tanah asal pengambilan sampel diukur (sebesar 5,37).

Karakter morfologi koloni bakteri endofit

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap bentuk koloni, bentuk elevasi, tepi, struktur dalam, dan warna diperoleh beragam isolat bakteri endofit dengan karakter masing-masing (Tabel 1). Bakteri endofit hasil isolasi yang diperoleh memiliki keragaman yang cukup tinggi dengan karakter morfologi berbeda setiap jenisnya.

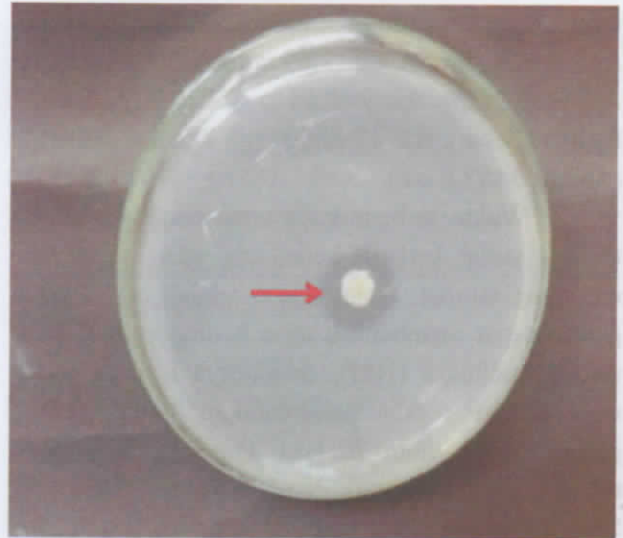
Tabel 1. Karakteristik morfologi koloni isolat bakteri endofit asal jahe merah.
Table 1. Morphological characteristics of endophytic bacteria colony isolated from red ginger.

No	Kode isolat	Bentuk koloni	Bentuk elevasi	Tepi	Struktur dalam	Warna
1	Ajc 1	Bergelombang	Cembung	Bersilia	Bergranula kasar	Coklat Muda
2	Ajc 2	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi rata	Bergranular halus	Putih
3	Ajc 3	Bulat bertepi	Cembung	Tepian bergelombang	Bergranular halus	Putih Keruh
4	Ajc 4	Bergelombang	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Krem
5	Ajc 5	Tidak beraturan, bertepi	Cembung	Tepi berlekuk	Bergranular halus	Putih Bening
6	Ajc 6	Bulat bertepi	Datar	Tepi rata	Bergranular halus	Kuning
7	Ajc 7	Bulat bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Putih
8	Ajc 8	Tidak beraturan	Cembung	Tepi berlekuk	Bergranular halus	Putih Kekuningan
9	Ajc 9	Tidak beraturan, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Putih
10	Rjc 1	Tidak beraturan, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Krem
11	Rjc 2	Tidak beraturan, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Putih Susu
12	Rjc 3	Bergelombang	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranula kasar	Coklat
13	Rjc 4	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi rata	Bergranula kasar	Coklat
14	Rjc 5	Bulat, bertepi	Cembung	Bersilia	Bergranula kasar	Putih Keruh
15	Rjc 6	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Putih
16	Rjc 7	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi rata	Tidak tembus cahaya	Putih Keruh
17	Rjc 8	Tidak beraturan, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Krem
18	Rjc 9	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi rata	Bergranula kasar	Kuning Keruh
19	Rjc 10	Tidak beraturan, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Putih Bening
20	Rjc 11	Tidak beraturan, bertepi	Cembung	Tepi rata	Bergranular halus	Putih Bening
21	Rjc 12	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi rata	Bergranula kasar	Krem
22	Rjc 13	Bergelombang	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Krem
23	Djc 1	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Putih Bening
24	Djc 2	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Pink
25	Djc 3	Tidak beraturan, bertepi	Datar	Tepi bergelombang	Bergranula kasar	Putih Susu
26	Djc 4	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Pink Muda
27	Djc 5	Tidak beraturan, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Pink
28	Djc 6	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Putih
29	Djc 7	Bergelombang	Cembung	Tepi bergelombang	Tembus cahaya sebagian	Kuning Kecoklatan
30	Djc 8	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi berlekuk	Bergranular halus	Putih
31	Djc 9	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Krem
32	Djc 10	Tidak beraturan, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Tembus cahaya sebagian	Kuning
33	Djc 11	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Kuning
34	Djc 12	Bulat, bertepi	Cembung	Tepin bergelombang	Bergranular halus	Pink
35	Djc 13	Bulat, bertepi	Cembung	Tepi bergelombang	Bergranular halus	Pink
36	Djc 14	Miselia	Cembung	Bergerigi	Bergranular halus	Putih Bening

Bakteri endofit pelarut fosfat

Kemampuan pelarutan fosfat 36 isolat bakteri endofit yang dapat melarutkan Ca_3PO_4 , ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri (Gambar 1). Dari 36 isolat bakteri endofit yang diuji, diperoleh 28 isolat yang mampu menghasilkan zona bening, terdiri dari 9 isolat dari akar, 11 dari rimpang, dan 8 dari daun.

Setiap koloni mempunyai waktu yang berbeda-beda dalam melarutkan P. Selain itu secara umum pola perkembangan terbentuknya zona bening semakin hari semakin meningkat. Bakteri endofit yang diinokulasikan berkembang terlebih dahulu pada media baru kemudian membentuk zona bening sehingga kemampuannya untuk melarutkan fosfat semakin besar. Ada 10 isolat yang mempunyai indeks kelarutan P yang

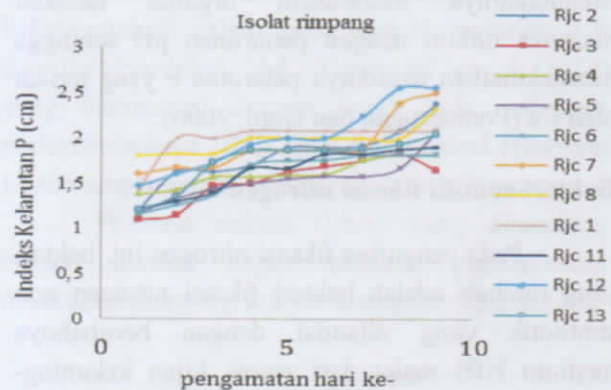


Gambar 1. Pelarutan fosfat oleh bakteri endofit dengan adanya zona bening (tanda panah).

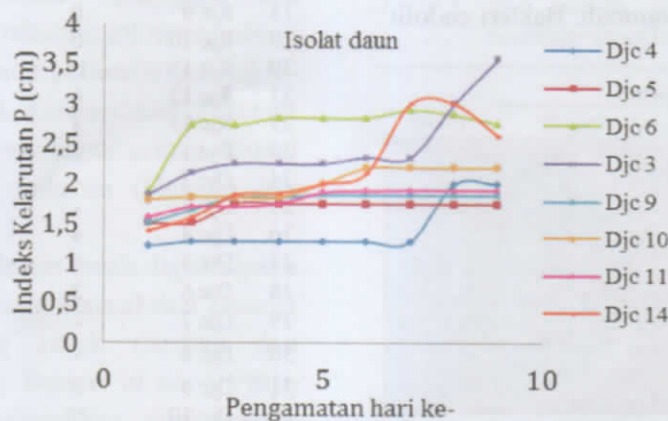
Figure 1. Phosphate solubilization by endophytic bacteria indicated by clear zone (arrowed).



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Perkembangan Indeks Pelarutan P dari tiap koloni bakteri yang berpotensi sebagai pelarut fosfat.

Figure 2. The development of Phosphate Dissolving Index on bacteria colony potential as phosphate solubilizer.

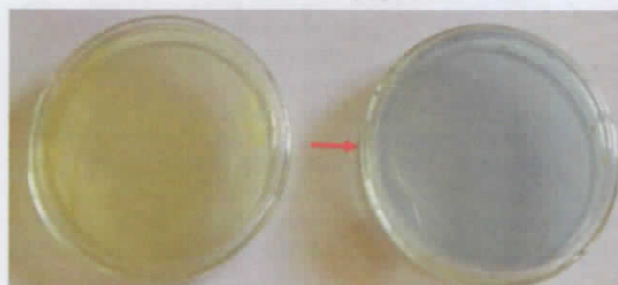
lebih tinggi dibandingkan dengan isolat lain yaitu Ajc 3 (2,36 cm), Ajc 6 (2,69 cm), Ajc 7 (4,63 cm), Ajc 8 (2,5 cm), Ajc 9 (2,64 cm), Rjc 2 (2,38 cm), Rjc 7 (2,5 cm), Rjc 12 (2,56 cm), Djc 6 (2,75 cm), dan Djc 14 (2,6 cm).

Waktu terbentuknya zona bening masing-masing isolat berbeda-beda, ada yang cepat dan ada yang lambat. Isolat Ajc 6 adalah isolat yang paling cepat membentuk zona bening yaitu 1 hari setelah inokulasi (HSI), sebaliknya isolat Djc 10 memberikan reaksi pembentukan zona bening paling lambat yaitu 20 HSI. Umumnya pembentukan zona bening terjadi pada 5 HSI (Tabel 2). Semakin cepat terbentuknya zona bening maka akan semakin cepat pula bakteri tersebut bekerja dalam melarutkan P.

Bakteri yang mempunyai kemampuan melarutkan P dapat memproduksi asam-asam organik, seperti asam asetat, asam format, asam laktat, asam oksalat, asam malat, dan asam sitrat. Meningkatnya asam-asam organik tersebut biasanya diikuti dengan penurunan pH sehingga mengakibatkan terjadinya pelarutan P yang terikat oleh Ca (Ponmurugan dan Gopi, 2006).

Bakteri endofit fiksasi nitrogen

Pada pengujian fiksasi nitrogen ini, bakteri yang tumbuh adalah bakteri fiksasi nitrogen non simbiotik yang ditandai dengan berubahnya medium NfB malat dari warna hijau kekuning-kuningan menjadi biru (Gambar 3). Bakteri ini tumbuh dalam lingkungan nitrogen bebas dan tidak membutuhkan inang untuk tumbuh. Bakteri endofit



Gambar 3. Perubahan warna medium menandai fiksasi Nitrogen oleh bakteri.

Figure 3. The changing color of the medium as a mark of Nitrogen fixation process by bacteria.

Sumber/Source : (Gusmaini dan Kartikawati 2015).

yang berpotensi sebagai pengikat N dari tanaman jahe berjumlah 21 isolat (Tabel 2).

Fiksasi nitrogen secara biologis oleh sejumlah spesies bakteri endofit memiliki keunggulan dibandingkan bakteri rhizosfer. Hal ini disebabkan oleh keberadaan N di dalam jaringan interseluler tanaman yang tidak mudah hilang, sementara hara N yang berada bebas di alam sangat bersifat labil, mudah tercuci air hujan dan

Tabel 2. Kemampuan isolat bakteri endofit dalam pelarutan P, fiksasi N, dan produksi hormon IAA.

Table 2. Endophytic bacteria capability in P solubilization, N fixation, and IAA production

No	Kode Isolat	Kelarutan P-Waktu terbentuk zona bening (hari)	Kemampuan fiksasi nitrogen	Konsentrasi Indole Acetic Acid (ppm)
1	Ajc 1	6	+	5,33
2	Ajc 2	7	+	2,56
3	Ajc 3	7	+	6,56
4	Ajc 4	6	+	2,78
2	Ajc 5	7	+	5,50
3	Ajc 6	1	-	5,56
7	Ajc 7	1	+	2,67
8	Ajc 8	6	+	4,72
9	Ajc 9	6	+	5,83
10	Rjc 1	3	-	6,61
11	Rjc 2	3	-	2,94
12	Rjc 3	5	-	7,22
13	Rjc 4	6	-	2,33
14	Rjc 5	3	+	5,11
15	Rjc 6	7	+	4,67
16	Rjc 7	6	+	2,61
17	Rjc 8	8	+	2,56
18	Rjc 9	0	-	2,11
19	Rjc 10	0	+	6,83
20	Rjc 11	14	-	4,50
21	Rjc 12	6	+	2,06
22	Rjc 13	3	-	5,06
23	Djc 1	-	-	3,56
24	Djc 2	-	+	4,56
25	Djc 3	-	+	13,06
26	Djc 4	4	+	7,89
27	Djc 5	6	-	3,50
28	Djc 6	3	-	9,11
29	Djc 7	-	+	7,22
30	Djc 8	-	+	5,11
31	Djc 9	9	-	3,72
32	Djc 10	20	+	9,39
33	Djc 11	3	+	5,06
34	Djc 12	-	-	6,33
35	Djc 13	-	-	4,44
36	Djc 14	3	-	3,39

Keterangan : (+) mampu memfiksasi nitrogen, (-) tidak mampu memfiksasi nitrogen.

Note (+) capable to fix N, (-) incapable to fix N.

erosi dan mudah menguap ke udara (Susilowati *et al.* 2007). Menurut Prakamhang (2007), endofit diazotrofik, yang merupakan bakteri penambat N₂, yang tinggal pada bagian dalam tanaman, dapat menghindari persaingan dengan bakteri rhizosfer dan mendapatkan nutrisi secara langsung dari tanaman inang. Fiksasi Nitrogen dari atmosfer akan diubah ke dalam bentuk yang lebih mudah digunakan seperti amoniak. Asosiasi antara bakteri endofit diazotrof dengan tanaman akan menyebabkan akumulasi N pada tanaman (Jha *et al.* 2013), sehingga meningkatkan kemampuan tanaman menyerap unsur hara N.

Bakteri endofit sebagai penghasil fitohormon

Secara umum semua bakteri endofit yang diisolasi mampu menghasilkan fitohormon auksin namun kadarnya bervariasi (Tabel 2). Hormon IAA tertinggi dihasilkan dari isolat Djc 3 yang berasal dari daun yaitu sebesar 13,056 ppm. IAA disintesis oleh bakteri melalui *Tryptophan-dependent pathways* dengan menggunakan asam amino triptofan sebagai prekursor (Patton dan Glick 2002). Kemampuan bakteri endofit dalam menghasilkan hormon IAA didukung oleh potensi bakteri endofit dalam fiksasi nitrogen, karena amonium yang dihasilkan akan digunakan untuk menyusun hormon IAA (Anggara dan Lisdiana 2014). Triptofan telah diakui sebagai prekursor fisiologis biosintesis IAA baik pada tanaman maupun pada bakteri (Nassar *et al.* 2005) dan juga merupakan prekursor fisiologis yang efisien dalam proses biosintesis auksin (Arshad dan Frankenberger Jr 1991). Prekursor ini mengandung senyawa aktif yang memacu pertumbuhan mikro-biota rhizosfer dan endofit. Ketersediaan prekursor yang cocok adalah salah satu faktor primer sekresi metabolit sekunder oleh mikroba (Hussain dan Shakoor 1995).

Biosintesis IAA dalam tanah dapat dipacu dengan adanya triptofan yang berasal dari eksudat akar atau sel-sel yang rusak (Arshad dan Frankenberger Jr. (1991); Benizri *et al.* (1998)). Hasil penelitian ini menunjukkan tidak semua bakteri endofit mempunyai kemampuan dalam memfiksasi N, melarutkan P dan menghasilkan IAA sekaligus, hanya ada 17 isolat yang memiliki ketiga sifat tersebut yaitu Ajc 1, Ajc 2, Ajc 3, Ajc 4, Ajc 5, Ajc 7, Ajc 8, Ajc 9, Rjc 5, Rjc 6, Rjc 7,

Rjc 8, Rjc 12, Djc 3, Djc 4, Djc 10, dan Djc 11. Jumlah isolat bakteri endofit yang diperoleh dari bagian daun lebih banyak dibandingkan dari rimpang. Hal ini disebabkan sumber nutrisi yang terdapat pada bagian daun lebih mendukung keberadaan bakteri endofit.

Kemampuan bakteri endofit dalam memacu pertumbuhan benih lada

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemberian isolat bakteri endofit berpengaruh terhadap pertumbuhan benih lada. Pertambahan tinggi tanaman nyata dibandingkan benih lada tanpa isolat bakteri (kontrol) (Tabel 3). Isolat Rjc 1 memberikan pengaruh positif pada pertumbuhan benih lada dibanding kontrol. Penambahan isolat bakteri juga memberikan pengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun, namun tidak memberikan pengaruh pada jumlah ruas. Adanya pengaruh nyata aplikasi bakteri endofit terhadap pertumbuhan tanaman menunjukkan kemampuan bakteri endofit dalam menambat N, melarutkan P dan memproduksi IAA (Gusmaini *et al.* 2013) yang berasosiasi dengan benih lada, sehingga pertumbuhannya lebih baik dari kontrol. Hormon IAA mempengaruhi pertambahan tinggi tanaman.

Hormon auksin (IAA) yang dihasilkan bakteri endofit dapat memacu pertumbuhan tanaman disamping auksin endogen yang dimiliki

Tabel 3. Pertumbuhan benih tanaman lada umur 2 bulan yang telah diintroduksi bakteri endofit.

Table 3. The growth of two months old pepper seedlings inoculated with endophytic bacteria.

Isolat	Parameter pertumbuhan		
	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun	Jumlah ruas
Kontrol	8,90 ^{bc}	2,23 ^{bc}	1,75 ^a
Ajc 1	9,64 ^{bc}	6,94 ^a	2,63 ^a
Ajc 3	5,33 ^c	1,43 ^c	1,30 ^a
Ajc 7	7,93 ^{bc}	2,23 ^{bc}	1,30 ^a
Ajc 9	7,45 ^{bc}	2,00 ^{bc}	2,00 ^a
Rjc 1	12,60 ^a	3,00 ^b	2,00 ^a
Rjc 6	8,23 ^{bc}	2,17 ^{bc}	2,23 ^a
Djc 3	9,10 ^{bc}	1,71 ^{bc}	2,17 ^a
Djc 6	7,50 ^{bc}	1,59 ^c	1,50 ^a
Djc 11	8,80 ^{bc}	2,00 ^{bc}	1,50 ^a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf DMRT 5%.

Note : Numbers followed by the same letters in the same column were not significantly different at DMRT 5%.

tanaman (Spaepen *et al.* 2007). Auksin yang dihasilkan oleh bakteri endofit dapat meningkatkan jumlah rambut akar dan akar lateral tanaman (Mattos *et al.* 2008). Auksin merupakan hormon pertumbuhan yang diperlukan tanaman dalam konsentrasi tertentu yang berperan dalam pembelahan sel di daerah meristematik ujung akar dan ujung batang. Pada setiap fase pertumbuhan dibutuhkan kadar hormon dengan konsentrasi yang berbeda. Kadar IAA dengan konsentrasi yang tepat dapat merangsang pembelahan sel (Krishnamoorthy 1981). Semakin tinggi kadar IAA yang digunakan, semakin baik pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman (Sumiasri dan Indarto 2001). Pengaruh hormon IAA meningkatkan komposisi akar sehingga penyerapan hara akan lebih luas dan dapat memaksimalkan pertumbuhan batang. Bakteri tertentu mampu mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui berbagai mekanisme yang berjalan selama siklus hidup tanaman (Long *et al.* 2008).

Bakteri endofit yang diisolasi dari jahe merah mampu menambat N, melarutkan P dan menghasilkan hormon tumbuh yang mampu meningkatkan pertumbuhan benih lada. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak semua bakteri endofit mempunyai kekhususan inang yang tinggi.

KESIMPULAN

Sembilan isolat unggul bakteri endofit yang diperoleh dari rimpang jahe merah, berpotensi sebagai pelarut P, sekaligus pemfiksasi N, dan penghasil hormon IAA. Isolat Rjc 1 merupakan isolat paling potensial dan mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi benih lada nyata lebih baik dari perlakuan lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Enggi Sugiman, M. Zaenudin dan Teguh Santoso yang telah membantu kegiatan penelitian ini. Penelitian ini didanai oleh DIPA ABPN 2015 Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara, B.S. & Lisdiana, L. (2014) Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Hormon Indole Acetic Acid dari Akar Tanaman Ubi Jalar. *LenteraBio*. 3 (3), 160-167.
- Aravind, R., Dinu, A., Eapen, S.J., Kumar, A. & Ramana, K. V (2009a) Isolation and Evaluation of Endophytic Bacteria Against Plant Parasitic Nematodes Infesting Black Pepper (*Piper nigrum* L.). *Indian Journal of Nematology*. 39 (2), Nematological Society of India, 211-217.
- Aravind, R., Kumar, A., Eapen, S.J. & Ramana, K. V. (2009b) Endophytic Bacterial Flora in Root and stem Tissues of Black Pepper (*Piper nigrum* L.) Genotype: Isolation, Identification and Evaluation Against *Phytophthora capsici*. *Letters in Applied Microbiology*. 48 (1), 58-64. doi:10.1111/j.1472-765X.2008.02486.x.
- Arshad, M. & Frankenberger Jr, W.T. (1991) Microbial Production of Plant Hormones. In: *The rhizosphere and plant growth*. Springer, pp. 327-334.
- Benizri, E., Courtade, A., Picard, C. & Guckert, A. (1998) Role of Maize Root Exudates in the Production of Auxins by *Pseudomonas fluorescens* M. 3.1. *Soil Biology and Biochemistry*. 30 (10), Pergamon, 1481-1484.
- Edward, E.J., King, W.S., Teck, S.L.C., Jiwan, M., Aziz, Z.F.A., Kundat, F.R., Ahmed, O.H. & Majid, N.M.A. (2013) Antagonistic Activities of Endophytic Bacteria Against Fusarium Wilt of Black Pepper (*Piper nigrum*). *International Journal of Agriculture & Biology*. 15 (2), 291-296.
- Gusmaini, Aziz, S.A., Munif, A., Sopandie, D. & Bermawie, N. (2013) Isolation and Selection of Endophytic Bacteria Consortia from Medicinal Plant (*Andrographis paniculata*) as Plant Growth Promoting Agents. *Journal of Agronomy*. 12 (3), 113-121.
- Gusmaini & Kartikawati, A. (2015) Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Berasal dari Tanaman Lada Bangka. *Prosiding Seminar Teknologi Cengkeh, Lada dan Pala*. (3), 159-168.
- Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W.F. & Kloepper, J.W. (1997) Bacterial Endophytes in Agricultural Crops. *Canadian Journal of Microbiology*. 43 (10), 895-914. doi:10.1139/m97-131.

- Hidayati, U., Chaniago, I.A., Munif, A. & Santosa, D.A. (2014) Potency of Plant Growth Promoting Endophytic Bacteria from Rubber Plants (*Hevea brasiliensis* Mull. Arg). *Journal of Agronomy* 13(3):147-152.
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath, P.H.A. al, Staley, J.T. & Williams, S.T (1994) *Bergey's Manual of Determinate Bacteriology*. Baltimore, MD (USA) Williams & Wilkins. p 1-918.
- Hussain, A. & Shakoor, A. (1995) Effect of Soil Applied L-Tryptophan on Growth and Chemical Composition of Cotton. *Journal of Plant Nutrition*. 18 (2), 317-329. doi:10.1080/01904169509364904.
- Jha, P.N., Gupta, G., Jha, P. & Mehrotra, R. (2013) Association of Rhizospheric/Endophytic Bacteria with Plants: A Potential Gateway to Sustainable Agriculture. *Greener Journal of Agricultural Sciences*. 3 (2), 73-84.
- Kaga, H., Mano, H., Tanaka, F., Watanabe, A., Kaneko, S. & Morisaki, H. (2009) Rice Seeds as Sources of Endophytic Bacteria. *Microbes and Environments*. 24 (2), 154-162. doi:10.1264/jsme2.ME09113.
- Krishnamoorthy, N. (1981) *Plant Growth Substances*. New Delhi, Tata Mc Grawhill Publishing Company Limited. pp. 1-187.
- Long, H.H., Schmidt, D.D. & Baldwin, I.T. (2008) Native bacterial endophytes promote host growth in a species-specific manner; phytohormone manipulations do not result in common growth responses. *PLoS One*. 3 (7), Public Library of Science, e2702.
- Mattos, K.A., Pádua, V.L.M., Romeiro, A., Hallack, L.F., Neves, B.C., Ulisses, T.M.U., Barros, C.F., Todeschini, A.R., Previato, J.O. & Mendonça-Previato, L. (2008) Endophytic Colonization of Rice (*Oryza sativa* L.) by the Diazotrophic Bacterium *Burkholderia kururiensis* and Its Ability to Enhance Plant Growth. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*. 80 (3), 477-493. doi:10.1590/S0001-37652008000300009.
- Munif, Abdul, Suryo Wiyono, and Suwarno. 2012. "Isolasi Bakteri Endofit Asal Padi Gogo dan Potensinya Sebagai Agens Biokontrol dan Pemacu Pertumbuhan." *Fitopatologi Indonesia* 8 (3), 57-64.
- Nassar, A.H., El-Tarabily, K.A. & Sivasithamparam, K. (2005) Promotion of Plant Growth by an Auxin-Producing Isolate of the Yeast *Williopsis saturnus* Endophytic in Maize (*Zea mays* L.) Roots. *Biology and Fertility of soils*. 42 (2), Springer, 97-108.
- Patten, C.L. & Glick, B.R. (2002) Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic Acid in Development of the Host Plant Root System. *Applied and environmental microbiology*. 68 (8), 3795-801. doi:10.1128/AEM.68.8.3795.
- Petrini, O. (1991) *Fungal Endophytes of Tree Leaves*. In: Andrews J.H., Hirano S.S. (eds) *Microbial Ecology of Leaves*. Brock/Springer Series in Contemporary Bioscience. New York, NY, Springer. pp. 179-197.
- Ponmurugan, P. & Gopi, C. (2006) In Vitro Production of Growth Regulators and Phosphatase Activity by Phosphate Solubilizing Bacteria. *African Journal of Biotechnology*. 5 (4), Academic Journals (Kenya), 348-350.
- Prakamhang, J. (2007) *Microbial Communities and Their nifh Gene Expression in Rice Endophytic Diazotroph Bacteria*. Suranaree University of Technology. Thailand. pp. 1-97.
- Premono, M.E., Moawad, A.M. & Vlek, P.L.G. (1996) Effect of Phosphate-Solubilizing *Pseudomonas putida* on the Growth of Maize and Its Survival in the Rhizosphere. *Indonesian J. Crop Sci*. 11, 11-23.
- Rosenblueth, M. & Martínez-Romero, E. (2006) Bacterial Endophytes and Their Interactions with Hosts. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 19 (8), 827-837. doi:10.1094/MPMI-19-0827.
- Rostiana, O., Abdullah, A. & Taryono, H.E.A. (1991) Jenis-jenis Tanaman Jahe. *Edisi Khusus Littro*. 7, 7-10.
- Spaepen, S., Vanderleyden, J. & Remans, R. (2007) Indole-3-Acetic Acid in Microbial and Microorganism-Plant Signaling. *FEMS Microbiology Reviews*. 31 (4), 425-448. doi:10.1111/j.1574-6976.2007.00072.x.
- Sumiasri, N. & Indarto, N.S. (2001) Tanggap Setek Cabang Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) pada Penggunaan Berbagai Dosis Hormon IAA dan IBA, *J. Nature Indonesia*. 3 (2), 121-128.

- Susilowati, D., Saraswati, R., Hastuti, R & Yuniarti, E. (2007) Peningkatan Serapan N pada Kedelai yang Diinokulasi Bakteri Diazotrof Endofit di Medium Vermiculit. *Jurnal tanah dan Iklim*. 26, 41-46.
- Taechowisan, T., Lu, C., Shen, Y. & Lumyong, S. (2005) Secondary Metabolites from Endophytic *Streptomyces aureofaciens* CMUAc130 and Their Antifungal Activity. *Microbiology*. 151 (5), 1691-1695. doi:10.1099/mic.0.27758-0.
- Thakuria, D., Talukdar, N.C., Goswami, C., Hazarika, S., Boro, R.C. & Khan, M.R. (2004) Characterization and Screening of Bacteria from Rhizosphere of Rice Grown in Acidic Soils of Assam. *Current Science*. JSTOR, 978-985.
- Wahyuno, D., Florina, D. & Manohara, D. (2017) Fungal Endophytes of Pepper For Improving Growth and Suppressing. *Bulittro*. 28 (1), 57-64.
- War Nongkhla, F.M. & Joshi, S.R. (2014) Epiphytic and Endophytic Bacteria that Promote Growth of Ethnomedicinal Plants in the Subtropical Forests of Meghalaya, India. *Revista de Biología Tropical*. 62 (4), 1295. doi:10.15517/rbt.v62i4.12138.

POSISI PENDONOR SERBUK SARI DAN IKLIM YANG BERPENGARUH TERHADAP PRODUKSI BUAH PALA

Pollen Donor Position and Climate Factor Affecting Fruit Production of Nutmeg

Susi Purwiyanti^{1,2)}, Sudarsono¹⁾, Yudiwanti Wahyu EK¹⁾, Oti Rostiana²⁾

¹⁾ Institut Pertanian Bogor

Jalan Meranti, Babakan, Dramaga, Bogor

²⁾ Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor

INFO ARTIKEL

Article history:

Diterima: 08 Juni 2018

Direvisi: 23 Juli 2018

Disetujui: 29 Agustus 2018

Kata kunci:

Myristica fragrans; iklim;
rasio pohon jantan dan
betina; jarak; produksi

Key words:

Myristica fragrans; climate;
male to female tree ratio;
distance, production

ABSTRAK/ABSTRACT

Peningkatan kualitas dan kuantitas buah, biji dan fuli pala dapat dilakukan melalui perbaikan manajemen buah dan produksi biji. Pembentukan buah dipengaruhi oleh iklim, inisiasi pembungaan dan proses penyerbukan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui hubungan antara iklim, posisi dan jarak pendonor serbuk sari terhadap pohon betina dan rasio jumlah pohon betina dan jantan terhadap produksi pala. Percobaan dilakukan di Kebun Plasma Nutfah Cicurug, Sukabumi (550 m dpl). Sampel yang digunakan adalah 295 pohon pala koleksi Balitro berasal dari 27 daerah di Indonesia. Data produksi buah pala dari pohon betina merupakan data rata-rata selama 13 tahun (2005-2017). Pemetaan koordinat setiap pohon dilakukan menggunakan GPS Garmin 76c5x. Penentuan jenis kelamin pohon berdasarkan dominasi bunga jantan atau betina. Korelasi iklim dengan produksi dihitung menggunakan analisis Pearson. Pengaruh jarak, arah dan proporsi pohon betina dan jantan antar perlakuan diuji dengan t-test pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan rasio jumlah tanaman betina dan jantan untuk menghasilkan produksi tinggi adalah 4 : 1. Hubungan iklim dan produksi tergantung pada fase pembentukan buah. Curah hujan (280-430 mm/bulan) berkorelasi positif dengan suhu (24-25°C) saat periode penyerbukan (8-7 bulan sebelum panen) sebesar 57,9% dan 82,3%. Posisi dan jarak pohon jantan terhadap pohon betina tidak berpengaruh terhadap produksi, tetapi jarak antara pohon jantan dan pohon betina diatas 15 m akan menghasilkan produksi rata-rata yang sama dengan 15 m. Jumlah pohon di sekeliling pohon sampel tidak berpengaruh terhadap produksi, tetapi intensitas cahaya yang tinggi yang mampu diserap oleh pohon (61.425-88.480 lux) mampu meningkatkan produksi. Tanaman pala memerlukan sinar matahari yang mampu menembus kanopi untuk meningkatkan produksi buah.

The quality and quantity of nutmeg fruit, seed and mace can be improved through managing fruit and seed production. Fruit development was affected by climate, flower initiation and pollination process. This study aimed to determine the correlation between climate, position, distance of pollen donor to female nutmeg trees, and the ratio of female and male trees to nutmeg yield. The study was conducted at the nutmeg germplasm collection garden at Cicurug (550 m asl), Sukabumi, tested 295 nutmeg trees from 27 locations in Indonesia. Data production of female trees was based on 2005-2017 data. All nutmeg trees were mapped using the GPS Garmin 76c5x. Tree sex was determined by male or female flowers domination in each tree. Correlation of the climate factors and production was analyzed using Pearson Correlation. The distance, position and the proportion of female to male trees were evaluated by t-test at 5% level. Ratio of female and male trees to produce high yield was 4 : 1. Rainfall (280-430 mm/month) and temperature (24 - 25°C) during the pollination period (8-7 months before harvesting) were

* Alamat Korespondensi : s.purwiyanti.81@gmail.com

positively correlated with production by 57.9 % and 82.3 %. The position and distance of pollen donors to female trees had no effect on production. However, the distance between pollen donors and female trees above 15 m produced an average production equal to 15 m. The number of trees around tree samples had no effect on nutmeg production, but light intensity at 61,425-88,480 lux absorbed by trees could enhance the yield. Nutmeg required sunlight to penetrate plant canopy in order to induce fruit production.

PENDAHULUAN

Peningkatan kualitas dan kuantitas biji dan fuli pala merupakan target utama dalam budidaya tanaman pala (Arief *et al.* 2015). Produksi pala dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik. Faktor abiotik yang penting adalah curah hujan, intensitas sinar matahari, dan kelembapan, sedangkan faktor biotik meliputi proses inisiasi pembungaan, penyerbukan dan pembentukan buah (Sedgley dan Griffin 1989). Buah dan biji merupakan hasil proses reproduksi tanaman yang keberhasilannya dipengaruhi oleh proses inisiasi pembungaan, penyerbukan dan pembentukan buah (Sedgley dan Griffin 1989). Oleh karena itu, pemahaman terhadap proses pembentukan buah dan biji pala menjadi salah satu kunci keberhasilan untuk meningkatkan produksi pala (Sedgley dan Griffin 1989; Thangaselvbai *et al.* 2011).

Berdasarkan jenis kelaminnya, tanaman pala (famili Myristicaceae) dapat dibedakan menjadi dua golongan yaitu *dioecious* dan *monoecious*. Jenis *Myristica fragrans* menurut Flach (1966) cenderung bersifat *dioecious* yaitu bunga jantan dan betina berada pada pohon yang berbeda. Flach (1966) juga menyatakan bahwa pohon yang berbunga jantan dapat dibagi menjadi dua yaitu jantan uniseksual (pohon jantan yang tidak berbuah) dan jantan biseksual (pohon jantan yang sedikit berbuah). Proses penyerbukan tanaman *dioecious* hampir selalu terjadi dengan menggunakan serbuk sari dari pohon lain (*outcrossing obligat*). Penyerbukan tipe ini memerlukan vektor yang membantu memindahkan serbuk sari dari bunga jantan ke bunga betina. Menurut Sharma dan Armstrong (2013), secara umum penyerbuk efektif pada ordo Myristica adalah serangga berukuran kecil, tetapi tidak menutup kemungkinan penyerbukannya dibantu juga oleh angin.

Selain vektor, inisiasi pembungaan, penyerbukan dan pembentukan buah pada

umumnya juga dipengaruhi oleh perubahan iklim (Sedgley dan Griffin 1989; Klein *et al.* 2014). Hultine *et al.* (2016) menyatakan pembungaan pada beberapa spesies dipengaruhi oleh kekeringan, defisiensi nutrisi dan iklim (panjang hari, kualitas cahaya dan suhu). Pada tanaman *monoecious* dan *dioecious*, intensitas sinar matahari akan memberikan efek yang berbeda pada inisiasi bunga jantan dan betina. Inisiasi bunga betina tanaman walnut dan pinus terinduksi oleh intensitas sinar matahari yang tinggi, sedangkan pada intensitas cahaya rendah cenderung memproduksi bunga jantan (Sedgley dan Griffin 1989). Riba-Hernández *et al.* (2016) melaporkan produksi bunga betina dan ukuran mahkota berpengaruh terhadap peningkatan produksi buah pada populasi tanaman *dioecious Virola surinamensis*.

Selain berdampak pada tanaman, perubahan iklim juga berdampak pada vektor penyerbuk dan interaksi antara keduanya (Pudasaini *et al.* 2015). Peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan dan perubahan faktor lingkungan mengganggu perilaku serangga penyerbuk dalam mencari makan, yang berdampak pada penurunan produksi. Menurut Cleland *et al.* (2007), waktu untuk melakukan penyerbukan ditentukan oleh suhu dan ketersediaan air. Efisiensi transfer serbuk sari antar tanaman, dengan angin sebagai vektor penyerbuk, dipengaruhi oleh kepadatan dan jarak dalam populasi. Konsentrasi serbuk sari dalam udara biasanya akan menurun tajam dengan meningkatnya jarak dari sumber serbuk sari (Knapp *et al.* 2001).

Penempatan pendonor serbuk sari dan rasio jumlah pohon jantan dan betina pada tanaman *dioecious* sangat berpengaruh terhadap produksi (Funda dan El-Kassaby 2012). Kallsen *et al.* (2016) melaporkan perbandingan antara pohon jantan dan betina yang ideal pada kebun pistachio adalah 1 : 24, dengan pohon jantan diletakkan pada

setiap pohon ke lima baris kelima. Flach (1966) menyatakan penyerbukan pala akan berhasil jika dalam populasi terdapat 10% pohon berbunga jantan yang letaknya tersebar merata, sedangkan menurut Permentan no 50 tahun 2015 perbandingan pohon jantan dengan betina dalam areal kebun minimal 1 : 20. Perbandingan tersebut sulit untuk diperoleh karena berdasarkan hasil analisa kromosom pada bibit pala yang dikecambahkan, rasio terbentuknya pohon jantan: betina (*androecious:gynoecious*) adalah 1:1 (Flach 1966).

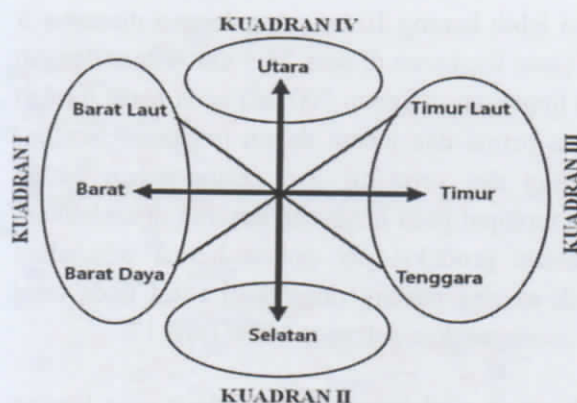
Pengaruh iklim, posisi dan jarak pohon jantan sebagai pendonor serbuk sari, serta rasio antara jumlah pohon betina dan jantan terhadap produksi buah pala di KP Cicurug, Sukabumi belum diketahui. Informasi tersebut sangat diperlukan oleh para pemulia untuk merancang kebun produksi pala. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh iklim serta posisi dan rasio pohon jantan terhadap pohon betina pada produksi buah pala.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Plasma Nutfah Cicurug, Sukabumi (550 m dpl) Januari sampai Desember 2017. Sampel yang digunakan adalah populasi pohon pala koleksi plasma nutfah Balitro yang telah berumur lebih kurang 25 tahun sedangkan data produksi berdasarkan data pengamatan hasil buah selama 13 tahun (2005-2017).

Peta dan produksi populasi pala berdasarkan ekspresi kelamin pohon

Titik koordinat tiap pohon diketahui menggunakan *Global Positioning System* (GPS) Garmin 76CSx, kemudian dibuat menjadi sebuah peta sebaran pohon. Titik-titik koordinat pohon diberi warna berbeda sesuai dengan ekspresi jenis kelamin pohon. Penentuan ekspresi jenis kelamin pohon berdasarkan dominansi ekspresi kelamin bunga (Flach 1966). Pohon yang didominasi bunga betina maka disebut pohon betina, jika dominan jantan maka disebut pohon jantan. Bunga betina adalah bunga yang hanya memiliki alat kelamin betina (putik), sedangkan bunga jantan adalah



Gambar 1. Pembagian kuadran arah pohon pala jantan terhadap pohon pala betina.

Figure 1. Quadrant direction of male nutmeg trees to female nutmeg trees.

bunga yang hanya memiliki alat kelamin jantan (stamen). Pohon jantan dibagi lagi menjadi dua yaitu jantan biseksual (berbuah) dan jantan uniseksual (tidak berbuah). Rata-rata produksi per pohon betina, jantan biseksual dan jantan uniseksual per tahun (2005-2013) diuji t-test pada taraf 5% menggunakan software MINITAB 17. Rumus uji t-test (Wibisono 2005) yang digunakan :

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

Keterangan/Note :

T = nilai t hitung/t count value.

x₁ = nilai rata-rata kelompok 1/average value of group 1.

x₂ = nilai rata-rata kelompok 2/average value of group 2.

s₁² = nilai varian kelompok 1/value of variant group 1.

s₂² = nilai varian kelompok 2/ value of variant group 2.

n₁ = banyaknya subjek kelompok 1/number of group 1 subjects.

n₂ = banyaknya subjek kelompok 2/ number of group 2 subjects.

Hubungan antara rasio jumlah pohon pala betina dan jantan terhadap produksi per pohon betina per tahun

Hubungan antara rasio jumlah pohon betina dan jantan pada luasan tertentu dengan produksi ditentukan dengan simulasi. Simulasi dibuat dengan membuat kelompok-kelompok kecil seluruh populasi pala yang ada. Pengelompokan dilakukan dengan membuat lingkaran kecil yang

berisi lebih kurang 10 tanaman dengan diameter 5 cm² (luas lingkaran di peta 78,5 cm² setara dengan luas lingkaran di kebun 700 m²) pada peta. Jumlah pohon betina dan jantan dalam lingkaran tersebut dihitung dan produksi dari pohon-pohon betina yang terdapat pada lingkaran tersebut dijumlahkan. Rata-rata produksi per pohon betina per tahun untuk masing-masing rasio diuji t-test pada taraf 5% menggunakan software MINITAB 17.

Hubungan posisi dan jarak pohon pala jantan terhadap pohon pala betina dengan rata-rata produksi per pohon betina per tahun

Berdasarkan peta yang dihasilkan dari kegiatan sebelumnya, dilihat letak dan jarak pohon jantan terhadap pohon betina dengan jarak maksimal 30 m. Letak pohon jantan dibagi menjadi 4 kuadran (Gambar 1). Perbedaan rata-rata produksi per pohon betina per tahun berdasarkan kuadran dan jarak diuji signifikansinya menggunakan t-test 5 % dengan software MINITAB 17.

Hubungan antara curah hujan, suhu, kelembapan dan kecepatan angin dengan produksi seluruh pohon pala betina per bulan

Faktor-faktor iklim yang diamati meliputi curah hujan (mm/bulan), suhu (° C), kelembapan (%) dan kecepatan angin (Knot). Data curah hujan diperoleh dari data pengamatan di Kebun Plasma Nutfah Cicurug, sedangkan suhu, kelembapan dan kecepatan angin diperoleh dari data online di situs BMKG pada stasiun klimatologi Citeko (<http://dataonline.bmkg.go.id/>). Data yang diperoleh berupa data iklim harian selama 13 tahun (2005- 2017) yang dirata-rata menjadi data bulanan untuk seluruh tahun. Hubungan antara rata-rata produksi pohon betina per bulan ke t dengan faktor iklim bulan ke t-12 hingga t-1 dihitung dengan menggunakan analisis Korelasi Pearson (Wibisono

2005) menggunakan program MINITAB 17. Rumus korelasi Pearson yang digunakan adalah:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Keterangan/Note :

r = koefisien korelasi Pearsons/Pearsons correlation coefficient.

n = banyaknya pasangan data x dan y/the number of data pairs x and y.

x = nilai variabel pertama/first variable value.

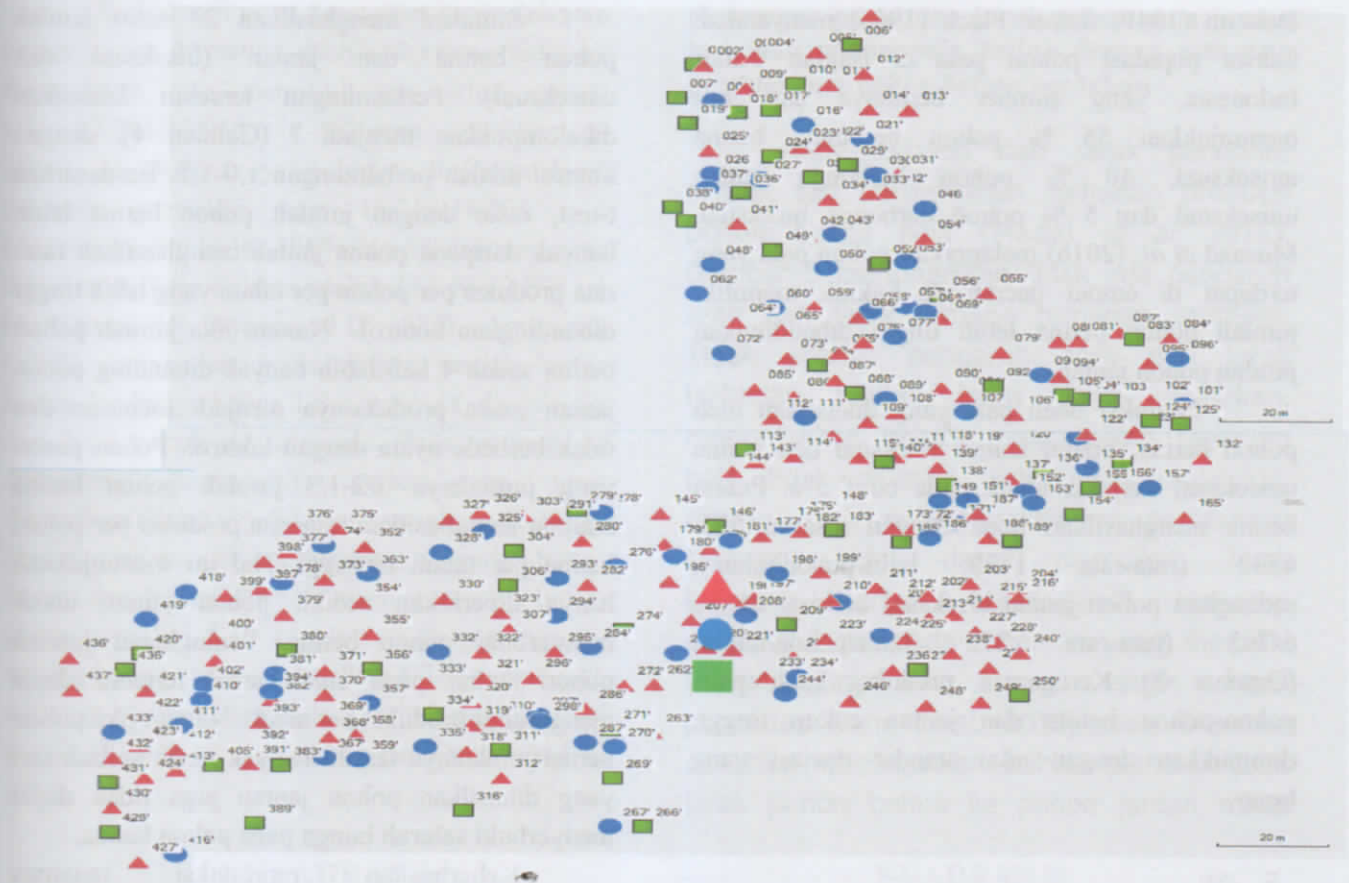
y = variable kedua/second variable.

Hubungan antara intensitas cahaya matahari yang mampu diserap tanaman, kerapatan pohon dan produksi per pohon betina per tahun

Pengamatan intensitas cahaya matahari dilakukan pada tahun 2017, dilakukan tiga kali yaitu pada Maret, Juni dan Desember pukul 09.00-12.00 pada 85 pohon betina yang dipilih secara acak. Jumlah tanaman yang ada di sekitar tanaman sampel dihitung untuk melihat kerapatannya. Pengukuran dilakukan terhadap intensitas cahaya matahari di tempat terbuka dan di bawah kanopi pohon di empat titik (Utara, Selatan, Barat dan Timur) menggunakan luxmeter. Intensitas cahaya yang diukur di bawah kanopi pohon diasumsikan merupakan cahaya matahari yang tidak mampu diserap oleh pohon. Nilai intensitas cahaya yang mampu diserap tanaman adalah hasil pengurangan intensitas cahaya di tempat terbuka dengan intensitas cahaya di bawah kanopi. Interaksi antara intensitas cahaya, kerapatan dan rata-rata produksi per pohon betina per tahun digambarkan dalam bentuk plot 3D menggunakan software R i386 3.4.4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta dan produksi populasi pala berdasarkan ekspresi kelamin pohon



Keterangan/Note

- = pohon pala betina/female nutmeg tree
- = pohon pala jantan /male nutmeg tree
- = pohon pala jantan biseksual/bisexual male nutmeg tree

Gambar 2. Peta sebaran pohon pala berdasarkan ekspresi jenis kelamin pohon di kebun plasma nutfah Cicurug tahun 2017.

Figure 2. Distribution map of nutmeg trees based on tree sex expression at Cicurug Germplasm Garden in 2017.

Sampel pohon pala yang dipelajari berjumlah 295 yang berasal dari 27 daerah berbeda. Sebaran pohon berdasarkan ekspresi jenis kelaminnya disajikan pada Gambar 2. Koleksi pohon pala yang ada dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan dominansi ekspresi kelamin bunga (Flach 1966) yaitu betina 162 pohon (55 %) dan jantan 133 pohon (45 %).

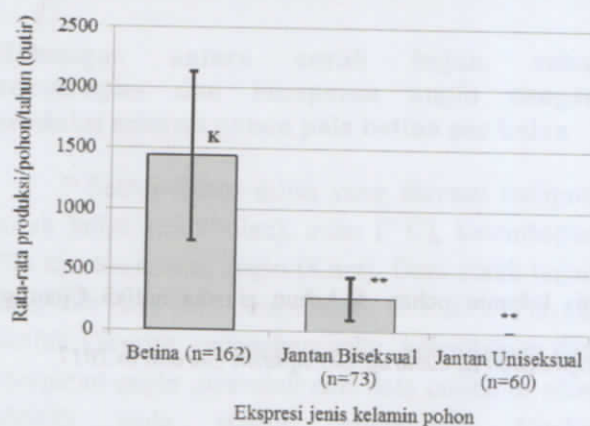
Pohon jantan dapat dibagi menjadi dua yaitu pohon yang dominan berbunga jantan tetapi dapat menghasilkan buah, disebut oleh Flach (1966) sebagai jantan biseksual (73 pohon atau 25 %) dan jantan tidak berbuah/jantan uniseksual (60 pohon atau 20

%) (Gambar 3). Pohon betina, jantan biseksual dan jantan uniseksual menyebar secara merata. Jumlah pohon betina yang ditemui di Kebun Plasma Nutfah Cicurug lebih banyak dibandingkan pohon jantan, tetapi persentasenya mendekati 50 : 50. Guenther (1959) dalam Flach

(1966) melaporkan di Grenada, kebun yang benihnya berasal dari biji sekitar 50 % pohon yang ditemui berjenis kelamin betina. Hasil penelitian Flach (1966) juga menunjukkan bahwa 46 dari 93 tanaman yang bibitnya berasal dari biji yang ditemui di Irian Barat berjenis kelamin betina.

Deinum (1949) dalam Flach (1966) menyatakan bahwa populasi pohon pala di Bagian Timur Indonesia, yang sumber benihnya dari biji menunjukkan 55 % pohon berbunga betina uniseksual, 40 % pohon berbunga jantan uniseksual dan 5 % pohon berbunga biseksual. Musaad *et al.* (2016) melaporkan pohon pala yang terdapat di empat daerah di Fakfak memiliki jumlah pohon betina lebih tinggi dibandingkan jumlah pohon jantan.

Produksi buah pala yang dihasilkan oleh pohon betina, pohon jantan biseksual dan jantan uniseksual berbeda nyata pada taraf 5%. Pohon betina menghasilkan buah dengan kisaran 536-4532 (rata-rata 1439 butir/pohon/tahun), sedangkan pohon jantan biseksual berkisar antara 6-762 (rata-rata 272 butir/pohon/tahun) (Gambar 3). Keragaman produksi buah pada pohon-pohon betina dan jantan cukup tinggi, ditunjukkan dengan nilai standar deviasi yang besar.



Keterangan/Note : n = jumlah pohon/n = tree number, K=kontrol/K=control, **=berbeda nyata berdasarkan uji t pada taraf 5 %/significantly different on t test at 5% level.

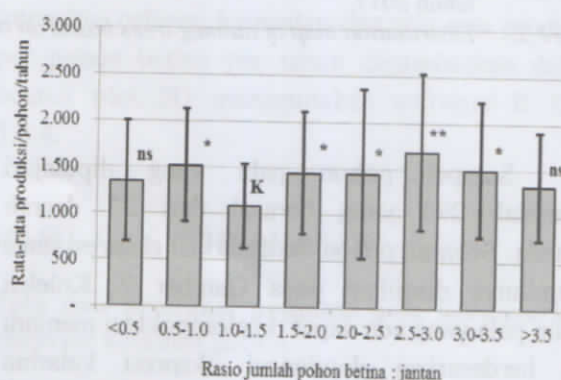
Gambar 3. Produksi buah pala berdasarkan ekspresi jenis kelamin pohon di Kebun Plasma Nutfah Cicurug tahun 2005-2017.

Figure 3. Nutmeg tree production based on tree sex expression in Cicurug Germplasm Garden in 2005-2017.

Hubungan antara rasio jumlah pohon pala betina dan jantan terhadap produksi per pohon betina per tahun

Simulasi menghasilkan 23 rasio jumlah pohon betina dan jantan (biseksual dan uniseksual). Perbandingan tersebut kemudian dikelompokkan menjadi 7 (Gambar 4), dengan kontrol adalah perbandingan 1,0-1,5. Berdasarkan t-test, rasio dengan jumlah pohon betina lebih banyak daripada pohon jantan menghasilkan rata-rata produksi per pohon per tahun yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Namun jika jumlah pohon betina sudah 4 kali lebih banyak dibanding pohon jantan maka produksinya menjadi menurun dan tidak berbeda nyata dengan kontrol. Pohon jantan yang jumlahnya 1/2-1/3 jumlah pohon betina mampu menghasilkan rata-rata produksi per pohon betina per tahun tertinggi. Hal ini menunjukkan hanya diperlukan sedikit pohon jantan untuk menyerbuki pohon betina. Peningkatan jumlah pohon jantan pada suatu areal tertentu dapat mengurangi produksi per areal. Namun jika pohon betina jumlahnya terlalu banyak maka serbuk sari yang dihasilkan pohon jantan juga tidak dapat menyerbuki seluruh bunga pada pohon betina.

Keberhasilan reproduksi tanaman *dioecious* tergantung pada jumlah bunga betina, jumlah pohon jantan dan proporsi bunga yang diserbuki. Proporsi bunga diserbuki tergantung pada kuantitas dan kualitas serbuk sari dan proporsinya dapat meningkat sejalan dengan meningkatnya kepadatan tanaman berbunga (Crone dan Lesica 2004; Rapp *et al.* 2013).



Keterangan/Note :

K=kontrol/control, **= berbeda nyata berdasarkan uji t pada taraf 5 %/significantly different on t test at 5 % level, ns = tidak berbeda nyata berdasarkan uji t pada taraf 5 %/not significantly different on t-test at 5 % level.

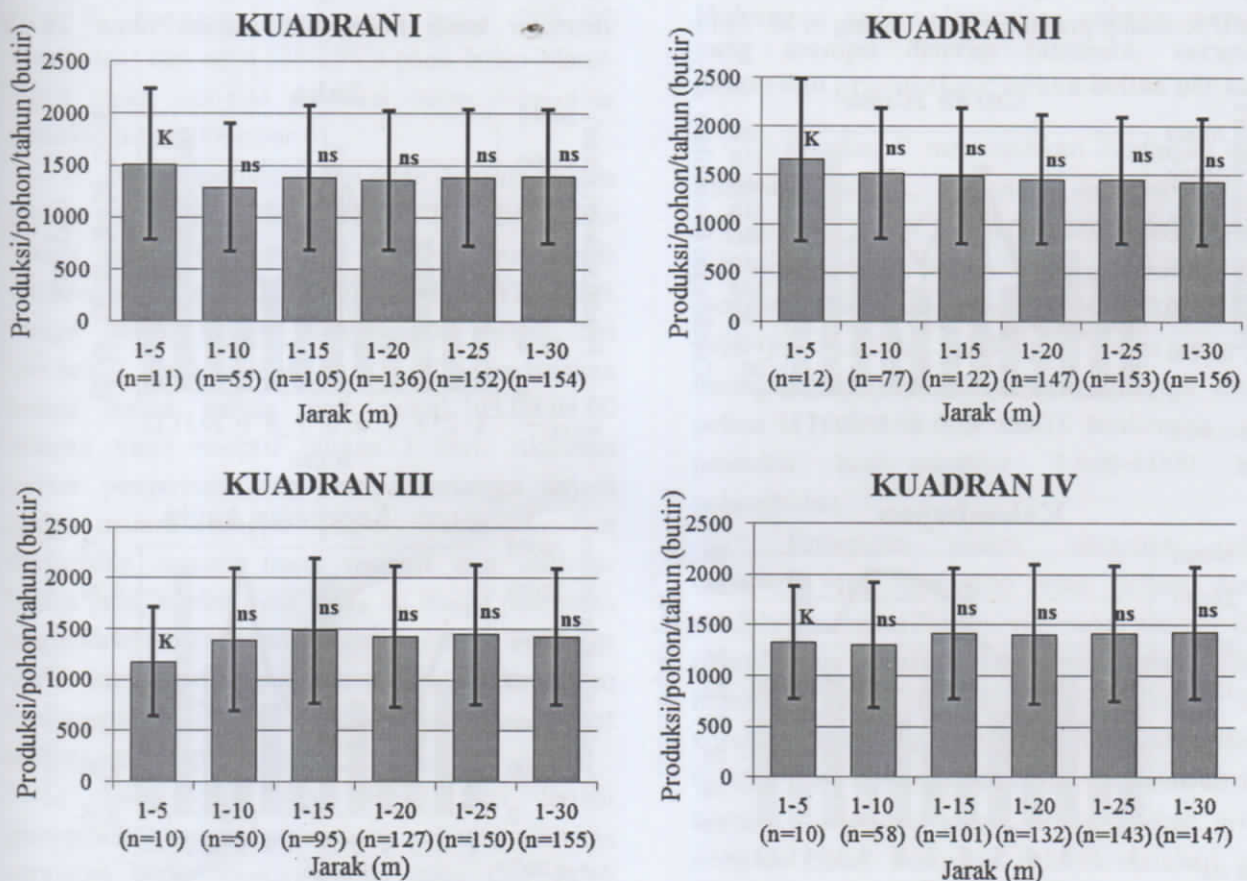
Gambar 4. Produksi pala berdasarkan rasio antara jumlah pohon betina dan jantan di KP. Cicurug tahun 2005-2017.

Figure 4. Production of nutmeg based on the ratio of female and male trees in Cicurug Germplasm Garden in 2005-2017.

Serbuk sari yang dapat dihasilkan oleh satu bunga jantan *Myristica dactyloides* yang hidup di Barat Daya India, memiliki rasio serbuk sari/sel telur 12,983-14,065 : 1 (Sharma dan Shivanna 2011), *M. insipida* yang hidup di Queensland, Australia memiliki rasio 16,219-19,003 : 1 (Armstrong dan Irvine 1989) dan *M. fragrans* yang ditanam di India Selatan adalah 14,240-17,800 : 1 (Armstrong dan Drummond III 1986). Armstrong (1997) menyatakan perbandingan jumlah bunga jantan dan bunga betina 1,5:1 untuk *M. dactyloides* dan 2,1:1 untuk *M. insipida*. Pada *neotropical Iryanthera hostmannii*, perbandingan yang dilaporkan adalah 3:1 (Queenborough *et al.* 2013). *M. fragrans* memiliki perbandingan jumlah bunga jantan dan betina 50 : 1, masing-masing bunga jantan memiliki 8-10 kepala sari dengan masing-masing kepala sari menghasilkan 1.780 serbuk sari, sehingga perbandingan antara serbuk sari dan ovul adalah 801.000 : 1 (Armstrong dan Drummond III 1986).

Hubungan posisi dan jarak pohon pala jantan terhadap pohon pala betina dengan rata-rata produksi per pohon betina per tahun

Arah terbang dan jarak pendonor serbuk sari berpengaruh terhadap produksi pohon betina pala (Madiki *et al.* 2015). Gambar 5 menunjukkan tidak ada pengaruh arah dan jarak terbang terhadap produksi. Tidak adanya pengaruh arah dan jarak terhadap jumlah buah yang dihasilkan, menunjukkan bahwa penyerbukan tanaman pala tidak dibantu oleh angin melainkan dibantu oleh serangga, karena pergerakan serangga tidak dapat diprediksi. Jarak biasanya sangat berpengaruh terhadap produksi buah pada tanaman yang memiliki vektor penyerbuk berupa angin. Hasil penelitian Wang *et al.* (2013) pada *Rhamnus davurica* menunjukkan bahwa semakin jauh jarak pohon betina ke pohon jantan maka



Keterangan/Note : n=jumlah pohon betina/number of female tree, K=Kontrol/control, ns=tidak berbeda nyata dengan t-test pada taraf 5 %/not significantly different on t-test at 5 % level.

Gambar 5. Hubungan letak dan jarak pendonor serbuk sari terhadap pohon betina dan produksi buah pala di Kebun Plasma Nutfah Cicurug tahun 2005-2017.

Figure 5. Correlation between position, distance of pollen donors to female trees and nutmeg production in the Cicurug Germplasm Garden in 2005-2017.

buah yang terbentuk semakin menurun dengan asumsi serbuk sari yang terbang memiliki kualitas dan kuantitas yang sama.

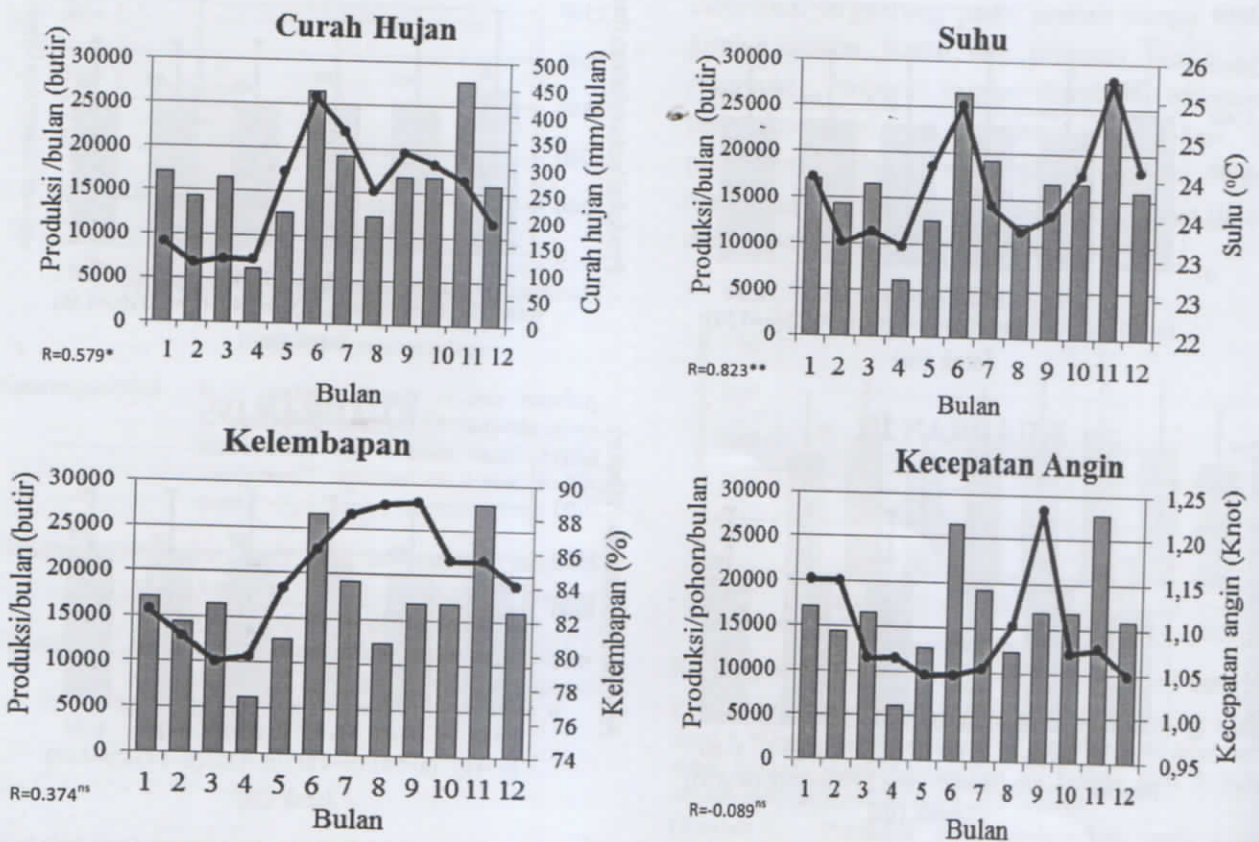
Sharma dan Shivanna (2011) serta Sharma dan Armstrong (2013) menyatakan penyerbuk efektif pada ordo *Myristica* adalah serangga berukuran kecil. Namun adanya perbedaan struktur bunga pada genus ini menentukan jenis serangga yang efektif sebagai penyerbuk. Menurut Masfufah (2010) serangga-serangga yang efektif dalam penyerbukan pala di Sukabumi adalah *Trigona* sp, *Apis cerana*, kumbang Curculionidae, *Sylepta lunalis*, *Pyralid* sp, dan *Scopula* sp. Serangga yang ditemukan pada pohon pala dan memungkinkan sebagai vektor penyerbuk berjumlah 13 spesies.

Arah dan jarak pendonor serbuk sari tidak berpengaruh terhadap jumlah buah yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa penyerbukan tanaman pala tidak dibantu oleh angin, karena pada tanaman yang memiliki vektor penyerbuk berupa angin biasanya jarak berkorelasi negatif terhadap produksi buah (Wang *et al.* 2013;

Somanathan dan Borges 2000). Terdapat kecenderungan jarak pohon jantan dari pohon betina yang lebih dari 15 m memiliki produksi yang sama dengan pohon yang memiliki jarak 15 m. Jumlah pendonor serbuk sari yang banyak belum tentu dapat menghasilkan buah yang banyak pula, karena hanya sedikit bunga jantan yang diperlukan untuk menyerbuki bunga betina.

Hubungan antara curah hujan, suhu, kelembapan dan kecepatan angin dengan produksi seluruh pohon pala betina per bulan

Pengaruh curah hujan, suhu, kelembapan, dan kecepatan angin berbeda antar fase pembentukan buah (Gambar 6). Pala merupakan tanaman yang menghasilkan buah sepanjang tahun. Periode kritis dalam pembentukan buah terjadi sekitar 8-10 bulan sebelum panen. Menurut Sangadji *et al.* (2015) inisiasi pembentukan bunga terjadi sekitar 10 bulan sebelum panen (BSP), sedangkan pembentukan buah terjadi 2 bulan setelah inisiasi bunga. Pertumbuhan relatif diameter buah maksimum adalah umur 28-30



Keterangan/Note: Diagram batang = produksi/pohon/tahun/Column chart = production/tree/year, diagram garis = kondisi iklim pada 8-7 bulan sebelum panen/line chart = climate conditions at 8-7 months before harvesting.

Gambar 6. Hubungan iklim dengan produksi buah pala di Kebun Plasma Nutfah Cicurug tahun 2005-2017.
Figure 6. Relationship between climate factors and nutmeg production in Cicurug Germplasm Garden in 2005-2017.

minggu dan buah dipanen setelah 8-10 bulan.

Hasil penelitian Bermawie *et al.* (2015) terhadap jumlah buah per pohon per bulan selama 10 tahun (2005-2014) menunjukkan terdapat 3 musim panen pala di Sukabumi yaitu Januari-Maret, Juni-Agustus dan November-Desember. Produksi tertinggi dicapai pada bulan Juni (26.135 butir) dan November (28.599 butir). Kisaran tiga musim panen tersebut sama dengan hasil penelitian (Sangadji *et al.* 2015) di Pulau Ambon, Seram, dan Banda.

Apabila puncak panen terjadi pada bulan November, dengan periode inisiasi pembungaan terjadi 11-10 BSP maka inisiasi bunga terjadi mulai bulan Desember-Januari, penyerbukan dan pembentukan buah terjadi sekitar 8-7 BSP (Maret-April) dan 7-0 BSP (Mei-November) merupakan fase pertumbuhan buah. Suhu, curah hujan, kelembapan dan kecepatan angin pada 11-10 dan 7-0 BSP tidak berkorelasi dengan produksi. Namun, curah hujan dan suhu pada 8-7 BSP nyata berkorelasi dengan produksi sebesar 57,9 % dan 82,3 %. Semakin tinggi curah hujan (280-430 mm/bulan) dan suhu (24-25°C) pada bulan Maret-April maka rata-rata produksi bulan November semakin tinggi (Gambar 6).

Periode pembentukan buah diawali dengan proses penyerbukan. Masfufah (2010) melaporkan waktu mekar bunga pala di kebun plasma nutfah Cicurug adalah pada pukul 02.00-03.00 WIB untuk bunga jantan dengan kematangan serbuk sari (*anthesis*) pada pukul 08.00-10.00, sedangkan bunga betina mekar pada pukul 03.00-04.00 dengan masa reseptif hingga 2 hari. Aktivitas vektor penyerbuk yang berupa serangga terjadi pada malam hingga pagi. Waktu tersebut bersamaan dengan masa reseptif dan *anthesis* bunga pala, karena pada masa ini bunga pala akan mengeluarkan bau yang dapat menarik serangga untuk berkunjung. Iklim yang ideal pada malam hingga pagi hari pada masa penyerbukan sangat mempengaruhi produksi.

Suhu dan curah hujan saat terjadi penyerbukan sangat berpengaruh terhadap aktivitas serangga berkelibang. Apabila suhu dan curah hujan optimum maka serangga yang berkelibang cukup banyak sehingga banyak bunga yang dapat diserbuki. Curah hujan yang tinggi pada siang hari berkorelasi negatif (55,4 %) dengan suhu

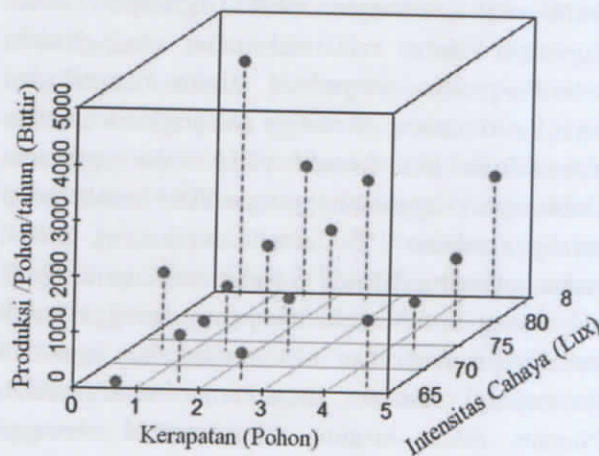
maksimum (28,5-29,0° C). Hal ini berarti curah hujan yang tinggi pada siang hari akan menurunkan kisaran suhu maksimum harian sehingga pada malam hari saat vektor dan tanaman beraktivitas suhunya telah mencapai ideal. Turunnya kisaran suhu maksimum meningkatkan aktivitas vektor penyerbuk, stigma reseptif dan serbuk sari matang. Serangga dan angin melakukan aktivitasnya jika berada pada suhu optimum. Umumnya kisaran suhu yang efektif untuk hidup serangga adalah 15° C (suhu minimum), 25° C (suhu optimum) dan 45° C (suhu maksimum). Pada suhu yang optimum kemampuan serangga untuk melahirkan keturunan akan besar dan kematian (mortalitas) sebelum batas umur akan sedikit. Namun, diluar kisaran suhu tersebut serangga dapat mengalami kematian (Natawigena 1990). Efek ini terlihat pada proses fisiologis serangga, yaitu pada suhu tertentu aktivitas serangga tinggi dan akan berkurang (menurun) pada suhu yang lain.

Hubungan antara intensitas cahaya matahari yang mampu diserap tanaman, kerapatan pohon dan produksi per pohon betina per tahun

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara intensitas cahaya, kerapatan dan produksi per pohon per tahun. Pohon yang hanya sedikit dikelilingi oleh pohon lainnya belum tentu menghasilkan buah yang lebih banyak, jika jarak antar pohon dekat. Jarak antar pohon yang jauh memungkinkan cahaya matahari banyak diserap pohon (75.000-85.000 lux) berdampak pada produksi buah sekitar 3.000-4.000 butir/pohon/bulan.

Hubungan antara intensitas cahaya matahari yang ditangkap oleh pohon dengan produksi menghasilkan nilai p-value sebesar 0,000 (nyata pada taraf 5 %) menunjukkan adanya hubungan linier atau korelasi yang nyata. Nilai korelasi yang dihasilkan adalah positif sebesar 0,708 yang mengindikasikan bahwa terdapat korelasi yang kuat antara kedua peubah artinya semakin besar intensitas cahaya matahari yang mampu diserap oleh tanaman (61.425-88.480 lux) maka produksi cenderung akan semakin meningkat (234-4183 butir/pohon/bulan) akibat adanya peningkatan jumlah bunga betina yang terbentuk.

Kerapatan pohon yang diasumsikan sebagai banyaknya pohon yang ada disekitar pohon sampel pada jarak 8 m tidak berkorelasi dengan rata-rata



Gambar 7. 3D plot pohon pala berdasarkan kerapatan pohon, intensitas cahaya yang mampu diserap tanaman dan produksi buah.
Figure 7. 3D plot of nutmeg trees based on tree density, light intensity absorbed by plant and fruit production.

produksi.

Buah terbentuk dari bunga betina, sehingga jika jumlah bunga betina yang dihasilkan banyak maka jumlah buah yang akan terbentuk pun banyak dengan asumsi tidak ada faktor yang menghambat proses penyerbukan. Menurut Ikram *et al.* (2015) peningkatan sinar matahari yang mampu ditangkap tanaman mengakibatkan akumulasi gula dan etilen dalam tanaman sehingga produksi bunga betina menjadi lebih banyak.

KESIMPULAN

Populasi yang ideal untuk kebun produksi pala adalah populasi yang memiliki jumlah pohon betina dan jantan dengan perbandingan 4 : 1, sebab jika jumlah pohon betina lebih banyak lagi maka produksi akan menurun. Proses penyerbukan dan pembentukan buah awal (8-7 bulan sebelum panen) sangat dipengaruhi oleh intensitas sinar matahari (61.425-88.480 lux), suhu (24-25°C) dan curah hujan (280-430 mm/bulan). Pohon jantan sebaiknya diletakkan di tengah-tengah populasi pohon betina untuk mengefisienkan penyerbukan

oleh serangga vektor yang berukuran kecil dengan jarak terbang terjauh 15 m.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Mardiana, Sarwanda, Hendra Cipta, Irni dan Jajang yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, R.W., Firdausil, A.B. & Asnawi, R. (2015) Potensi Pengolahan Daging Buah Pala Menjadi Aneka Produk Olahan Bernilai Ekonomi Tinggi. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*. 26 (2), 165-174.
- Armstrong, J.E. (1997) Pollination by Deceit in Nutmeg (*Myristica insipida*, Myristicaceae): Floral Displays and Beetle Activity at Male and Female Trees. *American Journal of Botany*. 84 (9), 1266-1274. doi:10.2307/2446051.
- Armstrong, J.E. & Drummond III, B.A. (1986) Floral biology of *Myristica fragrans* Houtt. (Myristicaceae), the Nutmeg of Commerce. *Biotropica*. 18 (1), 32-38. doi:10.2307/2388359.
- Armstrong, J.E. & Irvine, A.K. (1989) Flowering, Sex Ratios, Pollen-Ovule Ratios, Fruit Set, and Reproductive Effort of A Dioecious Tree, *Myristica insipida* (Myristicaceae), in Two Different Rain Forest Communities. *American Journal of Botany*. 76 (1), 74-85. doi:10.2307/2444776.
- Bermawie, N., Lukman, W., Meilawati, N.L.W. & Purwiyanti, S. (2015) *Keragaan Hasil dan Pola Panen di Kebun Percobaan Cicurug*. In: Wahyudi, A., Hadipoentyanti, E., Bermawie, N., Rostiana, O., Gusmaini, Wahyuno, D., Nurhayati, H. & Wahyuni, S. (eds.) *Prosiding Seminar Perbenihan Tanaman Rempah dan Obat, Bogor 29 April 2015*. Bogor, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertanian., pp. 101-108.
- Cleland, E.E., Chuine, I., Menzel, A., Mooney, H.A. & Schwartz, M.D. (2007) Shifting Plant Phenology in Response to Global Change.

Trends in Ecology and Evolution. 22 (7), 357–365. doi:10.1016/j.tree.2007.04.003.

- Crone, E.E. & Lesica, P. (2004) Causes of Synchronous Flowering in *Astragalus scaphoides*, an Iteroparous Perennial Plant. *Ecology*. 85 (7), 1944–1954. doi:10.1890/03-0256.
- Flach, M. (1966) *Nutmeg Cultivation and Its Sex Problems*. Wageningen, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Funda, T. & El-Kassaby, Y.A. (2012) Seed Orchard Genetics: Review. *CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources*. 7 (13), 1-23. doi:10.1079/PAVSNNR2027013.
- Hultine, K.R., Grady, K.C., Wood, T.E., Shuster, S.M., Stella, J.C. & Whitham, T.G. (2016) Climate Change Perils for Dioecious Plant Species. *Nature Plants*. 2 (8), Nature Publishing Group, 1-7.
- Ikram, M.M.M., Esyanti, R.R. & Faizal, A. (2015) The Effect of Photoperiodism with Led Light On Productivity of Female Flower In Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *International Journal of Science and Technology*. 1 (1), 24–34.
- doi:10.20319/mijst.2016.s11.2434.
- Kallsen, C.E., Sibbett, G.S. & Fanucchi, C. (1995) Planning and Designing The Orchard. In: Ferguson, L. & David, R. (eds.) *Pistachio Production Manual*. California, The Regents of University of California, pp.39–46.
- Klein, A., Hendrix, S.D., Clough, Y., Scofield, A. & Kremen, C. (2014) Interacting Effects of Pollination, Water and Nutrients on Fruit Tree Performance Plant Biology. *Plant Biology*. [Online] 17 (1), 201–208. Available from: doi:10.1111/plb.12180.
- Knapp, E.E., Goedde, M.A. & Rice, K.J. (2001) Rice Pollen-Limited Reproduction In Blue Oak: Implications for Wind Pollination in Fragmented Populations. *Oecologia*. 128 (1), 48–55. doi:10.1007/s004420000623.
- Madiki, A., Guritno, B., Syekhfani, S. & Aini, N. (2015) The Relationship Between Plant Density and Microclimate and Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt) Production in Nutmeg and Coconut Mixed-Planting System in Wakatobi District in Indonesia. *Journal of Agricultural Science*. 7 (12), 187–197.
- Masfufah, I. (2010) *Keanekaragaman Serangga Penyerbuk dan Efektivitasnya dalam Pembentukan Buah Pala (Myristica fragrans Houtt.: Myristicaceae)*. Institut Pertanian Bogor.
- Musaad, I., Djuuna, I.A.F. & Attamimi, N. (2016) Land Characteristics and Their Relationship to Papua Nutmeg (*Myristica argentea* Warb.) Population in Fakfak Regency. *International Journal of Applied Environmental Sciences*. 11 (4), 957–966.
- Natawigena, H. (1990) *Entomologi Pertanian*. Bandung: Orba Shakti.
- Pudasaini, R., Chalise, M., Poudel, P.R., Pudasaini, K. & Aryal, P. (2015) Effect of Climate Change on Insect Pollinator: A Review. *New York Science Journal*. 8 (3), 39–42.
- Queenborough, S.A., Forget, P.M. & Russo, S. (2013) Adding Spice to Life: A Special Issue on the Myristicaceae. *Tropical Conservation Science*. 6 (5), 592–594.
- Rapp, J.M., McIntire, E.J.B. & Crone, E.E. (2013) Sex Allocation, Pollen Limitation and Masting in Whitebark Pine. *Journal of Ecology*. 101 (5), 1345–1352. doi:10.1111/1365-2745.12115.
- Riba-Hernández, P., Segura, J.L. & Muñoz-Valverde, J. (2016) Female Fruit Production Depends on Female Flower Production and Crown Size Rather than Male Density in A Continuous Population of A Tropical Dioecious Tree (*Virola surinamensis*). *American Journal of Botany*. 103 (11), 1990–1999. doi:10.3732/ajb.1600230.
- Sangadji, S., Kaimuddin, A.A. & Paembonan, S.A. (2015) Nutmeg: Uniqueness of Flowering and Fruiting Origin of Spices Islands. *Int. J. Curr. Res. Biosci. Plant Biol*. 2 (3), 14–18.
- Sedgley, M. & Griffin, A.R. (1989) *Sexual Reproduction of Tree Crops*. London, Academic Press.
- Sharma, M. V & Armstrong, J.E. (2013) Pollination of *Myristica* and Other Nutmegs in Natural Populations. *Tropical Conservation Science*. 6 (5), 595–607. doi:10.1177/194008291300600502.

- Sharma, M. V & Shivanna, K.R. (2011) Pollinators, Pollination Efficiency and Fruiting Success in A Wild Nutmeg, *Myristica dactyloides*. *Journal of Tropical Ecology*. 27 (4), 405-412.
- Somanathan, H. & Borges, R.M. (2000) Influence of Exploitation on Population Structure, Spatial Distribution and Reproductive Success of Dioecious Species in A Fragmented Cloud Forest in India. *Biological Conservation*. 94 (2), 243-256. doi:10.1016/S0006-3207(99)00170-6.
- Wang, J., Zhang, C., Zhao, X. & Gadow, K. V (2013) Limitations to Reproductive Success in The Dioecious Tree *Rhamnus Davurica*. *PLoS One*. 8 (12), 1-8. doi:10.1371/journal.pone.0081140.
- Wibisono, Y. (2005) *Metode Statistik*. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.