

Planta Tropika

Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)



0 2 1 6 4 9 9 X
E-ISSN: 2528-7079

Vol. 5 No.1
Februari 2017



Pemberian Macam Konsorsium Bakteri Hasil Isolasi Tumbuhan Pantai pada Kangkung (*Ipomoea reptans* Poirs.)

UMUL AIMAN, TANTRIATI TANTRIATI, BAMBANG SRIWIJAYA

Contribution of *Rhizobium*–*Mycorrhiza*–*Merapi-indigenous Rhizobacteria* Association on Growth and Yield of Three Cultivars Soybean Cultivated on Coastal Sandy Soil

LINDA KUSUMASTUTI, AGUNG ASTUTI, SARJIYAH SARJIYAH

Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Generasi Satu (G1) Varietas Granola

DEDEN FATCHULLAH

Evaluasi Lapang Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah Berdasarkan Pemupukan Hara Spesifik Lokasi Berbasis Internet di Jawa Tengah Indonesia

SAMIJAN SAMIJAN, TRI RENI PRASTUTI, WARSITO WARSITO

Eksistensi Varietas Padi Lokal pada Berbagai Ekosistem Sawah Irigasi: Studi di Daerah Istimewa Yogyakarta

GATOT SUPANGKAT SAMIDJO

Asap Cair Kayu Sengon sebagai *Chelating Agents* Logam Timbal (Pb) pada Model Menggunakan Biji Kedelai (*Glycine max*)

NUR ROHMAH LUFTI A'YUNI, PURNAMA DARMADJI, YUDI PRANOTO

Pengaruh Nitrogen dan Silika terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kedelai

DINA WAHYU TRISNAWATI, NUGROHO SUSETYA PUTRA, BENITO HERU PURWANTO

The Shelf life Estimation of Cold Sterilized Coconut Water

SARI INTAN KAILAKU, BUDI SETIAWAN, AHMAD SULAEMAN



Planta Tropika

Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)

Jurnal Planta Tropika merupakan jurnal yang menyajikan artikel mengenai hasil penelitian dan perkembangan pertanian yang meliputi bidang: Agroteknologi, Agroindustri, Arsitektur Lansekap. Jurnal Planta Tropika diterbitkan dua kali dalam setahun (Bulan Februari dan Agustus) oleh Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta bekerjasama dengan Perkumpulan Agroteknologi/Agroekoteknologi Indonesia (PAGI). Harga langganan satu tahun Rp. 250.000 / tahun.

Editor in Chief

INNAKA AGENG RINEKSANE
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Editorial Board

AGUNG ASTUTI
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

CHANDRA KURNIA SETIAWAN
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

DINA WAHYU TRISNAWATI
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

GUNAWAN BUDIYANTO
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

INDIRA PRABASARI
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Alamat Redaksi

REDAKSI PLANTA TROPIKA
Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Ring Road Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul
Telp (0274) 387646 psw 224.
Email: plantatropika@umy.ac.id
Website: <http://journal.umy.ac.id/index.php/pt>

Daftar Isi

Vol. 5 No. 1 Februari 2017



-
- 1 - 6 Pemberian Macam Konsorsium Bakteri Hasil Isolasi Tumbuhan Pantai pada Kangkung (*Ipomoea reptans* Poirs.)
Umul Aiman, Tantriyati, Bambang Sriwijaya
Program Studi Agroteknologi Fakultas Agroindustri Universitas Mercu Buana Yogyakarta
- 7 - 14 Contribution of *Rhizobium*-Mycorrhiza-Merapi-indigenous *Rhizobacteria* Association on Growth and Yield of Three Cultivars Soybean Cultivated on Coastal Sandy Soil
Linda Kusumastuti, Agung Astuti, Sarjiyah
Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- 15 - 22 Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Generasi Satu (G_1) Varietas Granola
Deden Fatchullah
Balai Penelitian Tanaman Sayuran
- 23 - 33 Evaluasi Lapang Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah Berdasarkan Pemupukan Hara Spesifik Lokasi Berbasis Internet di Jawa Tengah Indonesia
Samijan, Tri Reni Prastuti, Warsito
Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah
- 34 - 41 Eksistensi Varietas Padi Lokal pada Berbagai Ekosistem Sawah Irigasi: Studi di Daerah Istimewa Yogyakarta
Gatot Supangkat S.
Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- 42 - 51 Asap Cair Kayu Sengon sebagai *Chelating Agents* Logam Timbal (Pb) pada Model Menggunakan Biji Kedelai (*Glycine max*)
Nur Rohmah Lufti A'yuni¹, Purnama Darmadji², Yudi Pranoto²
¹STPP Magelang Jurluhtan di Yogyakarta
²Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada
- 52 - 61 Pengaruh Nitrogen dan Silika terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kedelai
Dina Wahyu Trisnawati^{1*}, Nugroho Susetya Putra², Benito Heru Purwanto³
¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
²Jurusan Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada
³Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada
- 62 - 69 The Shelf Life Estimation of Cold Sterilized Coconut Water
Sari Intan Kailaku^{1*}, Budi Setiawan², Ahmad Sulaeman², Risfaheri¹
¹Indonesian Center for Agricultural Postharvest Research and Development
²Community Nutrition Department, Bogor Agricultural University

Editorial

Jurnal *Planta Tropika* dengan P-ISSN 0216-499X dan E-ISSN 2528-7079 yang diterbitkan oleh Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, merupakan jurnal yang berisi karya ilmiah di bidang ilmu-ilmu Pertanian (*Journal of Agro Science*). Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah SWT telah terbit Volume 5 Nomor 1 untuk Tahun 2017.

Pada edisi ini terdapat perubahan penamaan Jurnal yang disesuaikan dengan E-ISSN yaitu menjadi *Planta Tropika: Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)*.

Jurnal *Planta Tropika* menyajikan delapan artikel hasil penelitian di bidang *Agrosains*, mengenai sistem budidaya tanaman, kandungan bahan aktif tanaman, metode penyediaan bibit dan mikrobial bermanfaat. Karya ilmiah tersebut membahas tentang : (1) Pemberian Macam Konsorsium Bakteri Hasil Isolasi Tumbuhan Pantai pada Kangkung (*Ipomoea reptans* Poir.), (2) Contribution of *Rhizobium*-*Mycorrhiza*-Merapi-*indigenous Rhizobacteria* Association on Growth and Yield of Three Cultivars Soybean Cultivated on Coastal Sandy Soil, (3) Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Generasi Satu (G_1) Varietas Granola, (4) Evaluasi Lapang Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah Berdasarkan Pemupukan Hara Spesifik Lokasi Berbasis Internet di Jawa Tengah Indonesia, (5) Eksistensi Varietas Padi Lokal pada Berbagai Ekosistem Sawah Irigasi: Studi di Daerah Istimewa Yogyakarta, (6) Asap Cair Kayu Sengon sebagai *Chelating Agents* Logam Timbal (Pb) pada Model Menggunakan Biji Kedelai (*Glycine max*), (7) Pengaruh Nitrogen dan Silika terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kedelai dan (8) The Shelf Life Estimation of Cold Sterilized Coconut Water.

Redaksi menyampaikan terima kasih kepada para penulis naskah, mitra bestari, editor pelaksana, pimpinan dan LP3M UMY atas partisipasi dan kerjasamanya. Harapan kami, jurnal ini dapat bermanfaat bagi pembaca atau menjadi referensi peneliti lain dan berguna untuk kemajuan dunia pertanian.

Redaksi

Pedoman Penulisan

BENTUK NASKAH

PLANTA TROPIKA menerima naskah berupa hasil penelitian (*research papers*) dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris. Naskah yang diajukan adalah naskah belum pernah diterbitkan di jurnal atau terbitan lainnya.

CARA PENGIRIMAN NASKAH

Pengiriman naskah dilakukan melalui website <http://journal.umy.ac.id/index.php/pt/index> jurnal kami. Jika membutuhkan informasi terkait proses dan prosedur pengiriman naskah bisa dikirimkan ke email plantatropika@umy.ac.id. Alamat redaksi : Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jl. Ring Road Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Telp (0274) 387646 psw 224, ISSN: 2528-7079.

FORMAT NASKAH

Naskah yang dikirim terdiri atas 15-20 halaman kwarto (A4) dengan jenis huruf Times New Roman berukuran 12 *point*, spasi 1,5 dengan margin kiri-kanan dan atas bawah kertas masing-masing 2,5 cm. Semua halaman naskah termasuk gambar, tabel dan referensi harus diberi nomor urut halaman. Setiap tabel atau gambar diberi nomor urut dan judul.

Sistematika penulisan naskah adalah sebagai berikut:

JUDUL NASKAH : Ringkas dan informatif. Tidak kapital (Huruf awal tiap kata dibuat kapital), tebal, dan maksimal 14 kata.

NAMA SEMUA PENULIS : Tidak kapital, diurutkan dari penulis pertama diikuti penulis berikutnya dengan penanda institusi masing-masing penulis.

INSTITUSI SEMUA PENULIS : Tidak kapital, diurutkan sesuai dengan institusi masing-masing penulis dengan penanda nomor

EMAIL : Cantumkan salah satu email penulis yang digunakan untuk korespondensi naskah

ABSTRAK : Ditulis dalam Bahasa Indonesia. 1 spasi dalam satu paragraf, maksimal 200 kata. Berisi latar belakang, tujuan, metode, hasil penelitian, dan simpulan. Diikuti kata kunci maksimal 5 (lima) kata.

ABSTRACT : Ditulis dalam Bahasa Inggris, 1 spasi dalam satu paragraf, maksimal 200 kata. Diikuti kata kunci (*key words*), maksimal 5 (lima) kata.

PENDAHULUAN : Berisi latar belakang, permasalahan masalah dan tujuan penelitian

BAHAN DAN METODE : Berisi detail bahan dan metode yang digunakan di dalam penelitian, teknik pengumpulan data dan analisis data.

HASIL DAN PEMBAHASAN : Hasil penelitian harus jelas dan mengandung pernyataan tentang hasil yang dikumpulkan sesuai dengan data yang telah dianalisis. Pembahasan berisi tentang signifikansi dari hasil penelitian.

SIMPULAN : Penulis diharapkan untuk memberikan simpulan yang ringkas dan menjawab Tujuan Penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH (jika diperlukan)
DAFTAR PUSTAKA : Satu spasi, sesuai contoh panduan jurnal *Planta Tropika*

CONTOH PENULISAN DAFTAR PUSTAKA

Penulisan daftar pustaka disusun alfabetis dengan pedoman penulisan sebagai berikut:

BUKU

Contoh:

Gardner, F.P., R.B. Pearce dan R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya* (Terjemahan Herawati Susilo). UI Press. Jakarta.

JURNAL

Contoh:

Parwata, I.G.M.A., D. Indradewa, P.Yudono dan B.Dj. Kertonegoro. 2010. Pengelompokan genotipe jarak pagar berdasarkan ketahanannya terhadap kekeringan pada fase pembibitan di lahan pasir pantai. *J. Agron. Indonesia* 38:156-162.

TESIS/DISERTASI

Contoh:

Churiah. 2006. Protein bioaktif dari bagian tanaman dan akar transgenic Cucurbitaceae serta aktivitas antiproliferasi galur sel kanker *in vitro*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

ARTIKEL DALAM PROSIDING

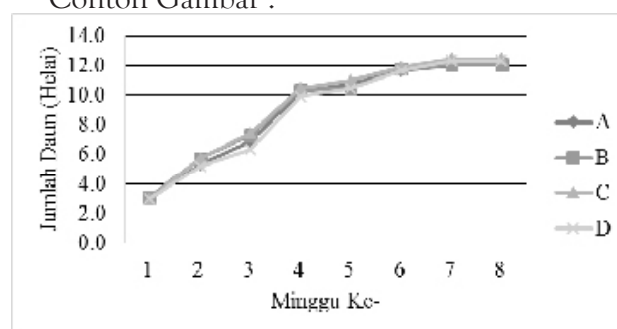
Contoh:

Widaryanto dan Damanhuri. 1990. Pengaruh cara pengendalian gulma dan pemberian mulsa jerami terhadap pertumbuhan dan produksi bawang putih (*Allium sativum* L.). *Prosiding Konferensi Nasional X HIGI* hal. 376-384.

FORMAT GAMBAR

Pada setiap **gambar** harus diberikan **Judul di bawah gambar**. Keterangan tambahan mengenai gambar dituliskan dengan huruf kecil kecuali pada karakter pertama Huruf besar pada tiap kalimat. Seluruh gambar harus diberi penomoran secara berurutan. Peletakan Gambar didekatkan dengan pembahasan mengenai gambar.

Contoh Gambar :



Gambar 1. Jumlah daun (helai) tanaman jagung

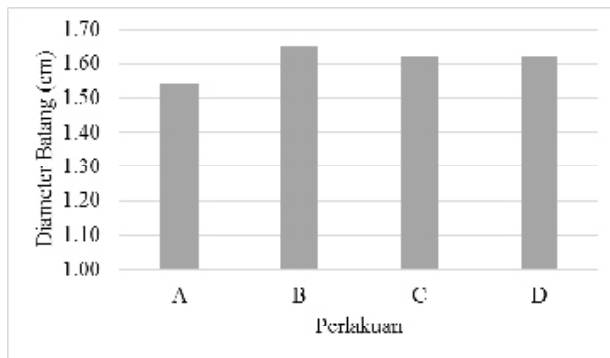
Keterangan :

A = 250 kg KCl/hektar + 0 kg KJP/hektar

B = 125 kg KCl/hektar + 273,89 kg KJP/hektar

C = 62,5 kg KCl/hektar + 410,84 kg KJP/hektar

D = 0 kg KCl/hektar + 547,79 kg KJP/hektar



Gambar 2. Diameter (cm) batang tanaman Jagung

Keterangan :

A = 250 kg KCl/hektar + 0 kg KJP/hektar

B = 125 kg KCl/hektar + 273,89 kg KJP/hektar

C = 62,5 kgKCl/hektar + 410,84 kg KJP/hektar

D = 0 kg KCl/hektar + 547,79 kg KJP/hektar

Gambar 1. Gambar 2. dan seterusnya, Gunakan huruf besar hanya di awal nama gambar saja tanpa diakhiri titik dan Keterangan tambahan pada gambar harus terlihat di bawah gambar.

FORMAT TABEL

Tabel harus diberikan **judul di atas tabel**, judul tabel diawali dari tepi kiri (left alignment) tabel. Keterangan tambahan mengenai tabel diletakan dibawah tabel. Keterangan pada tabel juga ditulis dengan huruf besar di awal saja demikian juga dengan judul-judul dalam tabel. Peletakan Tabel didekatkan dengan pembahasan mengenai tabel.

Contoh Tabel :

Tabel 1. Hasil analisis kompos buah

PARAMETER	JARAK PAGAR SEBELUM DIKOMPOSKAN	JARAK PAGAR SETELAH DIKOMPOSKAN	SNI KOMPOS	KETERANGAN
Kadar Air	22,49 %	45,79 %	≤ 50 %	Sesuai
pH	7,05	8,02	4 - 8	Sesuai
Kadar C-Organik	10,01	5,11	9,8 - 32 %	Belum sesuai
Bahan Organik	17,42 %	8,81 %	27-58	Belum sesuai
N-Total	0,97 %	2,69 %	< 6 %	Sesuai
C / N Ratio	10,44	1,90	≤ 20	Sesuai
Kalium	-	9,06 %	< 6 %	Sesuai

Keterangan : **) Bahan bahan tertentu yang berasal dari bahan organik alami diperbolehkan mengandung kadar P_2O_5 dan K_2O > 6% (dibuktikan dengan hasil laboratorium).

Pemberian Macam Konsorsium Bakteri Hasil Isolasi Tumbuhan Pantai pada Kangkung (*Ipomoea reptans* Poirs.)

DOI: 10.18196/pt.2017.065.1-6

Umul Aiman*, Tantriati, Bambang Sriwijaya

Program Studi Agroteknologi Fakultas Agroindustri Universitas Mercu Buana Yogyakarta,
Jl. Wates Km. 10 Yogyakarta, Indonesia 55753, Telp. (0274) 7491807 Fax. (0274) 6498213

*Corresponding author, email: umulaiman1966@gmail.com

ABSTRAK

Konsorsium bakteri hasil isolasi rhizosfer (*Rhizobacteria*) tumbuhan dominan pantai berperan sebagai *plant growth-promoting rhizobacteria* (PGPR) yang dapat memacu pertumbuhan dan hasil tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh macam konsorsium bakteri terhadap pertumbuhan dan hasil kangkung. Penelitian telah dilaksanakan bulan Juni – September 2016 di Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Agroindustri dan Laboratorium Tanah, Fakultas Agroindustri Universitas Mercu Buana Yogyakarta. Penelitian menggunakan percobaan lapangan faktor tunggal dengan 16 perlakuan dan 3 ulangan yang disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan dilakukan dengan perendaman benih kangkung dengan beragam konsorsium PGPR. Perlakuan yang dimaksud adalah perendaman dengan air atau tanpa PGPR, dan perendaman dengan K2, K9, K15, C7, K2K9, K2K15, K2C7, K9K15, K9C7, K15C7, K2K9K15, K2K9C7, K9K15C7, K2K15C7, dan K2K9K15C7. Bobot ekonomi kangkung dengan perendaman konsorsium K2K9K15C7 merupakan perlakuan yang terbaik dibandingkan perlakuan lain. Penggunaan dari beragam isolat tunggal K2, K9, K15, C7 maupun konsorsium rizobakteria K2K9, K2K15, K2C7, K9K15, K9C7, K15C7, K2K9K15, K2K9C7, K9K15C7, K2K15C7 mampu memberikan hasil kangkung yang lebih baik dibandingkan tanpa pemberian konsorsium.

Kata kunci: Konsorsium bakteri, PGPR, Kangkung, *Rhizobacteria*

ABSTRACT

Bacteria consortium isolated from coastal plant was used as Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) which can improve the growth and yield of plant. The purpose of this research was to understand the effects of various bacteria consortium application on the growth and yield of water spinach. The research was conducted on June-September 2016 in Microbiology Laboratory, Agroindustry Laboratory and Agriculture Land, University of Mercu Buana Yogyakarta. The study used a single factor experiment with 16 treatments and 3 blocks which arranged using completely randomized design (CRD). The treatment was desinged by soaking the water spinach seed on the various PGPR consorcium. All treatments were control (seed soaking on the water or without PGPR), the seed soaking on the various PGPR consorcium including K2, K9, K15, C7, K2K9, K2K15, K2C7, K9K15, K9C7, K15C7, K2K9K15, K2K9C7, K9K15C7, K2K15C7, and K2K9K15C7. The economic weight of water spinach which soaking on K2K9K15C7 consorcium was the best treatments compare to other treatments. Application of single isolate including K2, K9, K15, C7 and rhizobacteria consortium including K2K9, K2K15, K2C7, K9K15, K9C7, K15C7, K2K9K15, K2K9C7, K9K15C7, K2K15C7 can improved the yield of water spinach compare to the treatment without application of rhizobacteria.

Keywords: Bacteria concertium, PGPR, Water spinach, Rhizobacteria

PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2015 mencapai 252.370.792 juta jiwa dan terus mengalami peningkatan hingga 1,21% dari tahun ke tahun (Badan statistik Indonesia, 2015). Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk maka kebutuhan bahan pangan pun meningkat. Salah satunya adalah komoditas sayuran sebagai sumber gizi bagi manusia, sehingga perlu diimbangi penambahan lahan pertanian. Sedangkan lahan pertanian yang subur semakin berkurang, sehingga diperlukan upaya memanfaatkan lahan

yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Indonesia memiliki lahan pasir pantai 1.060.000 Ha (Putri, 2011), yang belum dikelola secara maksimal untuk peningkatan produktivitas.

Kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poirs) merupakan tanaman yang potensial untuk dibudidayakan mengingat kandungan gizinya yang tinggi sebagai sumber vitamin, mineral dan serat makanan. Produksi kangkung Indonesia tahun 2013 sebanyak 308,477 ton dan tahun 2014 adalah 319.607 ton sedangkan konsumsi

mencapai 1.02 juta ton (Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura, 2015). Dikaitkan dengan ketahanan pangan maka dibutuhkan upaya peningkatan produksi pangan dengan laju yang tinggi dan berkelanjutan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan yang belum tercukupi salah satunya dengan penggunaan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR).

Banyak penelitian yang membuktikan bahwa mikrobia dari daerah rhizosfer dapat mendukung pertumbuhan tanaman. PGPR mampu meningkatkan sintesis hormon seperti *Indole acetic acid* (IAA) atau giberalin (GA3) sebagai pemicu aktivitas enzim amilase yang berperan dalam perkecambahan (Gholami *et al.*, 2009), menurunkan masa inkubasi, intensitas serangan TMV (*Tobacco Mosaic Virus*) dan menambah tinggi tanaman cabai rawit (A'yun *et al.*, 2013). Tanaman yang diberi konsorsium mikroorganisme memberikan hasil tanaman yang lebih baik dibandingkan tanpa pemberian konsorsium, pelarut fosfat memperluas jangkauan kemampuan tanaman untuk menyerap air maupun hara (Hemasempagam dan Selvaraj, 2011; Joseph, 2004; Husen *et al.*, 2008).

Mikrobia yang tumbuh pada perakaran atau zona rizosfer dan yang mampu memacu pertumbuhan tanaman disebut PGPR (Husen *et al.*, 2007). Mikrobia dari rhizosfer tumbuhan pantai diduga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman apabila diaplikasikan pada tanaman agar bertahan pada lahan marginal utamanya lahan pantai.

Dalam penelitian sebelumnya oleh Aiman *et al.* (2013) menyatakan bahwa dari tumbuhan dominan di pasir pantai Samas DIY, dapat diperoleh 13 isolat mikrobia yang potensial sebagai PGPR yang dibuktikan dengan kemampuannya menghasilkan IAA serta kemampuannya menghasilkan Fosfat dengan dibuktikan adanya

zona terang pada media Pikovkaya. Dari ke-13 mikrobia yang telah diisolasi, bakteri C7, K2, K9 dan K15, IAA yang dihasilkan relatif lebih tinggi dibandingkan isolat lainnya. IAA yang dihasilkan dari keempat bakteri tersebut berturut-turut sebesar 0,63 ppm untuk C7, 0,40 ppm untuk K2, dan K9 menghasilkan 0,60 ppm serta 0,59 ppm untuk isolat K15. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan uji penelitian lanjut untuk mengetahui kombinasi konsorsium PGPR terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kangkung varietas Or-Nana, Media nutrisi cair (NB), Media nutrisi agar (NA) dengan penambahn agar sebanyak 2%, Isolat bakteri: C7 (hasil isolasi dari Cemara udang atau *Casuarina equisetifolia*) dan K2, K9, K15 (dari Katang-katang atau *Ipomoea pascaprae*), konsorsium PGPR terdiri dari: K2, K9, K15, C7, K2K9, K2K15, K2C7, K9K15, K9C7, K15C7, K2K9K15, K2K9C7, K9K15C7, K2K15C7, K2K9K15C7 dan tanpa konsorsium PGPR, pasir pantai, pupuk kandang sapi dan *Polybag* hitam ukuran 23cm x 13 cm.

Metode penelitian yang digunakan adalah rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor. Faktor yang dimaksud adalah macam konsorsium bakteri untuk membuat PGPR. Semua perlakuan dilakukan 3 kali ulangan. Masing-masing perlakuan terdiri atas 5 tanaman sampel dan 2 tanaman cadangan. Perlakuan yang dimaksud adalah:

1. Benih kangkung direndam dalam air
2. Benih kangkung direndam dalam PGPR K2
3. Benih kangkung direndam dalam PGPR K9
4. Benih kangkung direndam dalam PGPR K15
5. Benih kangkung direndam dalam PGPR C7

6. Benih kangkung direndam dalam PGPR K2K9
7. Benih kangkung direndam dalam PGPR K2K15
8. Benih kangkung direndam dalam PGPR K2C7
9. Benih kangkung direndam dalam PGPR K9K15
10. Benih kangkung direndam dalam PGPR K9C7
11. Benih kangkung direndam dalam PGPR K15C7
12. Benih kangkung direndam dalam PGPR K2K9K15
13. Benih kangkung direndam dalam PGPR K2K9C7
14. Benih kangkung direndam dalam PGPR K9K15C7
15. Benih kangkung direndam dalam PGPR K2K15C7
16. Benih kangkung direndam dalam PGPR K2K9K15C7

Penelitian ini diawali dengan penyiapan konsorsium PGPR dengan kerapatan $16,7 \times 10^6$. Isolat selanjutnya diinokulasikan pada media nutrient cair selama 5 hari hingga akhirnya larutan PGPR siap untuk digunakan. Aplikasi PGPR dengan dilakukan perendaman ada benih selama 2 jam dengan konsentrasi 1%. Benih selanjutnya ditanam pada media pasir pantai Samas dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1. Tanaman dilakukan pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyulaman, penyiraman, penyiangan, pengendalian hama dan penyakit.

Pengamatan dilakukan terhadap 5 tanaman sampel pada masing-masing perlakuan perulangan. Pengamatan yang dilakukan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, bobot ekonomis, volume akar yang diukur dengan mengambil

keseluruhan akar setelah dibersihkan dan memasukkannya ke dalam gelas ukur yang telah berisi air, selanjutnya dihitung penambahan air yang terjadi, bobot segar brangkasan dengan melakukan penimbangan dengan timbangan Sartorius digital dengan ketelitian 10^{-4} dan bobot kering brangkasan dilakukan dengan pengeringan menggunakan oven sampai diperoleh bobot konstan.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan sidik ragam taraf 5%. Apabila ada beda nyata, maka untuk mengetahui perlakuan yang berbeda nyata dilakukan uji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan dari variabel pertumbuhan dan hasil tanaman kangkung disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Daun Kangkung (helai) pada Umur 8, 11, 14, 17, 20, dan 23 HST dengan Pemberian Macam Konsorsium yang Berbeda

Macam Konsorsium	Rerata Jumlah Daun (helai)					
	8 HST	11 HST	14 HST	17 HST	20 HST	23 HST
Tanpa PGPR	2,00 a	3,27 a	4,47 a	6,73 a	10,27 a	11,53 a
K2	2,00 a	3,00 a	4,93 a	6,93 a	10,20 a	11,67 a
K9	2,00 a	2,67 a	4,27 a	6,60 a	9,87 a	11,40 a
K15	2,00 a	3,13 a	4,87 a	6,67 a	9,80 a	11,80 a
C7	2,00 a	3,00 a	4,73 a	6,80 a	10,13 a	12,13 a
K2K9	2,00 a	3,53 a	5,20 a	6,93 a	10,40 a	11,33 a
K2K15	2,00 a	3,33 a	5,07 a	7,20 a	10,13 a	11,67 a
K2C7	2,00 a	3,20 a	5,00 a	7,27 a	10,00 a	11,67 a
K9K15	2,00 a	3,53 a	5,27 a	7,53 a	10,13 a	11,73 a
K9C7	2,00 a	3,33 a	4,67 a	6,93 a	9,60 a	10,80 a
K15C7	2,00 a	3,40 a	5,00 a	7,13 a	10,47 a	11,47 a
K2K9K15	2,00 a	3,00 a	4,33 a	6,80 a	9,93 a	11,33 a
K2K9C7	2,00 a	3,47 a	5,33 a	7,47 a	10,53 a	12,27 a
K9K15C7	1,60 a	3,20 a	4,53 a	7,07 a	10,47 a	11,73 a
K2K15C7	2,00 a	2,73 a	4,40 a	6,40 a	9,73 a	11,40 a
K2K9K15C7	2,00 a	3,53 a	5,07 a	7,47 a	10,47 a	11,87 a

Keterangan: Nilai purata yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji F taraf 5%.

Tabel 2. Tinggi Tanaman Kangkung (cm) Umur 5, 8, 11, 14, 17, 20, dan 23 HST dengan Pemberian Macam Konsorsium yang Berbeda

Perlakuan PGPR	Rerata Tinggi Tanaman (cm)						
	5 HST	8 HST	11 HST	14 HST	17 HST	20 HST	23HST
Tanpa PGPR	0,49 a	3,80 a	6,93 a	11,43 a	15,23 a	22,87 a	25,07 a
K2	0,59 a	3,57 a	6,33 a	11,00 a	14,93 a	22,00 a	24,87 a
K9	0,53 a	3,70 a	6,60 a	10,93 a	15,13 a	22,07 a	24,07 a
K15	0,59 a	3,03 a	5,97 a	10,13 a	14,33 a	21,67 a	24,00 a
C7	0,58 a	3,57 a	6,90 a	11,07 a	15,50 a	21,67 a	24,33 a
K2K9	0,57 a	3,70 a	6,93 a	11,43 a	15,67 a	22,80 a	24,67 a
K2K15	0,74 a	4,03 a	7,17 a	11,33 a	15,87 a	23,27 a	24,73 a
K2C7	0,60 a	3,87 a	7,37 a	11,30 a	16,13 a	22,40 a	24,00 a
K9K15	0,49 a	4,17 a	7,23 a	11,60 a	15,87 a	22,67 a	23,87 a
K9C7	0,51 a	4,20 a	7,37 a	11,53 a	16,27 a	22,53 a	24,07 a
K15C7	0,57 a	4,17 a	7,80 a	12,07 a	16,27 a	22,67 a	24,13 a
K2K9K15	0,47 a	3,87 a	6,87 a	10,73 a	14,93 a	21,33 a	23,07 a
K2K9C7	0,46 a	3,60 a	7,30 a	10,93 a	15,00 a	21,20 a	23,40 a
K9K15C7	0,55 a	3,43 a	6,30 a	10,53 a	15,33 a	22,00 a	24,87 a
K2K15C7	0,49 a	3,30 a	6,20 a	10,77 a	15,47 a	21,67 a	23,87 a
K2K9K15C7	0,49 a	4,18 a	7,60 a	12,13 a	16,53 a	23,67 a	26,20 a

Keterangan: Nilai purata yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji F taraf 5%.

Tabel 3. Bobot Ekonomis (g), Volume akar (ml), Bobot Segar Brangksan (g) dan Bobot Kering Brangksan (g) dengan Pemberian Macam Konsorsium yang Berbeda

Macam Konsorsium	Rerata Jumlah Daun (helai)			
	Bobot Ekonomis (g)	Volume Akar (ml)	Bobot Segar Brangksan (g)	Bobot Kering Brangksan (g)
Tanpa PGPR	5,20 b	10,67 a	20,47 a	1,52 a
K2	11,77 a	11,87 a	26,29 a	1,98 a
K9	8,88 a	10,87 a	21,70 a	1,98 a
K15	9,62 a	12,80 a	25,17 a	2,83 a
C7	9,67 a	12,53 a	24,66 a	2,08 a
K2K9	9,83 a	14,20 a	26,33 a	2,72 a
K2K15	10,31 a	14,60 a	27,77 a	3,06 a
K2C7	11,20 a	14,27 a	27,90 a	2,23 a
K9K15	11,07 a	13,53 a	25,72 a	2,50 a
K9C7	12,25 a	13,60 a	28,60 a	2,97 a
K15C7	11,69 a	14,27 a	28,39 a	2,88 a
K2K9K15	10,93 a	14,47 a	26,91 a	2,52 a
K2K9C7	11,27 a	12,53 a	28,56 a	2,60 a
K9K15C7	11,40 a	12,67 a	28,83 a	2,79 a
K2K15C7	11,60 a	13,47 a	28,04 a	1,87 a
K2K9K15C7	12,13 a	14,80 a	28,73 a	3,06 a

Keterangan: Nilai purata yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji F taraf 5%.

Tinggi tanaman kangkung umur 5, 8, 11, 14, 17, 20, dan 23 HST dengan pemberian beragam macam isolat tunggal terdiri K2, K9, K15, C7 dan konsosium yang terdiri K2K9, K2K15, K2C7, K9K15, K9C7, K2K9K15, K2K9C7 dan K2K15C7 serta K2K9K15C7 menunjukkan tinggi yang tidak berbeda pada semua perlakuan termasuk yang tanpa pemberian PGPR (Tabel 1). Pada jumlah daunpun juga tidak terjadi perbedaan (Tabel 2), sedangkan bobot ekonomis pada pemberian macam konsorsium PGPR menunjukkan bobot yang lebih besar dibandingkan tanpa PGPR (Table 3), volume akar, bobot segar brangksan dan bobot kering brangksan semuanya tidak menunjukkan perbedaan (Tabel 4). Pada Tabel 1, 2 dan 3 pemberian macam konsorsium K2K9K15C7 cenderung menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) memiliki peran sebagai biostimulant, bioprotectan maupun biofertilizer (Febriyanti *et al.*, 2015). Fungsi biostimulant ini diakibatkan oleh adanya produksi salah satu hormon yaitu IAA (*Indole acetic acid*) (Aiman *et al.*, 2013) sebagai senyawa alami yang berperan dalam pembelahan sel dan mendorong pembentukan akar adventif. Namun, meskipun auksin berada dalam jumlah yang banyak, di tahap awal perkecambahan IAA belum terlalu banyak dibutuhkan. Sehingga pemberian macam konsorsium PGPR belum begitu memberikan pengaruh yang signifikan pada fase kecambah.

Pertumbuhan tanaman juga dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal berhubungan dengan perakaran tanaman yang banyak dipengaruhi oleh faktor genetik. Didukung oleh Septian *et al.* (2015) tanaman kangkung merupakan tanaman yang dipanen

pada fase vegetatif dan memiliki perakaran yang cukup baik dalam penyerapan unsur hara. Sedangkan faktor eksternal menjadi faktor pendukung pertumbuhan seperti suhu, kelembaban, serangan hama penyakit, curah hujan dan cahaya matahari. Fotosintesis akan berjalan dengan baik melalui pemanfaatan energi cahaya matahari. Hasil dari proses fotosintesis berupa energi akan dimanfaatkan tanaman untuk membentuk sel baru yang juga berpengaruh pada pertumbuhan tinggi tanaman kangkung.

PGPR mampu menghasilkan hormon auksin yang juga berperan untuk menjaga tingkat kesegaran dari tanaman. Lebih lanjut A'yun (2013) menyebutkan bahwa Mekanisme secara langsung yang dilakukan oleh PGPR yaitu dengan cara mensintesis metabolit misalnya senyawa yang merangsang pembentukan fitohormon seperti *indole acetic acid* (IAA), atau dengan meningkatkan pengambilan nutrisi tanaman. IAA merupakan salah satu hormon pertumbuhan tanaman yang sangat penting. IAA merupakan bentuk aktif dari hormon auksin yang dijumpai pada tanaman dan berperan meningkatkan kualitas hasil panen.

Penambahan PGPR juga berperan dalam peningkatan kandungan kloroplas sehingga terjadi peningkatan fotosintesis per luasan daun. Hal ini didukung oleh Phabiola *et al.* (2012) yang menyatakan bahwa perlakuan PGPR dapat meningkatkan klorofil daun dari 23,81% menjadi 28,22% pada 15 hari setelah pemberian formula PGPR. Terjadinya peningkatan ini diakibatkan oleh adanya aktifitas ACC-Deaminase pada PGPR memperlambat proses degradasi klorofil atau meningkatkan fotosintesis per luasan daun dibandingkan tanpa pemberian PGPR. Sebagai biofertilizer bagi tanaman, PGPR merupakan pupuk hayati mampu menyediakan unsur hara

bagi pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman mampu tumbuh dengan optimal dan memiliki ketahanan terhadap serangan hama, penyakit maupun cekaman yang berasal dari lingkungan.

SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pemberian macam isolat tunggal rizobakteri K2, K9, K15, C7 dan konsorsium rizobakteri K2K9, K2K15, K2C7, K9K15, K9C7, K15C7, K2K9K15, K2K9C7, K9K15C7, K2K15C7, K2K9K15C7 menghasilkan pertumbuhan dan hasil kangkung lebih baik dibandingkan dengan tanpa pemberian rizobakteria tunggal maupun konsorsium.
2. Perlakuan pemberian macam bakteri konsorsium K2K9K15C7 menghasilkan bobot ekonomis lebih baik dibanding tanpa pemberian macam konsorsium.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiman, U., Sriwijaya B. dan Swasono D.H. 2013. Eksplorasi Mikrobiota Rhizosfer Tumbuhan Pantai Potensial Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman. Prosiding Seminar Nasional UNS. Akselerasi Pembangunan pertanian menuju kemandirian pangan dan energi tahun 2013.
- A'yun, K Q., Tutung H dan Mintarto M. 2013. Pengaruh Penggunaan PGPR Plant Growth Promoting Rhizobacteria Terhadap intensitas TMV (*Tobacco Mosaic Virus*), Pertumbuhan, dan Produksi Pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). Jurnal Hama Penyakit Tanaman: I (1): 47-55.
- Badan Statistik Indonesia. 2015a. Hasil Sensus Penduduk Indonesia (online) <http://www.bps.go.id/aboutus.php?sp=0>, diakses 13 Januari 2016.
- Kementeri Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura. 2015. Statistik Produksi Hortikultura, 2015. Departemen Pertanian. http://www.hortikultura.deptan.go.id/index.php?option=com_content&task=view&id=129&Itemid=164. [diakses 30 Mei 2016].
- Febriyanti, L.E., Martosudiro, M., dan Hadiastono, T., 2015. Pengaruh *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (Pgpr) Terhadap Infeksi *Peanut Stripe Virus* (Pstv), Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Varietas Gajah. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan. III (1): 84-92.
- Gholami, A., S. Shahsavani, and S. Nezarat. 2009. The effect of

- plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. *World Academy of Science, Engineering and Technology* XLIX. Page:19-24.
- Hemahenpagam N. And Selvaraj T. (2011), Effect of arbuscular mycorrhizal (AM) fungus and *plant growth promoting microorganisms*(PGPR's) on medicinal plant *Solanum viarum* seedling. *J. Environ. Biology*. XXXII: 579-583.
- Husen, E., Rasti Sarasati, dan Ratih Dewi Hastuti, 2007. Rizobakteri Pemacu Tumbuh Tanaman, <http://balittanah.litbang.deptan.go.id/>, 16 Juli 2015.
- Husen, E., Rasti Sarasati, dan Ratih Dewi Hastuti, 2008. Rizobakteri Pemacu Tumbuh Tanaman. www.nuance.com (diakses 15 Mei 2016).
- Joseph, W. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology* :1259-1266.
- Phabiola, Trisna Agung. Dan Khalimi, K. 2012. Pengaruh Aplikasi Formula *Pantoea agglomerans* Terhadap Aktivitas Antioksidan dan Kandungan Klorofil Daun Tanaman Strowberi. *Jurnal Agrotrop II* (2): 125- 131.
- Putri, F.2011. Bertani Di Lahan Pasir. [www.bbpp-Lembang .info](http://www.bbpp-Lembang.info) (diakses, 7 Februari, 2017).
- Septian, N.A.W., N. Aini, dan N. Herlina. 2015. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* Saccharata) Pada Tumpang Sari dengan Tanaman Kangkung (*pomea reptans*). Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. *Jurnal Produksi Tanaman*, III (2): 141 - 14.

Contribution of *Rhizobium*-Mycorrhiza-Merapi-*indigenous Rhizobacteria* Association on Growth and Yield of Three Cultivars Soybean Cultivated on Coastal Sandy Soil

DOI: 10.18196/pt.2017.066.7-14

Linda Kusumastuti*, Agung Astuti, Sarjiyah

Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
Jl. Lingkar Selatan, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Indonesia Telp. 0274 387656,

*Corresponding author, e-mail: lindakusuma22@gmail.com

ABSTRACT

A study was conducted to examine the effect of inoculum association between *Rhizobium* sp., mycorrhizae and Merapi-*indigenous Rhizobacteria* on the growth and yield of 3 soybean cultivars, and to determine the best inoculum and cultivars for soybean cultivation on coastal sandy soil. The study was conducted in the Agro-biotechnology and Research Laboratory and experimental station of Faculty of Agriculture, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta during the period of September 2015 to June 2016. Experiments were conducted by using coastal sandy soil as planting medium in polybags by employing 4 x 3 factorial experiments, arranged in completely randomised design, and placed under the field condition. The first factor used was inoculation treatment consisted of 4 combination of inoculums: (1) *Rhizobium* sp. - mycorrhizae, (2) *Rhizobium* sp. - Merapi-*indigenous Rhizobacteria*, (3) *Rhizobium* sp. - mycorrhizae - Merapi-*indigenous Rhizobacteria*, and (4) without inoculation. The second factor was soybean cultivars consisted of 3 varieties: (1) Grobogan, (2) Detam-1, and (3) Petek. Observation was carried out on nodulation, mycorrhizal effect, *Rhizobacterial* population dynamics, plant growth and yield. The results showed that *Rhizobium* sp.-mycorrhizae inoculated on Petek increased root growth, leaf area and yield (5,97 tonnes/ha). *Rhizobium* sp.-mycorrhizae inoculation only increased diameter of nodules. It was also observed that the best soybean cultivar for coastal sandy soil was Petek.

Keywords: Soybean cultivars, *Rhizobium* sp., Mycorrhizae, *Rhizobacteria indigenus* of Merapi, Coastal sandy soil

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh asosiasi inokulum pada pertumbuhan dan hasil 3 varietas kedelai dan menetapkan asosiasi inokulum dan varietas yang sesuai untuk pengembangan kedelai di lahan pasir pantai. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Agrobioteknologi, Laboratorium Penelitian dan lahan percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada bulan September 2015 hingga Juni 2016. Penelitian menggunakan rancangan percobaan faktorial (4 x 3) yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan media tanam pasir pantai. Faktor pertama adalah perlakuan inokulum yang terdiri dari 4 macam yaitu (1) *Rhizobium* sp.-Mikoriza, (2) *Rhizobium* sp.-*Rhizobacteri indigenus* Merapi, (3) *Rhizobium* sp.-Mikoriza-*Rhizobacteri indigenus* Merapi dan (4) tanpa inokulum. Faktor kedua adalah kultivar kedelai yang terdiri dari 3 varietas yaitu (1) Grobogan, (2) Detam-1 dan (3) Petek. Pengamatan dilakukan terhadap aktivitas nodulasi, pengaruh mikoriza, dinamika populasi *Rhizobacteri*, pertumbuhan perakaran, pertumbuhan vegetatif, dan hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi *Rhizobium* sp. - mikoriza hanya berpengaruh terhadap diameter nodul dan inokulasi *Rhizobium* sp.-mikoriza pada varietas Petek nyata meningkatkan pertumbuhan perakaran, luas daun dan hasil biji (5,97 ton/ha).

Kata kunci: Varietas kedelai, *Rhizobium* sp., Mikoriza, *Rhizobacteria indigenus* Merapi, Lahan pasir pantai

INTRODUCTION

Soybean has an important role as a protein source (Rahmat and Yuyun, 1996). Central Bureau of Statistics (Badan Pusat Statistik) [2015] stated that soybean production decreased by 5,38% yearly during the period of 2009 until 2013. Production of soybean was 850.000 tonnes in 2012, but soybean demand was forecasted to be 2.4 million tonnes. It was suggested that demand for tempeh and tofu reach 1.6 million tonnes and black soybean for soy sauce about

650,000 ton (Aditama, 2011). These figures suggest that, to catch up with the demand, soybean production needs to be increased by about 1.55 million tonnes.

Intensification such as high-yielding cultivars and biological fertilizer may provide ways to increase soybean production. Several soybean cultivars, such as Grobogan contains high protein and also high-yielding (Erliana *et al.*, 2009), while local cultivar from Boyolali, Petek, is known as

drought resistant cultivar, and Detam-1 cultivar contains high protein (45.36%) as well as high-yielding (3.45 tonnes/ha, [Balitkabi, 2008]).

Extensification may be conducted by using marginal area (Arie, 2013), such as coastal area which has the potential use of 1.060.000 ha. One of the drawbacks of coastal area is that it has low fertility, low nutrient and high porosity. Application of biological fertilizer may provide the alternative way to resolve coastal sandy soil problem. Some microorganisms are known to improve soil fertility such as *Rhizobium* sp., mycorrhiza and several indigenous *Rhizobacteria* such as Merapi-indigenous *Rhizobacteria*. *Rhizobium* sp. is known to reserve Nitrogen, while mycorrhiza reserve Phosphorus, and an indigenous *Rhizobacteria*, Merapi-indigenous *Rhizobacteria*, has been demonstrated to improve plant resistance to drought (Gunawan, 2014; Muhammad *et al.*, 2014).

Double inoculation of soybean with *Rhizobium* sp. and mycorrhiza resulted in the increase of nitrogen on coastal sandy soil and kept humidity of rhizosphere (Gunawan, 2014). On the other hand, single inoculation using *Rhizobium* sp. did not increase plant dry weight and leaf area yet (Lilik, 2005). Previous study also demonstrated that double inoculation using *Rhizobium* sp. and mycorrhiza, and single inoculation using only *Rhizobium* sp. resulted not significantly different effect on the number of pod, grain weight and yield. Double inoculation of soybean using *Rhizobium* sp.-mycorrhiza cultivated on coastal sandy soil produced only 25% of yield potential. Similarly, osmotolerant *Rhizobacteria-Rhizobium* sp. association did not increase soybean growth and yield (Ngadiman *et al.*, 2014). It is anticipated that inoculation of Grobogan cultivar using *Rhizobium* sp.-mycorrhiza – Merapi-indigenous *Rhizobacteria*, cultivated on coastal sandy soil, will increase soybean growth and yield which.

This study was, therefore, conducted to examine the contribution of inoculum association between *Rhizobium* sp., mycorrhizae and Merapi-indigenous *Rhizobacteria* on the growth and yield of 3 soybean cultivars, and to determine the best inoculum and cultivars for soybean cultivation on coastal sandy soil.

MATERIALS AND METHODS

Materials used in this study were *Rhizobium* sp., Merapi-indigenous *Rhizobacteria* MB and MD isolates (Agung_Astuti, 2012 personal communication), crude inoculum of mycorrhiza, Grobogan, Petek and Detam-1 soybean cultivars. The study was conducted in the Agro-biotechnology Research Laboratory and experimental station of Faculty of Agriculture, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta during the period of September 2015 to June 2016.

Experiments were conducted by using coastal sandy soil as planting medium in polybags, arranged in completely randomized design (CRD) of 4 x 3 factorial experiments and placed under the field condition. The first factor used was inoculation treatment consisted of 4 combinations of inoculum: (1) *Rhizobium* sp. – Mycorrhiza, (2) *Rhizobium* sp. – Merapi-indigenous *Rhizobacteria*, (3) *Rhizobium* sp. – Mycorrhiza – Merapi-indigenous *Rhizobacteria*, and (4) without inoculation. The second factor was soybean cultivars consisted of 3 varieties: (1) Grobogan, (2) Detam-1, and (3) Petek. Observation was carried out on nodulation, mycorrhizal effect, *Rhizobacterial* population dynamics, plant growth and yield.

The final results were analysed using ANOVA (analysis of variance) with α of 5%. The significantly different treatment was further tested by Duncan's multiple range test (Duncan Multiple). Periodic observation data were presented on graphs and histograms.

RESULTS AND DISCUSSION

The Effect of treatment on root nodulations

Rhizobium sp. infection is indicated by the formation of root nodule which indicates the compatibility with the plant. Table 1 shows the average number of nodules parameter presented following inoculation.

Table 1. Average number of nodule, nodule effectiveness, nodule weight and diameter in the ninth week

Treatment	Number of nodule*	Effective nodule percentage (%)***	Weight of nodule (g)*	Diameter of nodule (mm)*
Inoculum:				
<i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza	8,76 a	65,42 a	0,38 a	3,74 a
<i>Rhizobium</i> sp.- <i>Rhizobacteria</i>	2,78 a	37,78 a	0,05 b	1,59 a
<i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	2,56 a	49,17 a	0,12 b	2,46 a
Without inoculum	1,78 a	20,83 a	0,15 b	1,22 a
Soybean cultivar:				
Grobogan	6,42 p	49,17 p	0,31 p	2,86 p
Detam-1	4,08 p	31,11 p	0,14 p	1,72 p
Petek	1,33 p	49,62 p	0,08 p	2,18 p
Interaction	(-)	(-)	(-)	(-)

Note: numbers followed by the same letter showed no significant difference based on the F test α 5% and DMRT.

(-) No interaction between treatments

* square root data transformation

*** arc-sin and square root data transformation

It was observed that soybean cultivar did not significantly affect nodulation as *Rhizobium* sp. was found effectively nodulated all soybean cultivar. Soybean cultivar which was inoculated by *Rhizobium* sp.-mycorrhiza showed significantly different number of nodule (Lilik, 2005; Yudhy and Inorah, 2009). Ayu *et al.* (2013) suggested that the formation of nodule and nodule activity were influenced by phosphor from the mycorrhiza activities. The average of nodulation activities is presented in Table 1. It was the more effective nodule formed, the more nitrogen fixed and subsequently more chlorophyll and enzyme synthesised. The increase of chlorophyll and enzyme synthesis resulted in the increase of photosynthesis and vegetative, generative growth (yield) (Ramdana and Retno, 2015). Mycorrhiza is known

to increase water availability in the rhizosphere, which will result in the effective nodule and increased weight of nodule (Nike-Triwahyuningsih, 2004). The result showed that the formation of nodule in coastal sandy soil was longer than in fertile soil. Mycorrhiza is also known to increase diameter and effectiveness of nodule. The larger nodule diameter, the higher nodule effectivity as the larger diameter gives indication that the development of *Rhizobium* sp. inside nodule is good. Small nodules indicate slow growing tissue bacteroid, which subsequently reduced the effectiveness of nitrogen fixation (Ramdana and Retno 2015).

Effect of treatment on the effectivity of mycorrhizal inoculation

The results of this study demonstrated that inoculum and cultivar treatment have the same effect on mycorrhizal-infected root percentage. *Rhizobium* sp.-mycorrhiza association, however, demonstrated higher mycorrhizal-infected root percentage during 9 week. *Rhizobium* sp. produces Nod Factor as growth regulator for mycorrhiza, therefore Nod factor induces colonization and development of mycorrhiza through nodogen induction (van Brussel *et al.*, 1986 cit Xie *et al.*, 1995). Table 2 showed the number of spores as the indicator of mycorrhizal growth, while the average of mycorrhizal-infected root percentage is presented in Table 3.

Table 2. Average number of mycorrhizal spore (spore/ml) x104 in the ninth week

Treatment	<i>Rhizobium</i> sp.-mycorrhiza	<i>Rhizobium</i> sp.- <i>Rhizobacteria</i>	<i>Rhizobium</i> sp.-mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	Without inoculum	Average
Grobogan	616,67 a	166,67 cd	283,33 bc	533,33 a	400,00
Detam-1	66,67 d	358,33 b	275,00 bc	616,67 a	329,17
Petek	233,33 bc	375,00 b	166,67 cd	325,00 b	275,00
Average	305,56	300,00	241,67	491,67	(+)

Notes: numbers followed by the same letter showed no significant difference based on the F test α 5% and DMRT.

(+) There was interaction between treatments

Table 3. Average of mycorrhizal-infected root percentage in the ninth week

Treatment	Mycorrhiza infection percentage (%)**
Inoculum:	
<i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza	98,89 a
<i>Rhizobium</i> sp.- <i>Rhizobacteria</i>	95,56 a
<i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	97,78 a
Without inoculum	94,44 a
Soybean cultivar:	
Grobogan	95,00 p
Detam-1	97,50 p
Petek	97,50 p
Interaction	(-)

Notes: numbers followed by the same letter showed that no significantly difference based on the F test α 5% and DMRT.

(-) No interaction between treatments

** arc-sin data transformation

The different root exudates of each cultivar may contribute to the difference of microorganisms thrive in the rhizosphere, which may also affect the mycorrhizal growth. The presence of microorganism compatible with each cultivar may also increase plant growth. It was suggested that the factors which affect plant host may also affect to mycorrhizal growth (Tutik *et al.*, 2016).

The effect of treatment on activity of Merapi-*indigenus Rhizobacteria*

After inoculation was observed Merapi-*indigenus Rhizobacteria* population dynamics population. Microbial population dynamics for 9 weeks was presented in Figure 1.

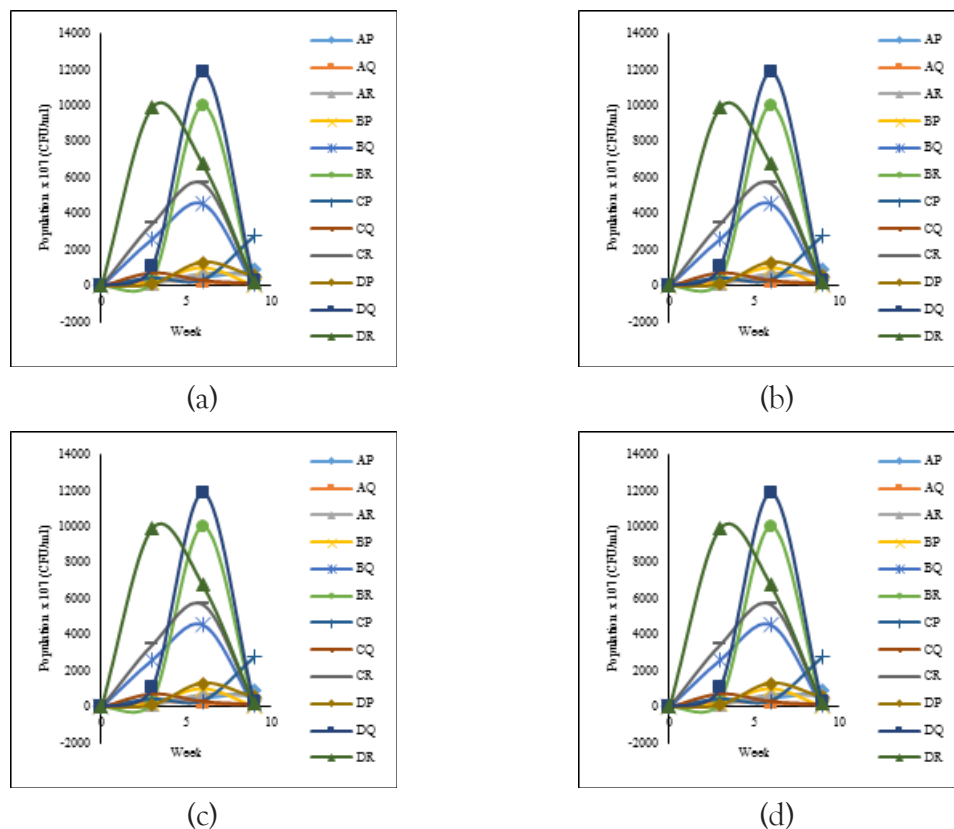


Figure 1. Population dynamics: (a) total bacteria, (b) other bacteria, (c) Merapi *indigenus Rhizobacteria*, MB isolate and (d) Merapi *indigenus Rhizobacteria*, MD isolate on three soybean cultivars

Remark:

- A = *Rhizobium* sp.-mycorrhiza
- B = *Rhizobium* sp.-*Rhizobacteria*
- C = *Rhizobium* sp.-mycorrhiza *Rhizobacteria*
- D = Without inoculum
- P = Grobogan
- Q = Detam-1
- R = Petek

Figure 1 showed that group of *Rhizobacteria* which compatible to each cultivar. MB and MD isolates in combination with mycorrhiza and *Rhizobium* sp. demonstrated the ability to adapt well as evidenced by the increase of population in the sixth week. Figure 1 (c) showed that Grobogan cultivar inoculated with MB isolate in combination with *Rhizobium* sp.-mycorrhiza demonstrated good adaption as shown by entering the log phase in the 0 – 3rd week, while other treatment still in the adaptation phase. On the other hand, the population of MD isolate (Figure 1.d) on all of treatment showed tendency to decrease, with the exception of Detam-1 cultivar inoculated with *Rhizobium* sp.-mycorrhiza-*Rhizobacteria* that the *Rhizobacteria* reached the highest level of log phase until the sixth week, and reached the death phase after nine weeks. It was also observed that inoculation with mycorrhiza increased the Merapi-indigenous *Rhizobacteria* growth. Marcia *et al.* (2011) suggested that the positive effect of one microbe to another is attributed by the metabolite secretion.

Root proliferation of three soybean cultivars cultivated on coastal sandy soil

Root proliferation illustrates the spread of the roots on the media. It was observed that inoculum and cultivar treatments resulted in a similar effect on root proliferation due to the presence of indigenous mycorrhizal spore and the facts that all treatments were infected by mycorrhiza including treatment without inoculum. Mycorrhiza-legumes association may increase the availability of phosphor, as well as the increase of nitrogenase activity which promoted root proliferation (Sylvia *et al.*, 2005).

Root system is influenced by both genetic factors and growth media. Most of soil nutrients are absorbed from soil solution through the root. It

was found that inoculum and cultivar treatments showed interacting effect on root length. The uninoculated Detam-1 cultivar showed tendency to have longer root as mycorrhiza-legume association may increase root proliferation (Sylvia *et al.*, 2005). The average length of root, fresh and dry weight of root are presented in Table 4.

Table 4. Average length of root, fresh and dry weight of root after nine weeks

Treatment	Length of root (cm)	Fresh root weight (g)	Dry root weight (g)
Grobogan- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza	60,83 ab	15,90 bcde	2,08 bcde
Grobogan- <i>Rhizobium</i> sp.- <i>Rhizobacteria</i>	40,83 bc	10,08 e	1,48 de
Grobogan- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	55,00 abc	11,12 e	1,33 de
Grobogan-without inoculum	54,83 abc	12,11 de	1,12 e
Detam-1- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza	59,00 abc	21,65 ab	2,22 bcde
Detam-1- <i>Rhizobium</i> sp.- <i>Rhizobacteria</i>	59,33 abc	11,31 e	1,68 cde
Detam-1- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	66,30 a	23,88 ab	2,80 bc
Detam-1- without inoculum	72,17 a	19,82 abcd	2,38 bcd
Petek- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza	67,67 a	24,47 a	4,13 a
Petek- <i>Rhizobium</i> sp.- <i>Rhizobacteria</i>	65,67 a	21,05 abc	2,39 bcd
Petek- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	43,50 bc	12,81 cde	1,83 bcde
Petek- without inoculum	57,67 abc	18,37 abcde	2,96 b
Interaction	(+)	(+)	(+)

Notes: numbers followed by the same letter showed that no significantly difference based on the F test α 5% and DMRT.
(+) There was interaction between treatments

Rhizobium sp.-mycorrhiza-Petek interaction resulted in nutrient absorption and high photosynthesis accumulation on the root, which increased fresh and dry roots. Such increased was supported by the high number of leaf and leaf area on Petek. It was suggested that factors affecting photosynthesis were genetic and the absorption of nutrients from soil (Gardner *et al.*, 1991).

Vegetative growth of three soybean cultivars cultivated on Coastal Sandy Soil

Table 6 lists growth parameter analysed. It is demonstrated that almost all growth parameters were affected by cultivar except fresh and dry

canopy weight. Several studies also suggest that cultivar affects plant height (Wayan *et al.*, 2011; Rosi and Santi, 2012), number of leaf (Wayan *et al.*, 2011) and flowering date (Anna, 2015; Rosi and Santi, 2012). Suhartina (2005) showed that Detam-1 height was higher than Grobogan and Petek suggesting that every cultivar brings out different character. Every cultivar has different ability to absorb nutrients resulting in different number of leaf and leaf area (Yutono, 1988 *in*: Farida, 2004). Gardner *et al.* (1991) also suggested that every cultivar showed different photosynthetic rates, while flowering date is affected by genetic factors, length of days and temperature (Suyanto and Musalamah, 2010).

Table 5. Average plant height, number of leaf, fresh and dry canopy weight, after nine weeks and the flowering date

Treatment	Plant height (cm)	Number of leaf	Fresh canopy weight (g)*	Dry canopy weight (g)*	Flowering date
Inoculum:					
<i>Rhizobium sp.</i> - mycorrhiza	45,51 a	35,31 a	66,97 a	14,83 a	33,30 a
<i>Rhizobium sp.</i> - <i>Rhizobacteria</i>	43,34 a	22,56 a	49,02 a	10,27 a	35,89 a
<i>Rhizobium sp.</i> - mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	41,64 a	23,19 a	47,87 a	10,15 a	35,81 a
Without inoculum	42,31 a	31,33 a	68,23 a	15,34 a	35,11 a
Soybean cultivar:					
Grobogan	36,38 q	15,86 q	44,90 p	10,84 p	28,92 r
Detam-1	46,58 p	26,88 q	56,33 p	11,01 p	33,11 q
Petek	46,64 p	41,56 p	72,84 p	16,08 p	46,06 p
Interaction	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Note: numbers followed by the same letter showed no significant difference based on the F test α 5% and DMRT.
(-) No interaction between treatments
* square root data transformation

Leaf area was found affected by cultivar and inoculum. Average leaf area in the ninth week is presented in Table 7. Petek, in combination with *Rhizobium sp.*-mycorrhiza resulted in significantly higher leaf area. Every cultivar has different ability to absorb nutrients resulting in different leaf area (Yutono, 1988 *in*: Farida, 2004), while the

inoculum increased nutrient availability (*note: there is no data supporting this notion*). Mycorrhiza inoculation on soybean cultivated on coastal sandy soil increased nitrogen and kept the humidity surrounding the rhizosphere (Gunawan, 2014).

Table 6. Average leaf area in the ninth week (cm²)*

Treatment	<i>Rhizobium sp.</i> - mycorrhiza	<i>Rhizobium sp.</i> - <i>Rhizobacteria</i>	<i>Rhizobium sp.</i> - mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	Without inoculum	Average
Grobogan	744,00 d	699,33 d	720,33 d	465,33 d	657,25
Detam-1	837,00 cd	1347,00 bcd	854,33 cd	1938,67 abc	1244,25
Petek	2779,67 a	1066,67 cd	1190,33 cd	2383,33 ab	1855,00
Average	1453,56	1037,67	921,67	1595,78	(+)

Notes: numbers followed by the same letter showed no significant difference based on the F test α 5% and DMRT.
(-) No interaction between treatments
* square root data transformation

Yield Components of Three Cultivars Soybean Cultivated on Coastal Sandy Soil

The productivity of plant was the ultimate goal of cultivation, including the cultivation of soybeans. Table 7 shows the average soybean yield components.

Table 7. Average number of pod, filled-pod percentage, pod dry weight and weight of 100 grains

Treatment	Number of pod*	Filled-pod percentage (%)*	Pod dry weight (gram)*	Weight of 100 grains (gram)
Inoculum:				
<i>Rhizobium sp.</i> - mycorrhiza	128,83 a	24,93 a	11,64 a	4,75 a
<i>Rhizobium sp.</i> - <i>Rhizobacteria</i>	142,75 a	26,97 a	12,59 a	5,19 a
<i>Rhizobium sp.</i> - mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	115,50 a	15,51 a	10,94 a	4,57 a
Without inoculum	128,44 a	18,49 a	10,14 a	4,51 a
Soybean cultivar:				
Grobogan	45,62 r	6,72 q	7,06 r	5,51 p
Detam-1	127,40 q	19,27 pq	15,78 p	4,49 p
Petek	213,63 p	38,43 p	11,14 q	4,26 p
Interaction	(-)	(-)	(-)	(-)

Note: numbers followed by the same letter showed no significant difference based on the F test α 5% and DMRT.
(-) No interaction between treatments
* square root data transformation

Cultivar was found to affect the number of total pods (Yudhy and Inorah, 2009), filled-pod percentage and pod dry weight. *Rhizobium sp.*-

Rhizobacteria association also showed tendency to have the best result on number of pod, pod dry weight, grain weight and weight of 100 grains. Some of PGPR bacteria have been demonstrated to develop association which resulted in the increase of nodulation and nitrogen absorption of legume (Figueiredo *et al.*, 2011). Petek was the cultivar with the highest number of pod and filled-pod percentage, while Detam-1 and Grobogan were the cultivars with highest pod dry weight, and the highest weight of 100 grains, respectively.

Table 8. Average grain weight and yield

Treatment	Grain weight (g)*	Yield (ton/ha)*
Grobogan- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza	0,74 b	0,33 b
Grobogan- <i>Rhizobium</i> sp.- <i>Rhizobacteria</i>	2,01 b	0,89 b
Grobogan- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	1,86 b	0,83 b
Grobogan-without inoculum	0,44 b	0,19 b
Detam-1- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza	1,26 b	0,56 b
Detam-1- <i>Rhizobium</i> sp.- <i>Rhizobacteria</i>	2,91 b	1,29 b
Detam-1- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	1,41 b	0,63 b
Detam-1- without inoculum	2,95 b	1,31 b
Petek- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza	13,43 a	5,97 a
Petek- <i>Rhizobium</i> sp.- <i>Rhizobacteria</i>	10,47 a	4,65 a
Petek- <i>Rhizobium</i> sp.- mycorrhiza- <i>Rhizobacteria</i>	2,91 b	1,29 b
Petek- without inoculum	4,41 b	1,96 b
Interaction	(+)	(+)

Notes: numbers followed by the same letter showed that no significantly difference based on the F test α 5% and DMRT.

(-) No interaction between treatments
* square root data transformation

Grain weight and yield on Petek in combination with *Rhizobium* sp.-mycorrhiza-*Rhizobacteria* were significantly higher than other treatments. *Rhizobium* sp.- mycorrhiza or *Rhizobium* sp.-*Rhizobacteria* inoculation were better than third inoculation. It is known that grain weight and yield is supported by length root, root fresh and dry weight as a result of inoculation. The longer and the more complex roots, the greater σ water and nutrient absorption (Lakitan, 2007). The availability of nutrients, combined with dif-

ference number of leaves and leaf area of each cultivar required for photosynthesis, will affect the filling of seed which leads to the increase of grain weight and yield. It should also be noted that each cultivar has different adaptation to the environment (Yudhy and Inorlah, 2009), which means that Petek cultivar is more adaptive to coastal sandy soil as it is regarded as quite drought resistant cultivar (Sri *et al.*, 2015).

CONCLUSION

The present study demonstrated that inoculation of Petek cultivar using *Rhizobium* sp.-mycorrhiza resulted in significantly increased root growth, leaf area, and yield (5.97 ton/ha) and diameter of nodule. Therefore, it is concluded that association between *Rhizobium* sp.-mycorrhiza and *Rhizobium* sp.-Merapi-indigenous *Rhizobacteria* with Petek is suitable for soybean cultivation on coastal sandy soil.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank PT. Indo-food Sukses Makmur for providing research grants through Indofood Riset Nugraha 2015/2016 program.

REFERENCES

- Adetama, D. S. 2011. Analisis Permintaan Kedelai. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta. 14 p.
- Agung_Astuti. 2012. Isolasi *Rhizobakteri indigenous* Lahan Pasir Vulkanik Merapi yang Tahan Terhadap Cekaman Kekeringan. Scientific Seminar in Faculty Agriculture, UMY.
- Anna E., Diana S. H. and Isman N. 2015. Respon Morfologis dan Fisiologis Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di Tanah Masam. Jurnal Online Agroekoteknologi. 3 (II): 507-514.
- Arie. 2013. Angan Swasembada Pangan. http://www.kompasiana.com/ariefebtyo/angan-swasembada-pangan_552995c8f17e614a0ad623a8. Diakses 10 Juli 2015.
- Ayu M., Rosmayanti dan Luthfi A. M. 2013. Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Varietas Kedelai terhadap Inokulasi *BradyRhizobium*. Jurnal Online Agroteknologi. 1(2):15-23.
- Balitkabi. 2008. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang.171 hal.

- BPS. 2015. Produksi Kedelai. <http://BPS.go.id>. Diakses 2 Juni 2015.
- Erliana G, Sri S. A. dan Sri W. 2009. Varietas Unggul Kedelai Untuk Bahan Baku Industri Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*. 28 (3):79-87.
- Farida K. 2004. Pengaruh Inokulasi *Rhizobium* - CMA terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Kedelai pada Tanah Entisol. Skripsi Fakultas Pertanian UMY. Yogyakarta.
- Figueiredo, M., Ademir S., Helio A. and Mario de A. 2011. Biodiversity and The Potential of PGPR: Plant-Microorganism Interactions in Microbial Ecology of Tropical Soils. Nova Science Publisher. Inc. New York. p.332.
- Gardner, F. P., R. Brent P. dan Roger L. M. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. UI Press. Jakarta. 428 hal.
- Gunawan B. 2014. Manajemen Sumberdaya Lahan. Lembaga Penelitian, Publikasi dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta. Hal. 147-160.
- Lakitan, B. 2007. Dasar - Dasar Fisiologi Tumbuhan. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Lilik U. 2005. Pengaruh Inokulasi *Rhizobium*-VAM dan Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai di Lahan Pasir Pantai. *Jurnal Agr-UMY*. XIII (1): 20-31.
- Marcia F., Ademir S., Helio A and Mario A. 2011. Biodiversity and The Potential of PGPR: Plant-microorganism Interactions. Nova Science Publisher, Inc. New York. p.332.
- Muhamad H. R., Agung_Astuti dan Haryono. 2014. Pengujian Toleransi Terhadap Cekaman Kekeringan pada Berbagai Varietas Padi yang Diinokulasi *Rhizobacteri indigenus* Merapi. <http://thesis.umi.ac.id/datapublik/t34775.pdf>. Diakses 10 Juli 2015. Hal. 4-10.
- Nasih W. Y. 2009. Membangun Kesuburan Tanah di Lahan Marginal. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. IX (2):137-141.
- Nike-Triwahyuningsih, Agung_Astuti, Lilik U., Bambang H. I., Budiyono dan F. Khusna. 2004. Aktivitas Nodulasi pada Kedelai Edamame dan Wilis pada Perlakuan Inokulasi Ganda *Rhizobium*-Cendawan Mikoriza Arbuskula di Tanah Entisol Berkapur. *Jurnal AgrUMY XII* (2):65-78.
- Ngadiman, Sri W., Triwibowo Y. dan Marta R. T. 2014. Peranan Inokulasi Ganda Rhizobia Pemnodul Akar dan *Rhizobacteri* Osmotoleran terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai dalam Kondisi Cekaman Kekeringan. http://opac.lib.ugm.ac.id/index.php?mod=penelitian_detail&sub=PenelitianDetail&act=view&typ=html&buku_id=428551&obyek_id=4. Diakses 11 Juli 2015.
- Rahmat R. dan Yuyun Y. 1996. Kedelai, Budidaya dan Pasca Panen. Kanisius. Yogyakarta. Hal. 12.
- Ramdana S. dan Retno P. 2015. *Rhizobium*: Pemanfaatannya sebagai Bakteri Penambat Nitrogen. *Info Teknis EBONI* 12 (1):51-64.
- Rosi W. dan Santi D. A. 2012. Tanggap Beberapa Varietas Kedelai terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Bio P 2000Z. Prosiding Seminar Nasional. Purwokerto.
- Sri S., Didik I., Putu S. dan Jaka W. 2015. Kebutuhan Air, Efisiensi Penggunaan Air dan Ketahanan Kekeringan Kultivar Kedelai. *Agritech* 35 (1):114-120.
- Suhartina. 2005. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang. 154 hal.
- Suyamto dan Musalamah. 2010. Kemampuan Berbunga, Tingkat Keguguran Bunga dan Potensi Hasil Beberapa Varietas Kedelai. *Buletin Plasma Nutfah* 16 (1):38-43.
- Sylvia, David M., Jeffry J. M., Peter G. H. and David A. Z. 2005. Principles and Applications of Soil Microbiology. Pearson Education Inc., Upper Saddle River. New Jersey. 640 p.
- Tutik N., Kristanti I. P. dan Dini E. 2016. Isolasi Mikoriza Vesikular Arbuskular pada Lahan Kering di Jawa Timur. <http://personal.its.ac.id/files/pub/5146-tutiknurhidayatissi-EDITING%20KE%20%20ISOLASI.doc>. Diakses 18 Mei 2016.
- Wayan W., Ari A. dan Nihla F. 2011. Respon Berbagai Varietas Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) terhadap Sterilisasi Tanah dan Inokulasi dengan Mikoriza Arbuskular. *Agrotekso*. 21 (1): 19-28.
- Xie, Zhi-Ping, Christian S., Horst V., Andreas W., Said J., William J. B., Regina V. and Thomas B. 1995. Rhizobial Nodulation Factors Stimulate Mycorrhizal Colonization of Nodulating and Nonnodulating Soybeans. *Plant Physiol*. 108:1519-1525.
- Yudhy H. B. dan E. Inorih. 2009. Dampak Inokulasi Ganda Cendawan Mikoriza Arbuskula dan *Rhizobium* Indigenus pada Tiga Genotipe Kedelai di Tanah Ultisol. *Akta Agrosia*. 12(2):155-166.

Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Generasi Satu (G_1) Varietas Granola

DOI: 10.18196/pt.2017.067.15-22

Deden Fatchullah

Balai Penelitian Tanaman Sayuran,

Jl. Tangkuban Perahu 517, Kotak Pos 8413 Lembang 40391, Jawa Barat, Indonesia, Telp. 022 2786245, Fax. 022 - 2789951, 2787676,

e-mail: Fatchullah1960@gmail.com

ABSTRAK

Percobaan dilakukan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa), Desa Cikole, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat dari bulan September sampai bulan Desember 2015. Tempat penelitian berada pada ketinggian 1.250 meter dpl dengan jenis tanah Andosol dan tipe iklim B (Basah). Tujuan percobaan ini adalah untuk mendapatkan kerapatan tanaman yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil benih generasi satu (G_1) varietas Granola. Metode percobaan yang digunakan adalah metode eksperimen menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktor tunggal dengan 6 ulangan. Terdapat 4 Perlakuan jarak tanam yaitu A_1 (5 cm x 5 cm), A_2 (6 cm x 6 cm), A_3 (7 cm x 7 cm) dan A_4 (8 cm x 8 cm). Hasil percobaan menunjukkan terdapat pengaruh yang nyata jarak tanam terhadap tinggi tanaman umur 21 hst, kanopi tanaman umur 21 hst, dan persentase tumbuh umur 63 hst. Tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan A_1 jarak tanam (5 cm x 5 cm) umur 21 hst yaitu 15,11 cm, kanopi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan A_1 jarak tanam (5 cm x 5 cm) umur 21 hst yaitu 10,40 cm dan persentase tumbuh tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan A_4 jarak tanam (8 cm x 8 cm) yaitu 27,34%.

Kata kunci: *Solanum tuberosum*, Kerapatan tanaman, Benih generasi satu, Varietas granola

ABSTRACT

The experiment was conducted in Experimental Research Station of Indonesian Institute for Vegetable Research (IIVR) at Cikole, Lembang city, West Bandung in September to December 2015. The research area was located in 1250 m above sea level with the type of soil is Andosol, and type of climate is B (Wet). The objective of this experiment was to find out the effect of plant spacing on the growth and the quality of potato seed (*Solanum tuberosum* L. var granola) of the first generation (G_1). The experiment was arranged in a randomized block design (RBD) with a single factor. The treatment was 4 types of plant spacing: A_1 (5 cm x 5 cm), A_2 (6 cm x 6 cm), A_3 (7 cm x 7 cm) and A_4 (8 cm x 8 cm). The result showed that the plant spacing was significantly affecting on plant height and plant canopy at 21 days after planting (DAP), and percentage of germination at 63 DAP. It was determined that A_1 plant spacing (5cm x 5cm) provide the highest plant (15.11 cm) and highest plant canopy (10.40 cm) at 21 DAP, and A_4 plant spacing (8cm x 8cm) present the highest of a percentage of germination (27,34%).

Keywords: *Solanum tuberosum*, Plants density, Seed of first generation, Granola variety

PENDAHULUAN

Kentang adalah tanaman pangan utama keempat dunia setelah gandum, padi, dan jagung. Kentang merupakan salah satu jenis tanaman hortikultura yang dikonsumsi umbinya, atau dikenal sebagai sayuran umbi yang banyak mengandung karbohidrat dan sangat bermanfaat bagi tubuh manusia. Nilai gizi pada kentang tergolong tinggi terutama kandungan karbohidrat, sehingga kentang dikenal sebagai bahan pangan yang dapat mensubstitusi sumber karbohidrat lain. Namun, produksi kentang di berbagai

wilayah di Indonesia kurang produktif (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998).

Proses produksi tanaman kentang sebenarnya tidak memerlukan waktu yang panjang. Kentang dapat dipanen dalam waktu tiga sampai empat bulan tergantung varietas yang digunakan. Pemilihan varietas yang sesuai dan pengelolaan budidaya kentang yang baik akan sangat berpengaruh pada peningkatan hasil tanaman. Hasil utama kentang adalah umbi, bahan pangan yang kaya akan vitamin dan mineral (Samadi, 2007).

Data konsumsi kentang di Indonesia dari tahun 2007-2011 tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Konsumsi Rumah Tangga Komoditas Kentang 2007 - 2011

Uraian	Tahun				
	2007	2008	2009	2010	2011
Konsumsi kentang seminggu (kg/kap/minggu)	0,040	0,039	0,033	0,035	0,030
Konsumsi kentang setahun (kg/kap/tahun)	2,086	2,034	1,721	1,825	1,564

Produktivitas tanaman kentang di Indonesia 13,38 ton/ha, namun dari tahun ketahun luas areal, hasil produksi, dan produktivitas kentang mengalami fluktuasi. Produktivitas kentang di Indonesia relatif masih rendah disebabkan penggunaan mutu bibit yang mempunyai kualitas rendah, pengetahuan yang kurang tentang budidaya, penanaman secara terus menerus dan permodalan petani yang terbatas (Sunarjono, 2007). Produksi, luas panen, dan produktivitas kentang di Indonesia dari tahun 2010-2014 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Produksi, Luas Panen dan Produktivitas Tanaman Kentang

Tahun	Produksi (ton)	Luas Panen (ha)	Produktivitas (ton/ha)
2010	1.060.805	66.531	15,94
2011	955.488	59.882	15,96
2012	1.094.232	65.989	16,58
2013	1.124.282	70.187	16,02
2014	1.316.015	76.090	17,30

Sumber: Badan Pusat Statistik dan Dirjen Hortikultura Produktivitas Kentang (2015).

Salah satu usaha untuk meningkatkan produksi kentang adalah dengan meningkatkan teknik budidaya di antaranya menggunakan umbi yang bermutu tinggi yang meliputi mutu genetik, mutu fisiologis dan mutu fisik. Mutu genetik dicirikan oleh kemurnian benih sehingga benih tanpa ada varietas lain di dalamnya, mutu fisiologis umbi kentang dicirikan dengan

reproduksi umbi, pembentukan dan perkembangan biji, daya perkecambahan viabilitas, daya simpan yang tinggi, vigor dan kemunduran benih. Sedangkan, mutu fisik mencakup tingkat keseragaman yang tinggi baik bentuk, warna, ukuran dan berat jumlah atau volume (Sadjad, 1993).

Bibit adalah bakal terjadinya suatu tanaman, oleh karena itu sangat menentukan hasil yang akan dicapai, umbi yang mempunyai mutu baik dapat membantu meningkatkan produktivitas kentang (Gunadi, 1993). Bibit kentang dapat diperbanyak secara vegetatif melalui umbinya serta dapat digunakan pula bagian – bagian lainnya seperti stek pucuk, stek tunas, dan stek batang (Rukmana, 1997). Penggunaan varietas unggul sangat berperan dalam peningkatan dan produktivitas kentang, akan tetapi keunggulan suatu varietas dibatasi oleh berbagai faktor, termasuk penurunan ketahanan terhadap hama dan penyakit tertentu setelah dikembangkan dalam periode tertentu.

Penggunaan kerapatan tanaman pada dasarnya untuk memberikan ruang serta pertumbuhan tanaman yang baik tanpa mengalami persaingan antara sesama tanaman. Menurut Abidin (1984), jarak tanam untuk kerapatan tanam bisa mempengaruhi lingkungan tumbuh dan hasil tanaman, semakin rapat jarak tanam semakin tinggi populasi tanaman sehingga kompetisi antar tanaman untuk menyerap unsur hara dari tanah akan meningkat. Penggunaan kerapatan tanam dalam pembibitan kentang secara vegetatif, yakni 5 cm x 5 cm, 6 cm x 6 cm, 7 cm x 7 cm, dan 8 cm x 8 cm, menunjukkan bahwa semakin rapat jarak tanamnya makin kecil umbi yang dihasilkan (Sunarjono, 2008).

Dari segi agronomis yang mempengaruhi produksi umbi asal stek adalah kerapatan tanaman karena variabel ini erat kaitannya dengan

pengaturan jarak tanam (Karjadi, 1996). Menurut Smith (1968) dalam Karjadi (1996) ternyata jarak tanam yang sempit akan menghasilkan presentase ukuran umbi kecil paling besar. Menurut Abidin *et al.* (1984), jika jarak tanam melampaui batas minimum kerapatan tanaman, maka hasil umbi yang dipanen tidak akan meningkat secara menguntungkan. Penggunaan jarak tanam dapat berpengaruh terhadap naungan daun karena adanya perombakan struktur daun, penambahan tinggi tanaman, penurunan jumlah anakan dan jumlah cabang (Ansori dan Haryadi 1973, Fatullah dan Asandhi 1992).

Jarak tanam untuk kentang konsumen akan berbeda dengan jarak tanam untuk kentang bibit (umbi mini). Hasil penelitian Karjadi (1990), khusus varietas Granola, kerapatan yang digunakan antara 70 cm x 15 cm sampai dengan 70 cm x 30 cm. Pada kerapatan ini persentase ukuran umbi mininya lebih besar. Untuk ukuran umbi mini < 10 g terbanyak dihasilkan untuk ukuran 70 cm x 15 cm (ukuran plot 2 m x 2 m, umbi mini jumlah 40,69). Menurut Abdullah (1994), telah dilakukan percobaan jarak tanam untuk produksi umbi mini dengan jarak tanam yang bervariasi (5 cm x 5 cm), (2,5 cm x 5,0 cm), (1,5 cm x 5,0 cm) dan (2,5 cm x 2,5 cm) pada kultivar Katahdin. Hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa makin tinggi kerapatan tanaman dari semua taraf media yang dicobakan produksi cukup tinggi, namun proporsi umbi bobot 1-10 g (umbi mini) lebih rendah. Persentase umbi mini tertinggi diperoleh pada jarak tanam (5cm x 5 cm).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kerapatan tanaman yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil benih generasi satu (G_1) varietas Granola. Hipotesis penelitian ini yaitu kerapatan tanaman berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan

hasil benih generasi satu (G_1) varietas Granola dan terdapat salah satu kerapatan tanaman yang dapat memberikan pengaruh tertinggi terhadap pertumbuhan dan hasil benih generasi satu (G_1) varietas Granola.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) Desa Cikole, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat. Lokasi Percobaan mempunyai ketinggian 1.250 meter dpl, jenis tanah termasuk jenis tanah Andosol dan tipe iklim B tipe Basah. Percobaan dilaksanakan pada musim kemarau dari bulan September sampai bulan Desember 2015.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktor tunggal dengan 6 ulangan. Terdapat 4 perlakuan jarak tanam yaitu : $A_1 = (5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm})$, $A_2 = (6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm})$, $A_3 = (7 \text{ cm} \times 7 \text{ cm})$, $A_4 = (8 \text{ cm} \times 8 \text{ cm})$.

Analisis ragam (*Analysis of variance*) dilakukan untuk semua data hasil pengamatan utama, uji F dilakukan pada taraf 5 %. Jika hasil uji F dalam analisa ragam menunjukkan berbeda nyata, maka dilanjutkan dengan pengujian beda rata-rata perlakuan tersebut dengan menggunakan uji Duncan atau *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5 % (Gomez dan Gomez, 2010).

Pelaksanaan percobaan meliputi kegiatan: persiapan baki plastik tempat penanaman, persiapan stek tunas kentang, persiapan media tanam, pencaplakan, pembibitan stek tunas kentang, pengaturan jarak tanam, penanaman, pemupukan, penyiraman, penyiangan, pengendalian hama dan penyakit serta panen.

Untuk mengetahui pengaruh jarak taman terhadap pertumbuhan tanaman kentang, pen-

gamatan dilakukan terhadap beberapa variabel tanaman meliputi: tinggi tanaman, kanopi tanaman, persentase tanaman tumbuh, jumlah umbi per tanaman, bobot umbi per tanaman, hasil umbi per petak. Data yang diperoleh kemudian dianalisis statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jarak tanam berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada umur 21 hari setelah tanam (hst), tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada umur 42 hst dan 63 hst. Hasil analisis uji DMRT 5% menunjukkan bahwa pada pengamatan 21 hst, perlakuan A₁ (5 cm x 5 cm) memberikan tanaman tertinggi yaitu 15,11 cm dan berbeda nyata terhadap perlakuan A₃ dan A₄, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan A₂ (6 cm x 6 cm) dengan tinggi 14,48 cm (Tabel 3). Tanaman kentang dipengaruhi oleh jarak tanam, di mana semakin rapat jarak tanam maka laju pertumbuhan tinggi tanaman semakin tinggi. Selanjutnya menurut Fatullah dan Asandhi (1992), penggunaan jarak tanam dapat berpengaruh terhadap naungan daun, penambahan tinggi tanaman, penurunan jumlah anakan, dan jumlah cabang.

Berbedanya hasil tinggi tanaman pada pengamatan pertama dikarenakan adanya perbedaan dari setiap perlakuan jarak tanam yang dapat berpengaruh pada daya tumbuh tanaman kentang varietas Granola. Sutapradja (2008), menyatakan bahwa walaupun varietas yang digunakan sama tetapi jarak tanam yang digunakan berbeda akan menghasilkan tinggi tanaman yang berbeda pula.

Pada pengamatan 42 hst menunjukkan bahwa tinggi tanaman berbeda tidak nyata antar perlakuan jarak tanam (Tabel 3). Hal ini dikarenakan oleh faktor lingkungan salah satunya adalah

cahaya matahari. Pada saat tanaman berumur 30 sampai 42 hst mulai memasuki musim penghujan, sehingga cahaya matahari yang diterima oleh tanaman tidak optimal. Selain itu, tingkat cahaya matahari yang kurang dikarenakan musim penghujan tersebut, dapat menjadi penyebab tanaman mengalami etiolasi. Diketahui sinar matahari berguna bagi fotosintesis pada tanaman tetapi efek lain dari sinar matahari yaitu menekan pertumbuhan sel tanaman yang menyebabkan tanaman yang diterpa matahari akan lebih pendek daripada tanaman yang tumbuh di tempat gelap (Salisbury, 1995 dalam Adinan, 2015).

Tabel 3. Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Generasi Satu (G1) Varietas Granola pada Komponen Tinggi Tanaman

Kode	Perlakuan Jarak Tanam (cm)	Rata-rata Tinggi Tanaman (cm)		
		21 hst	42 hst	63 hst
A1	5 cm x 5 cm	15,11 a	44,70 a	59,59 a
A2	6 cm x 6 cm	14,48 a	45,36 a	59,81 a
A3	7 cm x 7 cm	11,67 b	40,50 a	62,58 a
A4	8 cm x 8 cm	10,43 b	38,95 a	64,87 a
	CV (%)	9,40	11,26	9,19

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada setiap kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Etiolasi yang terjadi pada tanaman kentang umur 42 hst dan 63 hst ini disebabkan oleh intensitas cahaya matahari yang rendah karena musim penghujan. Oleh sebab itu, pertumbuhan seluruh tanaman percobaan menjadi seragam dan tidak memperlihatkan hasil yang signifikan. Pada pengamatan 63 hst, antar perlakuan juga menunjukkan tidak berbeda nyata. Hal ini dikarenakan pada umur 63 hst tanaman, tanaman sudah memasuki fase generatif sehingga fase pertumbuhan tinggi tanaman sudah terhenti dan tanaman berfokus pada pembentukan umbi. Samadi (2007), menyatakan bahwa tanaman

pembentuk umbi, pada fase generatif terjadi hambatan pertumbuhan batang. Tanaman kentang varietas Granola merupakan jenis kentang *determinate* yang berarti tanaman ini akan berhenti pertumbuhannya setelah memasuki fase generatif (Setiawan, 2011).

Kanopi Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan jarak tanam berpengaruh nyata terhadap komponen kanopi tanaman pada umur 21 hst, tetapi tidak berpengaruh nyata pada komponen kanopi tanaman pada umur 42 hst dan 63 hst.

Tabel 4. Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Generasi Satu (G1) Varietas Granola pada Komponen Rata-rata Kanopi Tanaman (cm)

Kode	Perlakuan Jarak Tanam (cm)	Rata-rata Kanopi Tanaman (cm)		
		21 hst	42 hst	63 hst
A1	5 cm x 5 cm	10,40 a	18,41 a	23,52 a
A2	6 cm x 6 cm	10,08 a	19,58 a	24,15 a
A3	7 cm x 7 cm	8,78 b	18,24 a	23,60 a
A4	8 cm x 8 cm	7,80 b	19,24 a	26,92 a
	CV (%)	9,00	9,69	8,85

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada setiap kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Uji DMRT 5% menunjukkan bahwa pada pengamatan 21 hst, perlakuan A₁ (5 cm x 5 cm) memberikan rata-rata kanopi tanaman tertinggi yaitu 10,40 cm dan berbeda nyata dengan perlakuan A₃ dan A₄, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan A₂ (6 cm x 6 cm) dengan rata-rata kanopi tanaman 10,08 cm (Tabel 4). Hal tersebut disebabkan jarak tanam yang digunakan pada perlakuan A₁ (5 cm x 5 cm) dan perlakuan A₂ (6 cm x 6 cm) lebih sempit dibandingkan dengan perlakuan lainnya sehingga daun antara tanaman yang satu dengan yang lainnya lebih cepat menutupi permukaan tanah. Sutapradja (2008), berpendapat bahwa pengaruh kerapatan

penanaman adalah pembentukan kanopi daun yang saling bertemu di antara tanaman satu dengan yang lainnya, dengan menutupnya kanopi dedaunan lebih awal dan lebih rapat akan menyebabkan fotosintesis lebih optimal. Selain itu, suhu tanaman lebih sejuk karena terlindungi oleh dedaunannya sendiri. Suhu tanah yang lebih sejuk juga akan mengoptimalkan pertumbuhan umbi yang terbentuk di dalam tanah.

Pada pengamatan 42 hst, kanopi tanaman antar perlakuan menunjukkan berbeda tidak nyata karena tanaman pada umur 30 sampai 42 hst mulai memasuki musim hujan dimana sinar matahari tertutup oleh awan, sehingga mengakibatkan penyerapan sinar matahari oleh daun tidak optimal dan laju fotosintesis terhambat. Hal ini sesuai dengan pendapat Lakitan (2012), yang menyatakan bahwa terhambatnya laju fotosintesis karena kurangnya sinar matahari yang diserap oleh daun.

Pada pengamatan 63 hst, kanopi tanaman antar perlakuan juga menunjukkan berbeda tidak nyata. Hal ini dikarenakan tanaman sudah memasuki fase generatif yang di tandai dengan daun-daun yang sudah mulai menguning dan mulai gugur. Menurut Samadi (2007), tanaman kentang pada fase generatif mulai menunjukkan gejala fisiologis seperti tinggi tanaman terhenti serta daun mulai menguning dan gugur.

Persentase Tanaman Tumbuh

Hasil analisis ragam pengamatan persentase tanaman tumbuh menunjukkan tidak adanya pengaruh nyata terhadap persentase tanaman tumbuh pada umur 21 hst dan 42 hst, tetapi berpengaruh nyata pada umur 63 hst. Uji DMRT taraf 5% menunjukkan bahwa nilai CV pada pengamatan 21 hst untuk perlakuan A₁ (5 cm x 5 cm) adalah 17,18% dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 5). Hal tersebut

dikarenakan terjadinya perbedaan adaptasi dari setiap perlakuan sehingga menyebabkan daya tumbuh setiap perlakuan berbeda. Johannes dan Dedeh (2014), menyatakan bahwa perkembangan benih saat awal pertunasan sangat dipengaruhi oleh interaksi antara faktor genetik dan faktor lingkungan, pecah tunas sangat ditentukan oleh jenis bibit dan cara budidaya yang digunakan sehingga dapat terjadi perbedaan pada setiap tanaman.

Tabel 5. Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Generasi Satu (G1) Varietas Granola pada Komponen Rata-rata Tanaman Tumbuh (%)

Kode	Perlakuan Jarak Tanam (cm)	Rata-rata Persentase Tumbuh (%)		
		21 hst	42 hst	63 hst
A1	5 cm x 5 cm	2,50 a	12,42 a	18,42 c
A2	6 cm x 6 cm	2,21 a	12,95 a	22,78 b
A3	7 cm x 7 cm	1,92 a	10,78 a	21,89 bc
A4	8 cm x 8 cm	2,23 a	14,31 a	27,34 a
	CV (%)	17,18	21,09	13,54

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada setiap kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Pada pengamatan 42 hst perlakuan A₄ (8 cm x 8 cm) dengan nilai CV 21,09% tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hal ini dikarenakan pada umur 42 hst, tanaman kentang mulai memasuki fase generatif. Dimana pada fase ini, pertumbuhan tanaman mulai memfokuskan pada perkembangan bagian tubuh tanamannya, yaitu mulai berkembangnya stolon kentang pada bagian akar (Napitupulu dan Edison, 1997).

Pada pengamatan 63 hst perlakuan A₄ (8 cm x 8 cm) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya dengan nilai CV 13,54%. Hal ini pada perlakuan jarak tanam yang lebar tidak terlalu terjadi kompetisi antar tanaman yang ketat dibandingkan jarak tanam yang rapat. Menurut Jumin dan Napitupulu (1997), agar tidak terjadi persaingan antar tanaman satu dengan lainnya

harus diusahakan pengaruh jarak tanam yang sesuai dengan pertumbuhan tanaman.

Jumlah Umbi per Tanaman

Berdasarkan hasil analisis ragam komponen hasil jumlah umbi per tanaman pada taraf 5% menunjukkan tidak adanya pengaruh nyata dari setiap perlakuan terhadap jumlah umbi per tanaman.

Uji DMRT taraf 5% menunjukkan bahwa pada pengamatan jumlah umbi per tanaman perlakuan A₃ (7 cm x 7 cm) memberikan hasil tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Generasi Satu (G1) Varietas Granola pada Komponen Hasil Jumlah Umbi Per tanaman

Kode	Perlakuan Jarak Tanam (cm)	Jumlah Umbi per Tanaman (knol)
A1	5 cm x 5 cm	21,86 a
A2	6 cm x 6 cm	22,23 a
A3	7 cm x 7 cm	23,75 a
A4	8 cm x 8 cm	20,13 a
	CV (%)	20,52

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada setiap kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Bobot Umbi Per tanaman

Analisis ragam menunjukkan tidak adanya pengaruh nyata dari setiap perlakuan terhadap hasil bobot umbi per tanaman. Uji DMRT 5% menunjukkan bahwa pada pengamatan bobot umbi pertanaman perlakuan A₂ (6 cm x 6 cm) tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 7).

Pada Tabel 7, menunjukkan tidak ada jarak tanam yang optimum pada semua perlakuan yang diuji terhadap hasil bobot umbi kentang (gr/tanaman). Hal tersebut disebabkan oleh penggunaan jarak tanam yang terlalu sempit sehingga mengakibatkan persaingan unsur hara

antar tanaman pada setiap setiap perlakuan. Jarak tanam yang sempit akan mengakibatkan terjadinya persaingan air, unsur hara, ruang tumbuh, cahaya matahari dan perkembangan stolon menjadi umbi, sehingga umbi yang dihasilkan pada jarak tanam yang sempit relatif berukuran kecil.

Tabel 7. Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Generasi Satu (G1) Varietas Granola pada Komponen Hasil Bobot Umbi Pertanaman

Kode	Perlakuan Jarak Tanam (cm)	Bobot Umbi (gr/tanaman)
A1	5 cm x 5 cm	22,30 a
A2	6 cm x 6 cm	24,48 a
A3	7 cm x 7 cm	22,74 a
A4	8 cm x 8 cm	18,47 a
	CV (%)	20,55

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada setiap kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Jarak tanam mempengaruhi tingkat persaingan dalam hal penggunaan air, zat hara dan cahaya matahari yang sangat diperlukan oleh tanaman untuk proses fotosintesis sehingga mempengaruhi hasil umbi. Jika jarak tanam melampaui batas minimum kerapatan tanaman, maka hasil umbi yang dipanen tidak akan meningkat secara menguntungkan (Johanes dan Dedeh, 2014). Jarak tanam yang sempit mengakibatkan tidak adanya ruang untuk perkembangan stolon dan pembesaran umbi. Menurut Fatullah dan Asandhi (1992) jarak tanam berpengaruh terhadap penurunan jumlah anakan tanaman kentang.

Bobot Umbi per petak

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan tidak adanya pengaruh nyata dari setiap perlakuan terhadap hasil bobot umbi baki. Uji DMRT 5% menunjukkan bahwa pada pengamatan bobot umbi per petak perlakuan A₃ (7 cm x 7 cm) tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 8).

Tabel 8. Pengaruh Kerapatan Tanaman terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Generasi Satu (G1) Varietas Granola pada Komponen Hasil Bobot Umbi per Petak

Kode	Perlakuan Jarak Tanam (cm)	Bobot Umbi (gr/petak)
A1	5 cm x 5 cm	440,67 a
A2	6 cm x 6 cm	486,17 a
A3	7 cm x 7 cm	495,67 a
A4	8 cm x 8 cm	440,33 a
	CV (%)	32,32

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada setiap kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada DMRT 5%.

Penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam tidak berpengaruh nyata terhadap bobot umbi/petak. Namun, jarak tanam 8 cm x 8 cm bisa menghemat waktu dan biaya proses penanaman tanaman kentang dan bisa mengurangi kompetisi unsur hara, air dan cahaya matahari, sehingga tanaman tumbuh optimal dan produksinya maksimal.

Pengaturan jarak tanam merupakan salah satu faktor yang dibutuhkan tanaman untuk meningkatkan produksi (Lanna, 2008). Jarak tanam di lapangan akan mempengaruhi produksi tanaman kentang karena adanya persaingan unsur hara, air dan cahaya. Hal ini berpengaruh terhadap kemampuan tanaman untuk menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak yang mendukung aktivitas fotosintesis sehingga mampu menghasilkan asimilat yang lebih besar. Besarnya asimilat yang diangkut dan disimpan sebagai cadangan makanan menentukan bobot umbi. Jumlah asimilat yang kecil akan menghasilkan bobot umbi yang lebih kecil dan sebaliknya jika jumlahnya besar akan meningkatkan bobot umbi (Samsul dkk., 2013).

Jarak tanam yang rapat akan mempengaruhi jumlah tanaman per petak sehingga populasi tanaman lebih banyak, sedangkan pada jarak tanam yang renggang populasi tanaman akan semakin sedikit sehingga hal tersebut akan mempengaruhi bobot dan jumlah umbi per

petak. Penggunaan jarak tanam pada dasarnya untuk memberikan ruang sekitar pertumbuhan tanaman yang baik tanpa mengalami persaingan antar tanaman (Sutapradja, 2008).

SIMPULAN

Perlakuan jarak tanam berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 21 hst, kanopi tanaman umur 21 hst, dan persentase tumbuh umur 63 hst.

Perlakuan A_1 (jarak tanam 5 cm x 5 cm) pada umur 21 hst menghasilkan tinggi tanaman tertinggi (15,11 cm) dan kanopi tanaman terlebar (10,40 cm), serta berbeda nyata dengan perlakuan A_3 dan A_4 . Selain itu, perlakuan A_4 (jarak tanam 8 cm x 8 cm) pada umur 63 hst menghasilkan persentase tumbuh tertinggi (27,34%) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. dan Soedarmanto. 1986. Budidaya Kentang. CV Yasaguna: Jakarta
- Abidin, A.A. Asandhi dan Suwahyo. 1984. Pengaruh Kerapatan Tanaman dan Dosis Pupuk Nitrogen terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bayam Cabutan. Buletin penelitian Hortikultura XI (1): 1-8.
- Adinan, V. 2015. Gejala Etiolasi Pada Tanaman. Blogspot. veliadinan.blogspot.co.id/2015/06/gejala-etiolasi-tanaman.html?m=1. Diakses tanggal 26 April 2016.
- Amirullah, J dan Dedeh H. 2014. Keragaman Produksi Jarak Tanam dan Penerapan Teknologi Varietas Kentang (*Solanum tuberosum* L.) pada Lahan Dataran Tinggi Propinsi Sumatera Selatan. Prosiding Seminar Nasional: Palembang
- Ansori, N. dan S.S. Haryadi. 1992. Pengaruh Naungan Terhadap Suatu Varietas Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) dalam Hubungannya dengan Hama Epilachna. Bul. Agronomi. IV (3): 17-27.
- Ansori, N. dan S.S. Haryadi, 1973. Pengaruh Naungan Terhadap Suatu Varietas Kentang (*Solanum tuberosum* L.) dalam Hubungannya dengan Hama Epilachna. Bul. Agronomi. IV (3): 17-18.
- Asandhi, 1989. Kentang Balai Penelitian Hortikultura Lembang Jawa Barat.
- Badan Pusat Statistik. 2012. Data Konsumsi Rumah Tangga Komoditas Kentang 2007-2011. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2015. Data Produksi, Luas Panen, dan Produktivitas Tanama Kentang Tahun 2010-2014. Jakarta.
- Fatullah, D dan A.A. Asandhi, 1992. Jarak Tanam dan Pemupukan N Pada Tanaman Kentang Dataran Medium. Bul. Penel. Hort. XXIII (1): 117-123.
- Gomez, K.A., and Gomez.A.A. 2010. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian*. Terjemahan Endang Syamsudin dan Justika S. Baharsjah. Edisi kedua. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Gunadi, N. 1993. Pertumbuhan dan Hasil Kentang dan Hasil Kentang dari Biji dan dari Umbi Asal Progeni yang Sama. Buletin Penelitian Hortikultura. Lembang. XIV (4) : 1-8.
- Karjadi, A.K. 1990. Pengaruh Jumlah dan Kerapatan Umbi Mini Kentang Terhadap Produksi Umbi Bibit. Bul. Penel.Hort. XX(1) : 90-97.
- Karjadi Kartasih Asih. 1996. Perbaikan Sistem Pembibitan Kentang Melalui Kultur Jaringan dan Teknik Perbanyak Cepat. Balai Penelitian Tanaman Sayuran Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Bandung.
- Lakitan, B. 2012. Fisiologi Tumbuhan. Kanisius. Jakarta.
- Napitupulu I,M,Nur dan K. Edison. 1997. Pengaruh Kerapatan Tanam dan Ukuran Umbi Asal Sprout Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Kultura Fakultas Pertanian USU. XXVII (1) : 34-38.
- Pitojo Setiojo, 2004. Benih Kentang. Yogyakarta : Kanisius.
- Reni Gustyani, L. 2008. Kajian Tentang Produksi dan Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Varietas Granola Asal Biji Botani Melalui Uji Perkecambahan dan Pengaturan Jarak Tanam. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Rubatzky V, Mas Yamaguchi. 1998. Sayuran Dunia. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Rukmana, R. 1997. Kentang Budidaya dan Pasca Panen. Kanisius. Yogyakarta.
- Sadjad, S. 1993. Dari Benih Kepada Benih. Gramedia, Jakarta.
- Samadi, B. 2007. Kentang dan Analisis Usaha Tani. Yogyakarta: Kanisius.
- Samsul Arifin, M. Agung, N. dan Agus S. 2013. Kajian Panjang Tunas dan Bobot Umbi Bibit Terhadap Produksi Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Varietas Granola. Universitas Brawijaya : Malang.
- Setiawan, R, B. 2011. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Varietas Granola yang diberi Porasi M-Bio dan Pupuk PK 15-15-15. Jerami Volume 4 No.3, September - Desember 2011. ISSN 1979-0228.
- Sunarjono, Hendro. 2007. Petunjuk Praktis Budidaya Kentang, Cetakan 1. Agromedia Jakarta.
- Sunarjono, H. 2008. Berkebun 21 Jenis Tanaman Buah. Penebar Swadaya. Bogor.
- Sunarjono, H. 2011. Bertanam 30 Jenis Sayur. Jakarta Penebar Swadaya.
- Suryadi dan S. Sahat, 1992. Pengaruh Asal dan Ukuran Umbi Bibit Terhadap Perkembangan Tanaman dan Hasil Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Kultivar Desine. Penel. Hort XXIV (2) : 21-34.
- Sutapradja, H. 2008. Pengaruh Jarak Tanam dan Ukuran Umbi Bibit terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kentang Varietas Granola untuk Bibit. Balai Penelitian Tanaman Sayuran: Bandung. Perkembangan Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Kultiplar Desire. Bul. Penel. Hort. XXII (2): 12-18.

Evaluasi Lapang Rekomendasi Pemupukan Padi Sawah Berdasarkan Pemupukan Hara Spesifik Lokasi Berbasis Internet di Jawa Tengah Indonesia

DOI: 10.18196/pt.2017.068.23-33

Samijan*, Tri Reni Prastuti, Warsito

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Tengah,

Bukit Tegalepek Sidomulyo Kotak Pos 101 Ungaran Jawa Tengah, Indonesia, Telp. +62 8122935525

*Corresponding author, email: samijan_bptjtg@yahoo.com

ABSTRAK

Pada saat ini petunjuk Pemupukan Hara Spesifik Lokasi (PHSL) pada tanaman padi telah dikembangkan oleh IRRI bersama Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, melalui media *online* berbasis *website*. Untuk memantapkan teknologi rekomendasi tersebut, telah dilakukan pengkajian evaluasi lapang penerapan PHSL *online* di Desa Trayu dan Dukuh Kec. Banyudono Kab. Boyolali Jawa Tengah pada musim kemarau 2013 (Mei-September 2013). Hasil pengkajian di Desa Trayu menunjukkan bahwa sekitar 63,2% petani, hasil PHSL lebih tinggi dari eksisting (FFP) dengan kisaran sekitar 1-20%, sedangkan sisanya seimbang sampai lebih rendah dari petani dengan kisaran 1-11%. Hasil pengkajian di Desa Dukuh menunjukkan bahwa sekitar 33,3% petani, hasil rekomendasi PHSL lebih tinggi dari petani. Sementara sisanya, rekomendasi PHSL seimbang sampai lebih rendah dari hasil petani. Rata-rata pemupukan NPK pada petak PHSL di Desa Trayu lebih rendah dari petani, dengan kisaran dosis pupuk N 133 kg/ha (93,9% lebih rendah dari petani), P₂O₅ 38 kg/ha (73,8% lebih rendah dari petani), dan K₂O 38 kg/ha (14,5% lebih rendah dari petani). Sementara di Desa Dukuh, dosis pupuk PHSL dengan unsur N 131 kg/ha (109,7% lebih rendah dari petani), P₂O₅ 31 kg/ha (29,3% lebih tinggi dari petani) dan K₂O 30 kg/ha (63,3% lebih tinggi dari petani). Secara umum, rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL *online* memberikan keuntungan sekitar 4,43% dari eksisting.

Kata kunci: Padi sawah, Pemupukan, Validasi

ABSTRACT

At the recent, guide of Site Specific of Nutrient Management (SSNM) was developed by International Rice Research Institute (IRRI) in collaboration with Indonesia Agency for Agriculture Research and Development (IAARD) through online media based on internet website. To establish this recommendation technology, field evaluation of SSNM online application based on NM-Rice website was conducted. The assessment was conducted in Trayu and Dukuh Village of Banyudono Sub District of Boyolali District of Central Java Indonesia on dry season 2013 (May-September 2013). The assessment result showed that SSNM rice yield of about 63,2% of farmers in Trayu Village higher than FFP. Yield gap difference of SSNM online varied about 1-20% higher than FFP, whereas the others are almost similar until lower than FFP yield, by variation about 1-11%. The assessment of fertilizer recommendation in Dukuh Village showed that only about 33,3% of farmers cooperators have SSNM yield higher than FFP. Whereas, the others have SSNM online yield lower than FFP which its involved about 10% of farmers have similar yield between SSNM and FFP. An average of NPK rate of SSNM online in Trayu Village is lower than FFP. SSNM online rate for N fertilizer recommendation in this location are about 133 kg/ha (93,9% lower than FFP), P₂O₅ about 38 kg/ha (73,8% lower than FFP), and K₂O about 38 kg/ha (14,5% lower than FFP). Whereas in Dukuh Village, N rate of SSNM online recommendation are about 131 kg/ha (109,7% lower than FFP), P₂O₅ about 31 kg/ha (29,3% higher than FFP) and K₂O about 30 kg/ha (63,3% higher than FFP). Generally, fertilizer recommendation based on SSNM online have benefit about 4,43% from existing.

Keywords: Rice fields, Fertilization, Validation

PENDAHULUAN

Pemupukan Hara Spesifik Lokasi (PHSL) merupakan pendekatan pemupukan yang berbasis ilmu pengetahuan dan penelitian untuk memandu penggunaan pupuk secara rasional dan efisien sesuai dengan kebutuhan tanaman (Puslitbangtan, 2006 dan Samijan, 2008). Berdasarkan target penggunaan rekomendasi bagi petani, metode penentuan rekomendasi pemupukan hara spesifik lokasi (PHSL) perlu diperhatikan dengan mempertimbangkan karak-

teristik lahan dan petani secara spesifik lokasi. PHSL adalah panduan berbasis komputer yang dikembangkan oleh *International Rice Research Institute* (IRRI) bekerjasama dengan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian melalui Pusat Penelitian atau Balai Penelitian atau Balai Pengkajian Teknologi Pertanian terkait. Panduan tersebut menggunakan jawaban terhadap sejumlah pertanyaan tentang spesifikasi lahan sawah dan praktek pengelolaan oleh petani untuk

kemudian dihitung dan dihasilkan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi lahan sawah yang dapat diperoleh melalui internet (PHSL *online*) atau telepon genggam (*HP*). Aplikasi internet PHSL dapat diakses melalui <http://webapps.irri.org/nm/id> (IRRI, 2011).

PHSL *online* di Indonesia telah diluncurkan oleh Menteri Pertanian Republik Indonesia pada Januari 2011 (Kementan, 2011). Pada kegiatan kerjasama pengkajian antara IRRI dan Badan Litbang Pertanian, PHSL *online* telah dikaji oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah dengan melibatkan petugas penyuluh pertanian setempat dan petani. Pengembangan PHSL yang diterapkan terintegrasi dengan pengelolaan lainnya dalam sistem Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) (Puslitbangtan, 2006). Pengkajian PHSL diperlukan untuk mengevaluasi rekomendasi pemupukan padi sawah di beberapa sentra produksi padi di Indonesia (AGRINA, 2012 dan Puslitbangtan, 2013). Pengkajian evaluasi lapang rekomendasi pemupukan dilakukan melalui uji perbandingan antara PHSL berdasarkan *website* dengan praktek pemupukan petani secara eksisting. Evaluasi lapang PHSL dilakukan dengan melibatkan petani, petugas penyuluh pertanian dan peneliti untuk mendiskusikan dan mengidentifikasi praktek pengelolaan petani secara eksisting dan merumuskan rekomendasi PHSL.

Menurut Zulkifli (AGRINA, 2012), melalui penerapan PHSL ini petani akan lebih rasional dan tepat waktu dalam menggunakan pupuk untuk padi, sehingga dapat menekan biaya pemupukan. Selain pemupukan menjadi lebih efektif dan efisien, PHSL juga bertujuan meningkatkan produktivitas per satuan luas yang akhirnya dapat berdampak pada peningkatan pendapatan petani. Pengkajian evaluasi lapang PHSL *online* bertujuan untuk (1) membandingkan dosis pupuk NPK berdasarkan PHSL *online* dengan

dosis pupuk yang biasa dilakukan petani, (2) mengevaluasi keragaan agronomik tanaman dengan penerapan rekomendasi PHSL dibandingkan dengan pemupukan yang biasa digunakan petani, dan (3) mengetahui pengaruh penerapan rekomendasi PHSL *online* terhadap produktivitas padi dan pendapatan petani dibandingkan pemupukan yang biasa digunakan oleh petani.

BAHAN DAN METODE

Pengkajian evaluasi PHSL *online* berdasarkan *website* dilaksanakan di lahan sawah irigasi di Desa Trayu dan Desa Dukuh Kecamatan Banyudono Kabupaten Boyolali Jawa Tengah, pada musim kemarau (Mei sampai September 2013), melibatkan 40 orang petani kooperator yang tersebar di 2 desa. Lokasi pengkajian merupakan lahan sawah irigasi intensif dengan pola tanam padi sepanjang tahun (padi-padi-padi). Sumber irigasi di Desa Trayu berasal dari bendung sungai, sedangkan di Desa Dukuh berasal dari mata air. Jenis tanah yang berada di lokasi pengkajian didominasi oleh tanah Inseptisol dengan ketinggian tempat sekitar 200 mdpl. Berdasarkan pengalaman petani rata-rata produktivitas padi di desa Trayu lebih rendah dibandingkan Desa Dukuh sekitar 1,0-1,5 t/ha. Rekomendasi pemupukan spesifik lokasi berdasarkan Permentan No. 40/2007, di Kecamatan Banyudono Kabupaten Boyolali adalah Urea 300 kg/ha, SP36 75 kg/ha dan KCl 50 kg/ha (Badan Litbang Pertanian, 2007).

Kondisi eksisting petani di Desa Trayu rata-rata memiliki lahan seluas 1.800 m² (1/2 pathok) dengan rata-rata varietas padi yang ditanam dari jenis non hibrida yaitu varietas IR64. Namun demikian terdapat sebagian petani yang menanam varietas selain IR64 antara lain varietas Inpari 1, Cimanis, Cimelati dan Memberamo. Umumnya petani di Desa Trayu menanam padi dengan bibit berumur \geq 21 hari.

Rata-rata petani di Desa Trayu belum mengetahui secara pasti kandungan kesuburan tanahnya, namun berdasarkan hasil uji lapang menggunakan alat PUTS oleh petugas diketahui bahwa rata-rata kandungan kesuburan hara P dan K di desa ini berada pada status sedang (S), dengan kebiasaan meninggalkan tunggak jerami rata-rata di atas 25 cm. Lahan sawah di desa ini relatif jarang mengalami kekurangan air irigasi, meskipun terkadang harus dilakukan pergiliran. Rata-rata pencapaian hasil padi berkisar 4,00 ton/ha GKG pada musim penghujan dan sekitar 6,36 t/ha GKG pada musim kemarau.

Kondisi eksisting petani di Desa Dukuh rata-rata memiliki lahan seluas 2.000 m² (1/2 pathok) dengan rata-rata varietas padi yang ditanam dari jenis non hibrida yaitu varietas IR64. Selain itu terdapat sebagian petani yang menanam varietas selain IR64 antara lain varietas Inpari 1, Memberamo, Pandanwangi dan Situ Bagendit. Umumnya petani di Desa Dukuh menanam padi dengan bibit berumur ≥ 21 hari. Oleh karena itu, bagi petani yang menanam padi dari varietas yang umurnya lebih pendek dari IR64 seperti Inpari 1, langkah penting yang perlu dilakukan sebelum menentukan dosis dan waktu pemupukan adalah memastikan untuk menggunakan bibit berumur ≤ 21 hari. Rata-rata petani di Desa Dukuh juga belum mengetahui secara pasti kandungan kesuburan tanahnya, namun berdasarkan hasil uji lapang menggunakan alat PUTS oleh petugas diketahui bahwa rata-rata kandungan kesuburan hara P dan K di desa ini berada pada status sedang (S), dengan kebiasaan meninggalkan tunggak jerami rata-rata di atas 25 cm. Lahan sawah di desa ini relatif jarang mengalami kekurangan air irigasi. Rata-rata pencapaian hasil padi berkisar 5,42 ton/ha GKG pada musim penghujan dan sekitar 7,37 ton/ha GKG pada musim kemarau.

Pengkajian evaluasi lapang PHSL *online* menggunakan 10 varietas padi yaitu varietas Cimelati, Cimanis, Pandanwangi, IR64, Ciherang, Memberamo, Situ Bagendit, Mekongga, Inpari 1 dan Inpari 8. Luas petakan lahan yang dipergunakan untuk praktek penerapan rekomendasi PHSL berkisar antara 300 sampai 700 meter persegi dari luas pemilikan lahan sekitar 700 sampai 2.700 meter persegi. Panen dilaksanakan mulai 1 Agustus sampai 10 September 2013.

Beberapa tahapan yang dilakukan pada kegiatan evaluasi lapang PHSL *online* meliputi: (1) Pertemuan diskusi terfokus dengan para calon petani kooperator dan petugas penyuluh pertanian untuk menginventarisir data kondisi eksisting petani, (2) Memproses penghitungan rekomendasi pemupukan menggunakan program PHSL *online*, (3) Mensosialisasikan rekomendasi pemupukan yang telah dihasilkan berdasarkan perhitungan menggunakan PHSL *online* untuk dievaluasi bersama, (4) Pelaksanaan di lapangan (tanam, pemupukan, pemeliharaan, pengamatan dan panen).

Aplikasi dosis pemupukan yang dievaluasi pada kegiatan pengkajian ini terdiri dari (1) rekomendasi pemupukan berdasarkan website (PHSL *online*), dan (2) dosis pemupukan berdasarkan kebiasaan petani (FFP). Luas petakan lahan yang digunakan untuk pengujian PHSL berkisar antara 300-700 m². Sementara sisa lahan dari total kepemilikan petani dengan petak PHSL digunakan untuk mengkaji dosis pemupukan petani secara eksisting.

Perlakuan dosis pemupukan yang dievaluasi adalah rekomendasi pemupukan yang ditentukan berdasarkan program PHSL *online* dan pemupukan berdasarkan kebiasaan eksisting petani. Hasil penghitungan dosis pemupukan berdasarkan program PHSL *online* di Desa Trayu dan Desa Dukuh disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Rekomendasi Pemupukan Berdasarkan PHSL *Online* (NM website) di Desa Trayu, Kec. Banyudono, Kab. Boyolali pada tahun 2013

No.	Varietas	Target Hasil (ton/ha)		Jumlah Pupuk (kg/ha)		
		Minimal	Maksimal	Urea	Phonska	Pelangi
1.	Inpari 1	5,50	5,89	-	211	78
2.	Cimanis	6,11	6,50	156	-	183
3.	IR64	6,67	7,22	178	-	194
4.	Inpari 1	6,67	7,22	133	-	211
5.	Memberamo	7,78	8,33	206	-	239
6.	IR64	8,33	8,89	278	-	250
7.	IR64	8,42	8,95	-	316	121
8.	Memberamo	9,63	9,63	260	-	297
9.	Cimelati	7,22	7,78	278	-	217
10.	Memberamo	6,82	7,27	168	-	200
11.	IR64	6,09	6,52	218	-	178
12.	Inpari 1	6,11	6,50	-	233	100
13.	Inpari 8	8,50	9,00	250	-	260
14.	Inpari 8	6,84	6,84	-	274	100
15.	IR64	6,67	7,22	167	-	200
16.	IR64	7,33	7,67	189	-	222
17.	IR64	6,67	7,22	172	-	200
18.	IR64	6,84	6,84	174	-	200
19.	IR64	6,84	6,84	-	253	105
20.	IR64	6,67	7,22	-	256	106
Rata-rata		7,09	7,48	202	257	183

Sumber: Data primer diolah, 2013

Beberapa data yang diamati dan diinventarisir pada pengkajian ini antara lain komponen agronomis (tinggi tanaman dan jumlah anakan), komponen hasil (panjang malai, jumlah gabah hampa dan isi) dan hasil gabah kering giling per hektar. Data disusun dalam bentuk data tabular *spreadsheet* dan dianalisa menggunakan uji T serta secara deskriptif komparatif antara rekomendasi PHSL *online* dengan yang biasa dilakukan petani. Tingkat efisiensi pemupukan dihitung berdasarkan faktor peubah utama (jumlah dan harga pupuk) dan output (jumlah dan harga jual hasil), serta dilakukan analisis menggunakan model analisis keuntungan sederhana (*Simple Benefit Analysis*) (IPNI, 2004).

Tabel 2. Rekomendasi Pemupukan Berdasarkan PHSL *Online* (NM website) di Desa Dukuh, Kec. Banyudono, Kab. Boyolali pada tahun 2013

No.	Varietas	Target Hasil (ton/ha)		Jumlah Pupuk (kg/ha)			
		Minimal	Maksimal	Urea	SP-36	Phonska	Pelangi
1.	Inpari 1	8,33	8,89	191	-	-	141
2.	Cimanis	10,56	11,11	129	-	-	417
3.	IR64	10,00	10,56	136	-	-	454
4.	Inpari 1	10,56	11,11	252	-	217	-
5.	Memberamo	10,56	11,11	265	-	217	-
6.	IR64	10,00	10,00	257	-	238	-
7.	IR64	9,47	9,47	306	-	247	-
8.	Memberamo	10,37	11,11	214	-	-	-
9.	Cimelati	11,67	12,22	245	-	185	-
10.	Memberamo	8,18	8,41	116	-	-	284
11.	IR64	8,85	9,54	187	49	-	-
12.	Inpari 1	10,56	11,11	130	-	-	435
13.	Inpari 8	7,35	7,50	100	-	-	257
14.	Inpari 8	9,47	9,47	138	-	-	333
15.	IR64	9,44	10,00	226	-	217	-
16.	IR64	8,95	9,47	140	-	-	320
17.	IR64	8,89	9,44	123	-	-	273
18.	IR64	10,00	10,53	139	-	-	435
19.	IR64	9,47	10,00	130	-	-	313
20.	IR64	8,89	9,44	133	-	-	305
Rata-rata		9,39	9,82	178	49	220	331

Sumber: Data primer diolah, 2013

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Penggunaan Pupuk

Rata-rata dosis pupuk rekomendasi PHSL dan pupuk eksisting petani Desa Trayu dan Dukuh disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi yang mengacu pada Permentan No. 40/2007, rekomendasi pupuk di Kecamatan Banyudono Kabupaten Boyolali adalah Urea 300 kg/ha, SP36 75 kg/ha dan KCl 50 kg/ha, atau setara dengan NPK Phonska 200 kg/ha dan Urea 235 kg/ha, atau setara dengan NPK Pelangi 200 kg/ha + Urea 215 kg/ha + SP36 20 kg/ha + KCl 20 kg/ha (Badan Litbang Pertanian, 2007). Dengan demikian berdasarkan Tabel 1, rekomendasi PHSL *online* di Desa Trayu untuk NPK Phonska lebih tinggi (28,5%), Urea lebih rendah (-14,0%) dan Pelangi lebih rendah

Tabel 3. Perbandingan Takaran Pupuk NPK Pada Rekomendasi PHSL *Online* Dengan Dosis Pemupukan Eksisting Petani Pada Pengkajian Evaluasi Lapang PHSL *Online* di Desa Trayu dan Dukuh, Kec. Banyudono, Kab. Boyolali, 2013

No.	Nama	Desa Trayu						Nama	Desa Dukuh					
		PHSL (kg/ha)			FFP (kg/ha)				PHSL (kg/ha)			FFP (kg/ha)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.	P. Pariyanto	97	0	0	166	45	45	Sri Mulyani	116	14	14	384	-	-
2.	Suyamto	119	23	23	264	22	22	Mulyono	143	42	42	380	34	34
3.	Gatot	132	27	27	206	34	34	G. Ngadiman	154	45	45	380	34	34
4.	Tarmo Santoyo	133	20	20	160	22	22	Fajar	149	33	33	228	24	-
5.	Dwijo Suwito	193	74	74	292	82	82	Sutrimo	155	33	33	313	-	-
6.	Jarkasi	216	42	42	384	-	-	Jumadi	154	36	36	-	-	-
7.	Tasmin	75	0	0	163	30	30	Sahir	178	37	37	180	-	-
8.	Cono	131	39	39	153	39	39	Joko Subroto	119	10	10	224	156	34
9.	Rudiman	124	42	42	278	69	69	Widono	140	28	28	131	99	38
10.	Sutardi	109	46	46	345	67	-	Supomo	110	28	28	112	9	9
11.	Atmo Waluyo	154	33	33	344	34	34	Jumino	65	18	-	469	-	-
12.	Wito Daliyo	122	33	33	280	111	111	Widodo	147	43	43	224	34	34
13.	Darmo	125	38	38	457	112	112	Budiyono	97	26	26	58	14	14
14.	Pardi	68	0	0	213	49	49	Trijoko	130	33	33	270	-	-
15.	Wiji	118	25	25	293	162	-	Rochmad	137	33	33	313	-	-
16.	Amir	144	28	28	286	62	62	Slameto	128	32	32	384	-	-
17.	Maryono	127	52	52	200	28	28	Suherjan	111	27	27	90	14	14
18.	Saryono	120	50	50	310	216	-	Slamet M	151	43	43	469	-	-
19.	Harno	191	96	96	166	45	45	Supami	123	31	31	313	-	-
20.	Panut	168	84	84	208	75	75	Suyamto	122	30	30	313	-	-
	Rata-rata	133	38	38	258	69	54	Rata-rata	131	31	32	276	46	26

Sumber : Data primer diolah, 2013

(-8,5%) dari rekomendasi Permentan. Sementara rekomendasi PHSL *online* di Desa Dukuh untuk NPK Phonska sedikit lebih tinggi (10%), NPK Pelangi lebih tinggi (65,5%), dan Urea lebih rendah (-24,2%) dari rekomendasi berdasarkan Permentan 40/2007.

Kebiasaan pemupukan petani di Desa Trayu berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara dengan petani sebagaimana disajikan pada Tabel 3 terlihat bahwa penggunaan pupuk NPK tergolong tinggi dibandingkan PHSL, yaitu sekitar 258 kg/ha N, 65 kg/ha P₂O₅ dan 43 kg/ha K₂O. Sementara di Desa Dukuh penggunaan pupuk N sedikit lebih tinggi namun untuk P dan K jauh lebih rendah dari Desa Trayu, yaitu masing-masing sekitar 262 kg/ha N, 21 kg/ha P₂O₅ dan 10 kg/ha K₂O.

Berdasarkan hasil penelitian PHSL dalam jangka panjang, bahwa untuk setiap kenaikan hasil gabah sebesar 1 ton/ha dibutuhkan pupuk N sebesar 40 kg untuk musim panen tinggi dan sekitar 50-60 kg N untuk musim panen rendah, pupuk P₂O₅ sekitar 5 kg/1 t/ha hasil. Di sisi lain, kebutuhan pupuk K sangat ditentukan oleh pengelolaan jerami, air irigasi dan jenis tanahnya (Buresh, 2008). Rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL untuk jenis pupuk N rata-rata lebih rendah dari petani, sedangkan untuk pemupukan P dan K di Desa Dukuh cenderung lebih tinggi dari petani masing-masing sebesar 29,3% dan 63,3%.

Berdasarkan rata-rata dosis pemupukan PHSL dan FFP sebagaimana disajikan pada Tabel 3 terlihat bahwa secara umum dosis pemupukan

NPK yang direkomendasikan PHSL *online* di Desa Trayu jauh lebih rendah dari pemupukan eksisting petani. Rata-rata dosis pemupukan N menurut panduan PHSL sekitar 133 kg/ha atau 93,8% lebih rendah dari petani, pupuk P_2O_5 38 kg/ha atau 82,5% dan pupuk K_2O 38 kg/ha 42,8% lebih rendah dari petani. Jumlah takaran pupuk N pada rekomendasi PHSL *online* ini diestimasi dari target hasil yang dicapai, oleh karena jumlah unsur N yang diserap tanaman terkait langsung dengan hasil tanaman. Sementara untuk mempertahankan keberlanjutan hasil padi yang tinggi, kebutuhan hara P dan K biasanya tidak bisa dicukupi dari suplai alami, oleh karena itu perlu ditambahkan pupuk dalam jumlah yang tidak terlalu banyak guna menghindari terjadinya defisiensi dalam jangka panjang (Buresh *et.al.*, 2006).

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap rata-rata pemupukan sebagaimana disajikan pada Tabel 7 terlihat bahwa rata-rata dosis pemupukan menurut acuan PHSL di Desa Dukuh jauh lebih tinggi dari pemupukan petani terutama pupuk N dan P. Sementara untuk dosis pupuk K menurut acuan PHSL justru lebih tinggi dibandingkan petani. Dosis pemupukan N menurut acuan PHSL di Desa Dukuh berkisar 131 kg/ha atau lebih rendah sekitar 109,6% dari pemupukan petani, dosis pupuk P_2O_5 sekitar 31 kg/ha atau 49,3% lebih rendah, dan pupuk K_2O sekitar 32 kg/ha atau 17,0% lebih tinggi dari petani.

Apabila dibandingkan dengan rekomendasi pemupukan spesifik lokasi berdasarkan Permentan No. 40/2007 (138 kg N/ha, 27 kg P_2O_5 /ha, 30 kg K_2O /ha), secara umum rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL *online* untuk unsur N 4,1% lebih rendah, P_2O_5 27,2% lebih tinggi dan K_2O 15,6% lebih tinggi dari Permentan.

Dengan memperhitungkan selisih takaran unsur hara dalam pupuk antara rekomendasi

PHSL *online* dengan eksisting petani (Tabel 3), serta tingkat perbedaan hasil gabah yang dicapai (Tabel 5 dan 7), maka dapat diketahui tingkat efisiensi agronomi dari penerapan suatu rekomendasi pupuk. Prinsip dari efisiensi agronomi adalah berapa kilogram gabah dapat dihasilkan dari setiap kilogram unsur dalam pupuk (kg/kg). Berdasarkan hasil perhitungan nisbah dari selisih unsur dalam pupuk dengan selisih gabah yang dihasilkan, rata-rata efisiensi agronomi pada rekomendasi PHSL *online* untuk pupuk N sebesar 0,7 kg/kg, P dan K masing-masing 2,3 kg/kg.

Pertumbuhan Tanaman dan Hasil Padi

1. Desa Trayu

Berdasarkan keragaan pertumbuhan tanaman padi di Desa Trayu terlihat bahwa perlakuan pemupukan berdasarkan PHSL *online* tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah anakan. Rata-rata tinggi tanaman dengan pemupukan PHSL sekitar 65,6 cm dan pemupukan petani sekitar 65,8 cm. Sementara rata-rata jumlah anakan produktif pada petak perlakuan pemupukan PHSL sedikit lebih banyak dari pemupukan petani yaitu masing-masing 26 tanaman dan 24 tanaman. Rata-rata pencapaian tinggi tanaman dan jumlah anakan disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap rata-rata panjang malai, jumlah gabah isi dan gabah hampa, keragaan komponen hasil di Desa Trayu untuk perlakuan PHSL dan eksisting petani tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Rata-rata panjang malai pada petak PHSL dan petani masing-masing 23,1 dan 22,9 cm. Sementara rata-rata pencapaian jumlah gabah isi dan gabah hampa untuk perlakuan PHSL adalah 102/30 dan eksisting petani 111/37. Panjang malai dan jumlah gabah isi hampa di Desa Trayu disajikan pada Tabel 5. Hasil evaluasi lapang PHSL *online* di Desa Trayu sebagaimana disaji-

kan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa rata-rata hasil yang dicapai PHSL *online* lebih tinggi dari hasil eksisting petani sekitar 11,0% (dari 63,2% petani). Sementara sekitar 30,6% petani kooperator menunjukkan bahwa rata-rata hasil PHSL *online* lebih rendah dari hasil eksisting petani sekitar 5,8%.

Tabel 4. Rata-Rata Pencapaian Tinggi Tanaman dan Jumlah Anakan Produktif Pada Pengkajian Evaluasi Lapang PHSL *Online* di Desa Trayu, Kec. Banyudono, Kab. Boyolali pada tahun 2013

No.	Nama	Tinggi Tanaman (cm)		Jumlah Anakan	
		PHSL	FFP	PHSL	FFP
1.	Parihadi Pariyanto	52,4	50,8	20	20
2.	Suyamto	82,0	82,8	21	21
3.	Gatot	59,2	62,6	28	28
4.	Tarmo Santoyo	64,6	63,8	25	24
5.	Dwijo Suwito	71,0	75,6	24	23
6.	Jarkasi	62,6	60,8	25	23
7.	Tasmin	56,6	63,8	22	27
8.	Cono	80,0	77,4	22	24
9.	Rudiman	65,4	66,2	38	24
10.	Sutardi	68,0	77,0	21	29
11.	Atmo Waluyo	65,0	63,8	32	25
12.	Wito Daliyo	60,4	57,6	29	22
13.	Darmo	74,0	67,0	27	25
14.	Pardi	59,0	56,6	27	30
15.	Amir	81,4	82,2	26	22
16.	Maryono	58,4	57,2	28	24
17.	Saryono	60,2	54,8	23	27
18.	Harno	50,6	52,2	20	20
19.	Panut	70,8	73,8	27	29
Rata-rata		65,34	65,57	24,53	24,58
Standar Deviasi		9,25	9,95	3,08	3,04
Significantly Value		0,651		0,936	
Thitung / T-tabel		-0,74 / 1,69		-0,53 / 1,69	

Sumber: Data primer diolah, 2013

Berdasarkan hasil uji T data tinggi tanaman dan jumlah anakan memiliki nilai perbedaan (*significantly value*) > 5% yang berarti data kedua perlakuan (PHSL dan FFP) relatif homogen. Apabila dilihat dari nilai T-hitung yang lebih kecil dari T-tabel menunjukkan kedua perlakuan memiliki rata-rata hasil yang relatif sama. Nilai

negatif pada T-hitung menunjukkan adanya indikasi bahwa perlakuan PHSL memiliki nilai yang relatif lebih rendah dibandingkan FFP.

Tabel 5. Data Panjang Malai, Gabah Isi dan Gabah Hampa, dan Hasil Gabah Pada Evaluasi Lapang PHSL *Online* di Desa Trayu, Kec. Banyudono, Kab. Boyolali pada tahun 2013

No.	Nama	Panjang Malai (cm)		Gabah Isi (g)		Gabah Hampa (g)		Hasil (ton/ha)	
		PHSL	FFP	PHSL	FFP	PHSL	FFP	PHSL	FFP
1.	Parihadi Pariyanto	23,4	22,4	83	109	9	22	5,17	4,64
2.	Suyamto	22,7	22,8	103	119	50	44	3,82	4,27
3.	Gatot	22,0	22,8	108	99	25	18	5,32	4,49
4.	Tarmo Santoyo	22,5	21,9	83	110	14	23	4,81	3,99
5.	Dwijo Suwito	24,8	24,0	128	152	54	49	6,75	5,75
6.	Jarkasi	24,1	23,2	94	106	20	26	5,02	4,45
7.	Tasmin	22,4	21,2	105	105	20	19	4,95	4,59
8.	Cono	23,9	23,2	120	118	53	71	6,02	6,71
9.	Rudiman	22,8	22,7	94	118	14	29	4,75	4,32
10.	Sutardi	23,1	23,4	121	107	42	56	6,24	5,78
11.	Atmo Waluyo	24,3	23,2	141	139	25	36	5,57	5,30
12.	Wito Daliyo	22,0	22,2	82	103	23	22	3,75	3,63
13.	Darmo	24,6	25,6	115	139	70	111	7,25	6,43
14.	Pardi	23,4	23,4	89	85	41	39	5,64	5,68
15.	Amir	22,5	23,3	122	103	44	47	3,94	3,99
16.	Maryono	21,2	21,7	91	82	14	13	3,25	3,60
17.	Saryono	20,7	21,7	83	98	11	18	4,72	5,16
18.	Harno	23,5	21,6	69	101	25	39	4,19	4,08
19.	Panut	25,5	24,8	115	119	19	17	5,72	5,74
Rata-rata		23,1	22,9	102	111	30	37	5,10	4,87
Standar Deviasi		1,24	1,11	19,2	17,6	17,6	23,7	1,05	0,93
Significantly Value		0,593		0,393		0,638		0,892	
Thitung / T-tabel		0,59 / 1,69		-1,46 / 1,69		-0,98 / 1,69		0,70 / 1,69	

Sumber: Data primer diolah, 2013

2. Desa Dukuh

Apabila dibandingkan dengan keragaan pertumbuhan tanaman pada perlakuan pemupukan seperti kebiasaan petani, pertumbuhan tanaman padi pada perlakuan pemupukan berdasarkan PHSL *online* di Desa Dukuh terlihat tidak berbeda nyata dalam pencapaian tinggi tanaman dan jumlah anakan. Rata-rata tinggi tanaman yang dicapai untuk pemupukan PHSL sekitar 74,0 cm dan pemupukan petani sekitar

73,0 cm. Sementara untuk pencapaian jumlah anakan produktif pada petak perlakuan pemupukan PHSL sedikit lebih rendah dari pemupukan petani yaitu sekitar 24 tanaman untuk perlakuan PHSL dan 25 tanaman untuk perlakuan petani. Rata-rata pencapaian tinggi tanaman dan jumlah anakan aktif disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-Rata Pencapaian Tinggi Tanaman dan Jumlah Anakan Produktif Pada Pengkajian Evaluasi Lapang PHSL *Online* di Desa Dukuh, Kec. Banyudono, Kab. Boyolali pada tahun 2013

No.	Nama	Tinggi Tanaman (cm)		Jumlah Anakan	
		PHSL	FFP	PHSL	FFP
1.	Sri Mulyani	69,8	68,6	29	23
2.	Mulyono	77,0	82,6	20	22
3.	Gito S Ngadiman	73,6	68,2	22	22
4.	Fajar	77,4	63,4	20	20
5.	Sutrimo	62,0	73,2	21	26
6.	Jumadi	66,8	56,8	25	22
7.	Sahir	67,0	73,2	28	36
8.	Joko Subroto	76,4	77,6	18	22
9.	Widono	64,0	65,8	21	19
10.	Jumino (Yayuk P)	76,6	64,4	26	24
11.	Widodo	80,4	90,0	21	20
12.	Budiyono	78,8	78,0	32	33
13.	Tri Joko	87,2	66,4	24	21
14.	Slameto	75,6	74,2	23	31
15.	Suherjan	69,8	72,2	22	28
16.	Slamet Miharjo	74,0	75,4	24	25
17.	Supami	77,2	81,8	25	24
18.	Suyamto	82,0	82,0	23	28
Rata-rata		74,20	72,99	23,56	24,78
Standar Deviasi		6,452	8,261	3,535	4,747
<i>Significantly Value</i>		0,388		0,237	
Thitung / T-tabel		0,49 / 1,69		-0,88 / 1,69	

Sumber: Data primer diolah, 2013

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap rata-rata panjang malai, jumlah gabah isi dan gabah hampa, keragaan komponen hasil di Desa Dukuh untuk perlakuan PHSL dan eksisting petani tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Rata-rata panjang malai pada petak PHSL

sedikit lebih pendek dari petani yaitu masing-masing sekitar 21,8 cm dan 23,4 cm. Sementara rata-rata pencapaian jumlah gabah isi dan gabah hampa untuk perlakuan PHSL sedikit lebih banyak dari petani yaitu masing-masing sekitar 115/31 dan 110/46. Data pencapaian panjang malai dan jumlah gabah isi hampa di Desa Dukuh disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Data Panjang Malai, Gabah Isi dan Gabah Hampa, dan Hasil Gabah Pada Evaluasi Lapang PHSL *Online* di Desa Dukuh, Kec. Banyudono, Kab. Boyolali pada tahun 2013

No.	Nama	Panjang Malai (cm)		Gabah Isi (g)		Gabah Hampa (g)		Hasil (ton/ha)	
		PHSL	FFP	PHSL	FFP	PHSL	FFP	PHSL	FFP
1.	Sri Mulyani	22,4	24,2	109	115	25	40	6,94	7,14
2.	Mulyono	20,8	22,5	128	121	16	33	5,14	5,47
3.	Gito S Ngadiman	19,4	21,7	108	108	31	55	5,30	4,94
4.	Fajar	22,6	25,0	128	126	36	86	8,53	9,49
5.	Sutrimo	20,8	23,6	132	116	45	46	8,65	8,00
6.	Sahir	21,0	23,5	95	106	65	79	10	9,38
7.	Joko Subroto	21,5	24,0	104	109	31	53	7,19	7,65
8.	Widono	21,7	23,1	111	96	17	36	7,99	9,06
9.	Supomo	22,1	24,4	139	117	11	14	8,44	8,27
10.	Jumino (Yayuk P)	20,9	22,4	113	102	21	23	7,29	5,95
11.	Widodo	24,0	24,6	119	141	6	17	6,91	7,00
12.	Budiyono	24,1	23,5	113	100	49	44	8,18	8,18
13.	Tri Joko	20,9	24,7	114	111	14	24	7,00	7,52
14.	Slameto	22,3	23,0	109	112	64	84	9,42	9,69
15.	Suherjan	21,1	22,5	100	77	17	41	4,97	5,33
16.	Slamet Miharjo	22,8	22,1	90	92	11	8	6,97	6,70
17.	Supami	21,4	24,3	136	118	29	86	7,97	8,01
18.	Suyamto	22,1	22,9	117	108	65	51	7,85	7,91
Rata-rata		21,8	23,4	115	110	31	46	7,49	7,54
Standar Deviasi		1,17	0,98	13,7	13,9	19,4	24,9	1,38	1,44
<i>Significantly Value</i>		0,637		0,810		0,371		0,817	
Thitung / T-tabel		-4,65 / 1,69		1,09 / 1,69		-1,99 / 1,69		-0,11 / 1,69	

Sumber: Data primer diolah, 2013

Hasil evaluasi lapang pemupukan berdasarkan PHSL *online* di Desa Dukuh (Tabel 7) secara umum menunjukkan bahwa dari rata-rata hasil secara keseluruhan (dari 18 petani) perlakuan pemupukan PHSL mencapai hasil sedikit lebih

rendah dibandingkan pemupukan petani, yaitu sekitar 5,2% (66,7% petani). Sementara sisanya sekitar 33,3% petani hasil yang dicapai pada perlakuan PHSL lebih tinggi sekitar 6,7% dari pemupukan eksisting.

Berdasarkan hasil uji T pada data tinggi tanaman, jumlah anakan, panjang malai, jumlah gabah isi dan hampa serta hasil gabah per hektar di Desa Dukuh terlihat adanya nilai perbedaan (*significantly value*) > 5% yang berarti data kedua perlakuan (PHSL dan FFP) relatif homogen. Dilihat dari nilai T-hitung yang lebih kecil dari T-tabel menunjukkan kedua perlakuan memiliki rata-rata hasil pada setiap parameter yang relatif sama. Sementara nilai negatif pada T-hitung menunjukkan adanya indikasi bahwa perlakuan PHSL memiliki nilai yang relatif lebih rendah dibandingkan FFP.

Analisis Keuntungan Sederhana

Hasil pengkajian evaluasi lapang terhadap ketepatan rekomendasi pemupukan berdasarkan program PHSL *online* juga dilakukan penilaian perubahan keuntungan finansial secara sederhana.

Tabel 7. Analisis Keuntungan Sederhana Terbatas Pada Perbedaan Input Penggunaan Pupuk dan Hasil Pada Pengkajian Evaluasi Lapang PHSL *Online* di Boyolali pada tahun 2013

No.	Desa	Uraian	Nilai (Rp)		Selisih PHSL vs FFP (%)
			PHSL	FFP	
1.	Trayu	Total biaya pupuk	983.182	1.647.261	-40,31
		Hasil (kg/ha) GKG	5.099	4.874	4,62
		Total penerimaan	22.945.263	21.931.579	4,62
		Keuntungan (input pupuk)	21.962.081	0.284.318	8,27
2.	Dukuh	Total biaya pupuk	922.867	1.338.900	-31,07
		Hasil (kg/ha) GKG	6.739	6.784	-0,67
		Total penerimaan	33.693.156	33.918.841	-0,67
		Keuntungan (input pupuk)	32.770.289	32.579.941	0,58

Analisis keuntungan pada hasil evaluasi ini hanya didasarkan pada beberapa faktor peubah utama yaitu perbedaan biaya penggunaan pupuk dan perubahan produktivitas dengan mengasumsikan faktor-faktor input produksi yang lainnya sama. Hasil analisis keuntungan sederhana disajikan pada Tabel 8.

Berdasarkan Tabel 8 di atas terlihat bahwa rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL di Desa Trayu terdapat selisih biaya penggunaan pupuk, dimana rekomendasi PHSL lebih rendah 40,31% dibandingkan petani. Namun demikian karena selisih produktivitas padi yang dihasilkan relatif kecil, maka selisih keuntungan terakhir yang diterima juga relatif kecil. Penerapan rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL memberikan selisih keuntungan sebesar 8,27% lebih tinggi dari petani.

Hasil analisis keuntungan sederhana di Desa Dukuh menunjukkan bahwa rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL mempunyai selisih biaya penggunaan pupuk yang lebih rendah dari petani, yaitu sekitar 31,07%. Sementara pencapaian produktivitas padi antara pemupukan PHSL dengan petani relatif sama. Oleh karena itu, perolehan keuntungan bersih dari penggunaan input pupuk pada penerapan rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL hanya sedikit lebih tinggi dari petani yaitu sekitar 0,58%. Dengan demikian rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL *online* masih lebih menguntungkan dibandingkan kebiasaan petani setempat.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan tersebut di atas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rekomendasi pemupukan padi sawah berdasarkan PHSL *online* secara umum lebih ren-

dah dibandingkan rata-rata kebiasaan petani, namun tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan komponen produksi padi di Desa Trayu dan Dukuh Kecamatan Banyudono Boyolali.

2. Penerapan rekomendasi pemupukan berdasarkan program PHSL *online* mampu menghasilkan produksi padi yang sebanding (sedikit lebih tinggi) dari kebiasaan pemupukan petani, dengan dosis pemupukan yang relatif lebih rendah.
3. Secara umum rata-rata tingkat efisiensi agronomi padi pada rekomendasi PHSL *online* adalah pupuk N sebesar 0,7 kg/kg, P dan K masing-masing 2,3 kg/kg.
4. Secara proporsional di masing-masing lokasi pengkajian, penerapan rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL di Desa Trayu sekitar 63,2% petani lebih baik (5,31 ton/ha) dari eksisting (4,79 ton/ha), sedangkan di Desa Dukuh hanya sekitar 33,3% petani lebih baik (7,84 ton/ha) dari eksisting (7,35 ton/ha).
5. Berdasarkan analisis keuntungan sederhana, rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL *online* memberikan perbedaan keuntungan yang positif dari eksisting sekitar 8,27% di Desa Trayu dan 0,58% di Desa Dukuh.
6. Rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL *online* di Kecamatan Banyudono Boyolali untuk unsur N 4,1% lebih rendah, P_2O_5 27,2% lebih tinggi dan K_2O 15,6% lebih tinggi dari Permentan.

SARAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

1. Rekomendasi PHSL *online* lebih efisien dalam penggunaan pupuk dibandingkan petani, oleh karena itu pendekatan ini sebaiknya digunakan sebagai strategi untuk mengantisipasi keterbatasan dan kelangkaan alokasi pupuk bersubsidi. Sebagai langkah awal, model

penentuan rekomendasi pupuk berdasarkan PHSL *online* ini perlu segera dipraktekkan dan didiseminasikan terutama di daerah-daerah yang sering dihadapkan dengan masalah kekurangan pupuk.

2. Keakuratan dan kevalidan rekomendasi pemupukan berdasarkan PHSL masih perlu dievaluasi dan divalidasi dalam skala luas, serta dikomparasikan dengan metode lain seperti uji tanah dan Permentan 40/2007.
3. Program PHSL sebaiknya perlu mempertimbangkan variasi pola tanam terutama tanaman padi yang bergilir dengan palawija atau bera.
4. Program baru mengasumsikan penggunaan varietas yang sama pada beberapa musim yang telah berjalan sehingga perlu pemikiran kombinasi varietas mengingat cepatnya perkembangan varietas dan perubahan (anomali) iklim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada IRRI (c.q. Bpk. Sunendar Kartaatmadja selaku konsultan pendamping) atas dukungan pembiayaan dan pendampingan kegiatan ini, Bpk. Jumadi, Bpk. Sugimin, Ibu Kenari Jenar dan Ibu Anita atas bantuannya dalam mengawal dan memberikan penyuluhan kepada petani kooperator dalam pelaksanaan kegiatan evaluasi lapang PHSL *online* ini.

DAFTAR PUSTAKA

- AGRINA, 2011. Pemupukan akurat dengan PHSL. Tabloid Agribisnis Dwi Mingguan - Inspirasi Agribisnis Indonesia, 15 Agustus 2011.
- Badan Litbang Pertanian, 2007. Rekomendasi Pemupukan N, P dan K Pada Padi Sawah Spesifik Lokasi (Penyempurnaan). Peraturan Menteri Pertanian No. 40/Permentan/OT.140/4/2007 tanggal 11 April 2007. Departemen Pertanian.

- Buresh, R.J., D. Setyorini, S. Abdulrachman, F. Agus, C. Witt, I. Las, S. Hardjosuwirjo. Improving nutrient management for irrigated rice with particular consideration to Indonesia. Rice industry, culture and environment: Book 1. Proceedings of the International Rice Conference, 12-14 September 2005, Bali, Indonesia. Indonesian Center for Rice Research (ICRR), Indonesian Center for Food Crops Research and Development (ICFORD), and Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD).
- Buresh, R., 2008. Balancing Fertilizer Use and Profit. Rice Today January-March 2008. International Rice Research Institute.
- IPNI, 2004. Profit Analysis Based on Fertilizer Application. International Plant Nutrition Institute. ESEAP Program, Singapore.
- IRRI, 2011. Nutrient Management for Rice. <http://webapps.irri.org/nm/id>
- Kementan, 2011. Pemupukan Hara Spesifik Lokasi (PHSL) Padi Sawah. Nutrient Manager for Rice (NM Rice) Indonesia Versi 1.11. Kerjasama Kementerian Pertanian Republik Indonesia Dengan International Rice Research Institute (IRRI).
- Puslitbangtan, 2006. Pemupukan Padi Sawah. Kerjasama Puslitbangtan - BBSDLP - BBP2TP - BB Padi - IRRI, 2006
- Puslitbangtan, 2013. Adopsi Teknologi PHSL di Indonesia Mendukung P2BN. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 18 Februari 2013.
- Samijan, 2008. Pemupukan berimbang dalam rangka mendukung peningkatan produktivitas padi dan palawija. Makalah Pertemuan Workshop Perbaikan Kesuburan Lahan. Direktorat Pengelolaan Lahan, 2008.

Eksistensi Varietas Padi Lokal pada Berbagai Ekosistem Sawah Irigasi: Studi di Daerah Istimewa Yogyakarta

DOI: 10.18196/pt.2017.069.34-41

Gatot Supangkat S.

*Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
Jl. Lingkar Selatan, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Indonesia Telp. 0274 387656,
email: supangkat@umy.ac.id*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini yakni untuk mengetahui keberadaan (eksistensi) padi varietas lokal pada berbagai ekosistem sawah irigasi secara komprehensif dan integralistik. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2013 – Februari 2014 di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Metode survei digunakan dalam kajian ini. Untuk teknik pelaksanaannya dilakukan dengan observasi dan wawancara. Daerah kajian dipilih secara acak berstrata (*Stratified Random Sampling*) yang didasarkan pada luas lahan terluas dalam ekosistem sawah irigasi. Selanjutnya, untuk responden petani dipilih secara sengaja (*Purposive Sampling*) yang didasarkan pada varietas padi yang ditanam dengan luasan minimal 1000 M². Variabel yang diamati dalam penelitian ini, meliputi distribusi varietas padi, pengalaman penanaman varietas lokal, dampak ekologi fisik, hasil tanaman dan komponen hasil ekonomi. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis spasial dan dekriptif-ekplanatif. Hasil menunjukkan bahwa padi varietas lokal masih tetap eksis pada semua ekosistem sawah irigasi, Menthik dan Menthik Susu merupakan padi varietas lokal yang dominan distribusinya pada berbagai ekosistem sawah irigasi, eksistensi padi varietas lokal juga ditunjukkan oleh persentase pengalaman penanaman varietas lokal oleh petani, varietas menthik memberikan dampak baik terhadap ekologi fisik tanah, hasil fisik per tanaman dan nisbah B/C tertinggi dicapai oleh varietas Menthik dibandingkan varietas lokal lainnya.

Kata kunci: Eksistensi, padi varietas lokal, ekosistem sawah irigasi

ABSTRACT

A research was carried out to study the existence of rice local variety in the irrigated paddy fields in different ecosystems. The research was conducted from January 2013 to February 2014 in the Special Region of Yogyakarta. Observation and interview were used in this research for collecting the data. The largest irrigated rice fields were selected using stratified random sampling. Farmers as a respondent were selected by purposive sampling, based on rice variety grown on their paddy fields with the area of at least 1000 m². Variables were observed in this research including rice variety distribution, farmer experience on planting local variety, physical ecological impacts, rice yield and economical yield component. Data was analyzed by spatial analysis and descriptive analysis. The result showed that rice local variety still existed in the fields, which Menthik and Menthik Susu were dominant local variety distributed in irrigated paddy fields ecosystem. The existence of local variety was indicated by the high percentage of the farmer experience in planting rice local variety. The highest yield and B/C (Benefit/Cost ratio) were gained by Menthik variety compared with other local varieties.

Keywords: Existence, Rice local variety, Irrigated paddy fields

PENDAHULUAN

Perubahan iklim akibat terjadinya pemanasan global dari waktu ke waktu semakin tampak dampaknya pada segala sendi kehidupan. Dampak yang telah dirasakan saat ini antara lain perubahan cuaca ekstrim, peningkatan suhu, peningkatan permukaan air laut, perubahan intensitas curah hujan ekstrim, pergeseran musim, dan penurunan hasil panen. Oleh karena dampak perubahan iklim terjadi pada semua sektor, termasuk pertanian maka salah satu strategi yang harus dilakukan adalah adaptasi.

Strategi adaptasi sistem produksi pertanian yang tepat untuk wilayah yang sangat luas dan lingkungan iklim yang berbeda-beda seperti Indonesia adalah perlu dikembangkannya strategi untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Strategi yang bersifat adaptif terhadap sistem lingkungan yang berubah, antara lain: (1) pengembangan varietas baru tanaman yang lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit serta suhu udara yang lebih tinggi (*new temperature and pest-resistant crop varieties*); (2) pengem-

bangun cara atau teknologi untuk menekan kehilangan hasil panen (*crop yield loss*); (3) peningkatan efisiensi pemakaian air tanaman dan irigasi; (4) pendekatan terpadu terhadap manajemen dan sumberdaya air (*integrated water resources management*) yang mempertimbangkan kondisi saat ini dan masa depan dalam situasi iklim yang telah berubah; dan (5) manajemen pengendalian hama dan penyakit tanaman terpadu (Mawardi, 2011). Pengembangan varietas baru yang mampu beradaptasi membutuhkan waktu yang tidak singkat dengan persentase keberhasilan yang belum tentu sesuai harapan. Sementara, penyediaan bahan pangan bagi rakyat tidak mungkin ditunda karena rawan terjadinya instabilitas dalam kehidupan berbangsa dan bernegara. Untuk mengantisipasi terjadinya hal tersebut maka pemilihan strategi jangka pendek yang strategis adalah dengan pengembangan varietas lokal.

Varietas lokal adalah varietas yang telah ada dan dibudidayakan secara turun-temurun oleh petani serta menjadi milik masyarakat dan dikuasai negara (Satoto *et al.*, 2008). Varietas lokal akan lebih mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim yang terjadi dibandingkan varietas introduksi. Keberadaan plasma nutfah varietas padi lokal yang terdaftar di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian Departemen Pertanian berjumlah 3800 jenis (Suyanto, 2008), namun berdasarkan databasenya berjumlah 2087 jenis padi lokal. Sejarah perpadian Jawa telah mencatat bahwa pada tahun 1913, tercatat ada 63 jenis varietas lokal kategori Padi Jero (umur 105 hari atau lebih), 28 jenis kelompok Padi Penengah (umur 95 - 105 hari) dan 35 jenis kelompok Padi Genjah (umur 75 - 95 hari) (Mitraning Among Tani Djilid IX, 1913 dalam Sindhunata, 2008)

Padi varietas lokal yang ditanam oleh petani diperkirakan berkisar 10 - 15 % dari jumlah plasma nutfah padi lokal. Namun, jumlah ini kemungkinan akan menurun dikarenakan tidak ada upaya sistematis untuk pelestarian varietas lokal. Di sisi lain, kebijakan paket teknologi usahatani padi tidak pernah memasukkan varietas lokal tetapi selalu varietas unggul dan unggul-hibrida. Sebagai ilustrasi, berikut beberapa varietas padi lokal yang masih dikembangkan oleh petani di beberapa daerah antara lain Bongong dengan potensi hasil 12,8 ton/ha (Indramayu), Manurung, seorang petani desa mengaku, selama puluhan tahun dirinya sudah menanam padi varietas lokal di lahan sawah miliknya, hingga kini terus mempertahankannya, meski petugas penyuluh menganjurkan penggunaan varietas unggul.

Varietas unggul lokal Lumbanlobu (Medan) dengan hasil 8 ton/ha gabah kering panen (GKP) (Anonim, 2012), Mayas (di Kutai Kartanegara) dan Adan (Krayan, Nunukan) (Anonim, 2006), di Cianjur ada Pandan Wangi, Beureum Seungit, Cingkrik, Hawara Batu, Hawara Jambu, Gobang Omyok, Peuteuy, Rogol dan Banggala (Gasol Pertanian Organik, 2006), Rojolele di Bantul (Biotani Indonesia, 2008), Cempo Merah, Hitam dan Merah-Putih di Sleman (Hertanto dan Ajie, 2006) dan koleksi Mbah Gatot (Banjarnegara) seperti Membramo (Papua), Maros (Sulawesi), Laka (NTT), Batang Hari, Batang Gadis, Laut Tawar (Sumatra), Rojolele, Pandan Wangi, Wirosableng, Selendang Biru, Mutiara, Code, Molok Merah (Jawa) (Widyanta dan Purwanto, 2008).

Keberadaan varietas padi lokal sangat strategis dalam upaya pemenuhan pangan ke depan, di samping varietas unggul adaptif yang masih dalam proses pencarian atau penemuan (inven-si). Oleh karena itu, perlu dilakukan inventarisasi varietas padi lokal yang masih diusahakan oleh

petani, terutama pada ekosistem sawah irigasi. Pengembangan padi pada ekosistem sawah irigasi dinilai penting karena air sebagai faktor utama pertumbuhan tanaman dapat terpenuhi secara cukup sehingga diharapkan produktivitasnya juga baik. Kajian keberadaan varietas padi lokal yang meninjau secara komprehensif dari aspek fisik, sosial dan ekonomi belum pernah dilakukan, termasuk di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY).

Oleh karena itu, tujuan penelitian ini yakni untuk mengetahui keberadaan (eksistensi) padi varietas lokal pada ekosistem sawah irigasi secara komprehensif dan integralistik. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi informasi awal untuk penelitian lebih lanjut tentang varietas lokal dan menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan atau kebijakan pengembangan varietas lokal oleh pemerintah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode survei lapangan. Untuk teknik pelaksanaannya dilakukan dengan observasi dan wawancara. Daerah kajian dipilih secara acak berstrata (*Stratified Random Sampling*) yang didasarkan pada luas lahan terluas dalam ekosistem sawah irigasi. Selanjutnya, untuk responden petani dipilih secara sengaja (*Purposive Sampling*) yang didasarkan pada varietas padi yang ditanam dengan luasan minimal 1000 m².

Variabel yang diamati dalam penelitian ini, meliputi distribusi varietas padi, pengalaman penanaman varietas lokal, dampak ekologi fisik, hasil tanaman dan komponen hasil ekonomi. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis spasial dan dekriptif-ekplanatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi varietas padi di ekosistem sawah irigasi

Varietas padi yang beredar dan ditanam petani cukup banyak baik kelompok varietas unggul maupun lokal, khususnya di DIY. Berikut varietas padi yang banyak ditemukan dan ditanam oleh petani pada 11 ekosistem sawah irigasi yang dikaji disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Varietas Padi dan Wilayah Penanaman pada Berbagai Ekosistem Sawah Irigasi

Varietas	Jumlah Ekosistem	Ekosistem Sawah Irigasi - Wilayah Penanaman
IR64	7	DKG_Ilby-Ngaglik1, DKG_IVay-Ngaglik2, DA_Illy-Seyegan, DA_IVax-Sentolo, DA_IVay-F1-Banguntapan, DA_Vay-F-Jetis, DB_Vay-Kalibawang
Cherang	10	DKG_Ilby-Ngaglik1, DKG_IVay-Ngaglik2, DA_Illy-Seyegan, DA_Illy-Temon, DA_IVax-Sentolo, DA_IVay-F-Banguntapan, DA_Vay-F1-Jetis, DB_Illy-Minggir, DB_Illy-Lendah, DB_Vay-Kalibawang
Situ Bagendit	4	DKG_IVay-Ngaglik2, DA_Vay-F1-Jetis, DB_Illy-Lendah, DB_IVay-Imogiri
Mekongga	2	DKG_Ilby-Ngaglik1, DKG_IVay-Ngaglik2
Sri Putih	2	DA_Illy-Temon, DB_Illy-Lendah
Inpari 13	2	DA_IVay-F1-Banguntapan, DB_Vay-Kalibawang
Menthik	2	DA_IVay-F1-Banguntapan, DB_IVay-Imogiri
Menthik Susu	2	DA_Illy-Seyegan, DB_Illy-Minggir
Cempo Merah	2	DA_Illy-Seyegan, DB_Illy-Minggir
Raja Lele	2	DA_Illy-Seyegan, DB_Vay-Kalibawang
Cempo Hitam	1	DA_Illy-Seyegan

Sumber: Olah data, 2014

Tabel 1 menunjukkan bahwa kelompok varietas lokal lebih sedikit ditemukan dibandingkan dengan kelompok varietas unggul dengan distribusi wilayah yang terbatas (Lampiran I). Namun dilihat dari struktur varietas penyusunnya, tampak ada lima varietas lokal atau sekitar 45 % yang ditemukan pada ekosistem sawah irigasi walaupun distribusinya tidak merata atau terbatas. Ini artinya bahwa varietas lokal masih eksis dan diminati oleh banyak petani. Varietas padi unggul yang sangat diminati oleh petani dan seolah-olah seperti varietas lokal, yakni IR64 (ditemukan pada tujuh ekosistem sawah irigasi).

Padahal varietas ini sudah dilepas sejak 1986 dan kebijakannya diganti dengan varietas Ciherang (ditemukan pada 10 ekosistem sawah irigasi).

Di satu sisi, terbatasnya wilayah distribusi varietas lokal pada berbagai ekosistem sawah irigasi disebabkan oleh terbatasnya ketersediaan dan peredaran benihnya. Di sisi lain, perkembangan varietas lokal tidak tampak seperti varietas unggul disebabkan oleh kebijakan paket teknologi dalam pembangunan pertanian tidak pernah memasukkan varietas lokal tetapi selalu varietas unggul.

Tabel 1 menunjukkan bahwa wilayah penanaman varietas lokal sebagian besar cenderung berada pada ekosistem sawah irigasi daerah atas dengan kemiringan 15 - 40 %. Hal ini diduga karena varietas lokal umumnya tergolong padi ladang atau padi gogo yang biasa ditemukan dan ditanam pada wilayah atasan (*up land*). Beberapa varietas lokal yang dimaksud sebagaimana disajikan dalam Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan bahwa varietas lokal masih eksis walaupun jumlah, macam dan daerah penanamannya tidak menyebar. Varietas lokal saat ini banyak ditemukan di daerah atas wilayah DIY dan sedikit di dataran rendah. Sebagaimana telah disebutkan bahwa padi varietas lokal ini tergolong padi ladang dan ketersediaan air menjadi kendala utama pertumbuhannya. Oleh karena itu, apabila varietas ini ditanam di dataran rendah dengan pasokan air irigasi yang cukup maka pertumbuhannya akan lebih baik. Hal itu ditunjukkan oleh berkembangnya varietas lokal, seperti Menthik dan Menthik Susu pada ekosistem sawah irigasi di dataran rendah (kemiringan 0 - 8 %). Sebenarnya, hal itu juga dapat dilakukan untuk varietas lokal lainnya dengan cara diseminasi sinergi antar kelompok tani antar ekosistem sawah yang berbeda dengan fasilitasi dari pemerintah atau perguruan tinggi atau lembaga swadaya masyarakat.



a. Cempo Merah Super



b. Cempo Merah Bonggol Biru



c. Cempo Hitam



d. Menthik dan Menthik Susu

Gambar 1. Beberapa varietas lokal yang ditemukan pada wilayah ekosistem sawah irigasi dengan kemiringan 15 - 40 %

Pengalaman penanaman varietas lokal

Eksistensi varietas lokal dapat dilihat dari pengalaman petani dalam penanaman varietas lokal. Persentase pernah atau tidaknya petani menanam varietas lokal ditunjukkan dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Persentase Varietas Lokal Ditanam oleh Petani

Ekosistem Sawah	Varietas Lokal	
	Ya	Tidak
DKG_IIby-Ngaglik 1	100	0
DKG_IVay-Ngaglik 2	67	33
DA_IIay-Seyegan	40	60
DA_IIIay-Temon	20	80
DA_IVax-Sentolo	40	60
DA_IVay-F1-Banguntapan	43	57
DA_Vay-F1-Jetis	80	20
DB_IIay-Minggir	89	11
DB_IIIay-Lendah	17	83
DB_IVay-Imogiri	50	50
DB_Vay-Kalibawang	60	40

Sumber: Olah data, 2014

Keterangan:

DKG=Dataran Kaki Gununggapi; DA=Dataran Aluvial; DB=Dataran Banjir
F1=dataran aluvial yang dapat terkena luapan banjir
II=kemiringan 15-40%; III= 8 - 15%; IV= 3 - 8%; V= 0 - 3%
a = ketinggian 0 – 300 m dpl; b = 300 – 800 m dpl
x = iklim lembab (BK < 3 bulan); y = agak kering (BK= 3-6 bulan)

Hampir semua petani pada semua lahan ekosistem sawah irigasi kajian menyatakan pernah menanam padi varietas lokal. Persentase pernah tanam varietas lokal tertinggi berada di ekosistem sawah irigasi DKG_IIby-Ngaglik 1, yakni 100 % dan terendah berada di DB_IIIay-Lendah sebesar 17 %. Umumnya, varietas lokal pernah ditanam oleh petani pada ekosistem sawah irigasi daerah atasan (dataran kaki gununggapi) atau daerah dengan kelerengan 15-40 %. Sebagaimana telah disebutkan di atas bahwa padi varietas lokal tergolong padi ladang dan banyak berkembang di daerah atas (*up land*) sehingga sesuai dengan fakta dalam Tabel 2. Fakta ini menunjukkan bahwa padi varietas lokal sejak dahulu tetap eksis walaupun perkembangannya tidak seperti varietas unggul. Oleh karena itu, apabila varietas

lokal dikembangkan lagi maka diperlukan fasilitasi kebijakan yang memadai. Selanjutnya, perlu dilakukan perbaikan sifat serta teknik budidayanya agar mudah diterima oleh petani dan lebih eksis dibandingkan varietas unggul.

Dampak terhadap ekologi fisik

Dampak terhadap ekologi fisik yang dimaksud yaitu dampak terhadap lingkungan tanam, khususnya dampak pada tanah yang ditimbulkan akibat penanaman varietas lokal. Adapun dampak yang dimaksud, terutama pada kesuburan kimiawi tanah yang dapat disimak pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kadar C-Organik dan N-Total Tanah Setelah Penanaman

Varietas	Ekosistem Sawah	Budidaya	Kadar C (%)	Kriteria	Kadar N (%)	Kriteria
Menthik Susu	DA_IIay-Seyegan	O	2,255	Sedang	0,08	Sangat Rendah
	DB_IIay-Minggir	NO	2,042	Sedang	0,11	Rendah
Merah	DA_IIay-Seyegan	SO	2,6	Sedang	0,046	Sangat Rendah
	DB_IIay-Minggir	SO	2,897	Sedang	0,11	Rendah
Cempo Hitam	DA_IIay-Seyegan	SO	0,607	Sangat Rendah	0,087	Sangat Rendah
Menthik	DA_IVay-F1-Banguntapan	NO	1,997	Rendah	0,028	Sangat Rendah
	DB_IVay-Imogiri	O	3,145	Tinggi	0,1	Rendah
Raja Lele	DB_Vay-Kalibawang	NO	1,958	Rendah	0,078	Sangat Rendah

Sumber: Olah data, 2014

Keterangan:

DKG=Dataran Kaki Gununggapi; DA=Dataran Aluvial; DB=Dataran Banjir
F1=dataran aluvial yang dapat terkena luapan banjir
II=kemiringan 15-40%; III= 8 - 15%; IV= 3 - 8%; V= 0 - 3%
a = ketinggian 0 – 300 m dpl; b = 300 – 800 m dpl
x = iklim lembab (BK < 3 bulan); y = agak kering (BK= 3-6 bulan)
O = Organik; SO = Semi Organik; NO = Non Organik

Tabel 3 menunjukkan bahwa dampak penanaman padi varietas lokal terhadap kadar C-organik tanah secara umum baik, namun juga dipengaruhi oleh teknik budidaya yang diterapkan. Umumnya, varietas lokal yang dibudidayakan secara Organik dan Semi Organik lebih baik dibandingkan dengan Non Organik. Penanaman

varietas Menthik di ekosistem sawah irigasi DB_IVay-Imogiri memiliki kadar C-organik tertinggi dibandingkan yang lainnya. Hal ini disebabkan lahan yang digunakan telah lama dibudidayakan secara organik dan telah mendapatkan sertifikat SNI (lahan padi responden). Namun, dampak terhadap kadar N-total tanah pada kategori rendah dan sangat rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa untuk penanaman berikutnya perlu penambahan hara nitrogen yang cukup agar dapat mendukung pertumbuhan padi secara baik. Berdasarkan tabel dan uraian di atas bahwa varietas Menthik yang dibudidayakan secara organik merupakan varietas paling baik dengan pertimbangan tingkat dampaknya terhadap ekologi tanah pada lahan pertanaman padi.

Hasil tanaman

Hasil tanaman merupakan salah satu indikator kelayakan suatu varietas padi yang dikembangkan oleh petani. Berikut hasil tanaman padi yang berupa gabah kering panen (GKP) beberapa varietas lokal yang ditanam dengan teknik budidaya yang berbeda pada berbagai ekosistem sawah irigasi (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Beberapa Varietas Lokal pada Teknik Budidaya yang Berbeda

Varietas	Ekosistem Sawah	Budidaya	Hasil (ton/ha)
Menthik Susu	DA_Ilay-Seyegan	O	6,0
	DB_Ilay-Minggir	NO	5,5
Merah	DA_Ilay-Seyegan	SO	6,0
	DB_Ilay-Minggir	SO	6,73
Cempo Hitam	DA_Ilay-Seyegan	SO	6,0
Menthik	DA_IVay-F1-Banguntapan	NO	4,0
	DB_IVay-Imogiri	O	10,75
Raja Lele	DB_Vay-Kalibawang	NO	8,0

Sumber: Olah data, 2014

Keterangan:

DKG=Dataran Kaki Gunungapi; DA=Dataran Aluvial; DB=Dataran Banjir

F1=dataran aluvial yang dapat terkena luapan banjir

II=kemiringan 15-40%; III= 8 - 15%; IV= 3 - 8%; V= 0 - 3%

a = ketinggian 0 - 300 m dpl; b = 300 - 800 m dpl

x = iklim lembab (BK < 3 bulan); y = agak kering (BK= 3-6 bulan)

O= organik; NO= non organik (konvensional); SO= semi organik

Tabel 4 menunjukkan hasil tanaman yang bervariasi, terendah 4 Ton/Ha dan tertinggi 10,75 Ton/Ha. Namun, rerata hasil tanaman dari semua varietas lokal yang ditanam dengan tanpa memperhatikan macam, lingkungan tanam dan teknik budidayanya diperoleh GKP sebesar 6,62 Ton/Ha. Rerata hasil ini mendekati dengan rerata hasil padi di DIY tahun 2014 berkisar 6,28 - 6,63 Ton/Ha dan umumnya yang ditanam yakni varietas unggul (Distan DIY, 2014). Hasil tersebut menunjukkan bahwa macam varietas lokal dan ekosistem sawah irigasi tidak berpengaruh secara signifikan, tetapi diduga disebabkan oleh tingkat pengelolaan oleh petani. Capaian hasil yang relatif tidak berbeda dengan varietas unggul itu menyebabkan varietas lokal tetap eksis.

Komponen hasil ekonomi

Nisbah B/C (*Benefit/Cost ratio*) ekonomi merupakan salah satu komponen hasil ekonomi yang dapat dijadikan indikator kelayakan suatu varietas, apakah tetap eksis untuk dikembangkan atau tidak oleh petani. Adapun komponen hasil ekonomi-nisbah B/C beberapa varietas lokal yang ditanam disajikan dalam Tabel 5.

Ada 62,5 % varietas lokal yang ditanam pada ekosistem sawah irigasi yang berbeda menghasilkan nilai nisbah B/C kategori Layak, sedangkan 37,5 % kategori Tidak layak. Tingkat kelayakan ekonomi usahatani berbasis varietas lebih ditentukan oleh teknik budidaya yang diterapkan dan efisiensi penggunaan tenaga kerja serta harga jual beras yang cukup tinggi. Nampak bahwa pengelolaan varietas Menthik pada ekosistem sawah irigasi DB_IVay-Imogiri menghasilkan margin keuntungan paling tinggi dibandingkan varietas lokal dan ekosistem sawah irigasi lainnya. Sebenarnya, penilaian kelayakan tersebut kurang proporsional karena dasarnya nilai nisbah B/C

hanya lebih dari 1 dan tidak ada kategori interval kelayakannya. Penilaian kelayakan seperti ini rentan bagi nisbah B/C yang nilainya dekat 1 (seperti B/C varietas Cempo Hitam di DA_Ilay-Seyegan). Dikatakan rentan karena apabila terjadi kenaikan biaya produksi yang signifikan, sementara harga jual produk tidak atau naik tetapi tidak signifikan atau selaras maka penilaian kelayakannya dapat berubah menjadi Tidak layak. Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan penilaian kelayakan ekonomi dengan kategori berjenjang, diusulkan (Nisbah B/C): 1) Tinggi: > 2,0; 2) Sedang: 1,5 – 2,0; dan Rendah: 1,0 – 1,49 (Gatot Supangkat S, 2016). Berdasarkan kriteria yang diusulkan maka Menthik atau Menthik Susu lebih eksis dibandingkan varietas lokal lainnya.

Tabel 5. Hubungan Varietas dengan Komponen Hasil Ekonomi Usahatani Padi

Varietas	Ekosistem Sawah	B/C	Kategori
Menthik Susu	DA_Ilay-Seyegan	1,67	Layak
	DB_Ilay-Minggir	2,66	Layak
Merah	DA_Ilay-Seyegan	0,44	Tidak layak
	DB_Ilay-Minggir	0,94	Tidak layak
Cempo Hitam	DA_Ilay-Seyegan	1,03	Layak
Menthik	DA_IVay-F1-Banguntapan	0,57	Tidak layak
	DB_IVay-Imogiri	2,96	Layak
Raja Lele	DB_Vay-Kalibawang	1,59	Layak

Sumber: Olah data, 2014

Keterangan:

DKG=Dataran Kaki Gunungapi; DA=Dataran Aluvial; DB=Dataran Banjir
F1=dataran aluvial yang dapat terkena luapan banjir
II=kemiringan 15-40%; III= 8 - 15%; IV= 3 - 8%; V= 0 - 3%
a = ketinggian 0 – 300 m dpl; b = 300 – 800 m dpl
x = iklim lembab (BK < 3 bulan); y = agak kering (BK= 3-6 bulan)
B/C > 1 = usahatani dinilai layak (Ken Suratijah, 2008)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan, bahwa padi varietas lokal masih tetap eksis pada semua ekosistem sawah irigasi, Menthik dan Menthik Susu merupakan padi varietas lokal yang dominan distribusinya pada berbagai ekosistem sawah irigasi, eksistensi padi varietas lokal juga ditunjukkan oleh persentase

pengalaman penanaman varietas lokal oleh petani, varietas menthik memberikan dampak baik terhadap ekologi fisik tanah, hasil fisik per tanaman dan nisbah B/C tertinggi dicapai oleh varietas Menthik dibandingkan varietas lokal lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. *Padi Varietas Asli Kalimantan Timur*. <http://www.kliksaya.com>. Akses tanggal 9 April 2012.
- 2012. *Petani Lumbanlobu Pertahankan Padi Varietas Lokal*. <http://www.medanpunya.com>. Akses tanggal 9 April 2012.
- Distan DIY. 2014. Luas panen, produksi dan produktivitas Padi dan Palawija DIY tahun 2014. http://distan.jogjaprovo.go.id/images/stories/statistik/tanaman_pangan/2014/t1_3diy.pdf. Akses 7 Januari 2016.
- Gasol Pertanian Organik. 2006. *Perburuan Varietas Lokal. gasol-pertanianorganik.blogspot.com*. Akses tanggal 9 April 2012
- Gatot Supangkat S. 2016. Benih Mandiri Petani Jaminan Mandiri Pangan dan Keberlanjutan Pembangunan Pertanian. Diskusi Publik tanggal 8 Oktober 2016, Fakultas Pertanian UMY, Yogyakarta. 8 hal
- Hertanto. D. dan Adjie K. 2006. *Kembalinya Sang Dwiwarna*. Tempo 17 Desember 2006 edisi 11: 76 – 78.
- Muhjidin Mawardi. 2011. Perubahan Iklim Dan Dampaknya Terhadap Sistem Pertanian (di Indonesia). Dalam Supangkat, G., Innaka A.R., Lis Noer A., Agus N.S., Sarjiyah dan Bambang H.I. (Ed). 2011. *Strategi Reduksi dan Adaptasi Perubahan Iklim dalam Bidang Pertanian*. Prosiding Seminar Nasional, Fakultas Pertanian UMY tanggal 29 Oktober 2011, Yogyakarta.
- Satoto, A.A. Daradjat dan Sri Wahyuni. 2008. *Varietas Unggul Padi Sawah: Pengertian dan Aspek Terkait*. Informasi Ringkas, Bank Pengetahuan Padi. <http://www.pustaka-deptan.go.id>. Akses tanggal 9 April 2012.
- Sindhunata, 2008. *Ana Dina Ana Upa (Pranata Mangsa)*. Bentara Budaya, Yogyakarta. 162 hal.
- Suyamto, 2008. *Ribuan Varietas Padi Lokal Hilang*. <http://cetak.kompas.com/read/xml/2008/09/15/01281789/ribuan.varietas.padi.lokal.hilang>. Akses 13 Juli 2011.
- Widyanta, A.B. dan G.S. Purwanto. 2008. *Bermesra dengan Alam: Membangun Kembali Kearifan Petani*. BASIS-Jurnalisme Seribu Mata Yogyakarta 57 (05-08): 15-24.

Asap Cair Kayu Sengon sebagai *Chelating Agents* Logam Timbal (Pb) pada Model Menggunakan Biji Kedelai (*Glycine max*)

DOI: 10.18196/pt.2017.070.42-51

Nur Rohmah Lufti A'yuni^{1*}, Purnama Darmadji², Yudi Pranoto²

¹STPP Magelang Jurluhtan di Yogyakarta,

Jl. Kusumanegara No.2 Yogyakarta, 55167, Telp. 0274-373479, Fax. 0274-375528

²Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada,

Jl. Flora No. 1 Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Telp/Fax: +62 274 589797

*Corresponding author, email: nurayuni.ais@gmail.com

ABSTRAK

Kedelai (*Glycine max*) merupakan salah satu tanaman yang mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi logam berat cukup tinggi. Oleh karena itu, biji kedelai perlu diberikan suatu *pre-treatment* supaya tidak terjadi akumulasi logam berat dalam tubuh manusia. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asap cair kayu sengon terhadap penurunan kadar logam timbal (Pb) biji kedelai dan mengetahui pengaruh senyawa penyusun asap cair kayu sengon terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga kali ulangan. Faktor yang diteliti adalah pengaruh konsentrasi asap cair kayu sengon terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai dengan variasi 0; 12,5; 25; 50 dan 100 % sebanyak 25 ml. Parameter yang diamati adalah penurunan kadar logam Pb biji kedelai, perubahan kadar asam, fenol, karbonil dan pH asap cair kayu sengon setelah khelasi serta penurunan kadar logam Pb karena pengaruh senyawa penyusun asap cair kayu sengon. Model cemaran logam Pb dibuat dengan mencemari biji kedelai menggunakan larutan Pb(NO₃)₂ sebesar 2 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi asap cair kayu sengon maka penurunan kadar logam Pb biji kedelai semakin besar. Asap cair kayu sengon dengan konsentrasi 100 % dapat menurunkan kadar logam Pb biji kedelai sebesar 59,12 %. Senyawa karbonil asap cair kayu sengon mampu menurunkan kadar logam Pb biji kedelai tertinggi sebesar 46,42 %, diikuti asam asetat sebesar 43,97 % dan fenol sebesar 41,55 %.

Kata kunci: Asap cair kayu sengon, Logam Pb, Biji kedelai, Gugus fungsional

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max*) is one of the plants that strongly accumulate heavy metals. Therefore, soybeans need to be given a *pre-treatment* so that no accumulation of heavy metals in the human body. The aim of this study was to determine the influence of *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen wood liquid smoke concentration to the reduction of Pb metal in soybean seeds and determine the influence of liquid smoke compounds to the reduction of Pb metal in soybean seeds. The study used a completely randomized design with three replications. Factor to be examined was the effect of liquid smoke concentration to the reduction of Pb metal in soybean seeds with variations 0; 12.5; 25; 50 and 100 % by 25 ml. Parameters measured were Pb metal reduction, the changes of acid, phenol, carbonyl and pH liquid smoke after chelation and Pb metal reduction because of liquid smoke compounds. Model of Pb metal was made from soybean seeds that have been contaminated by Pb (NO₃)₂ with the 2 ppm concentration. The results showed that the greater the concentration of liquid smoke, the greater the reduction of Pb metal. The liquid smoke with the 100% concentration gives the highest reduction of Pb metal in soybean seeds 59.12%. Carbonyl compounds of liquid smoke give the highest reduction of Pb metal in soybeans seeds 46.42 %, followed by acetic acid 43.97 % and phenol 41.55 %.

Keywords: *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen wood liquid smoke, Lead (Pb), Soybean seeds, Functional group

PENDAHULUAN

Penyerapan logam berat dari tanah yang telah terkontaminasi logam berat melalui akar tanaman dan deposisi langsung logam berat dari atmosfer ke permukaan tanaman merupakan dua penyebab utama akumulasi logam berat pada *edible part* tanaman pangan (Pruvot dkk., 2006 dalam Ping dkk., 2013). Kemampuan

akumulasi logam oleh tanaman ditentukan oleh kemampuan penyerapan dan transportasi intra-seluler tanaman. Pada sel tanaman, logam berat tersimpan dalam vakuola membentuk senyawa kompleks antara logam dengan asam organik atau peptida pengikat logam (Yang dkk., 2005). Proses akumulasi logam berat pada tanaman

meliputi a). pengangkutan logam melewati membran plasma sel akar, b). pengangkutan logam lewat xylem dan c). translokasi, detoksifikasi dan penyerapan logam oleh seluruh bagian tanaman dan tingkat selular (Lombi dkk., 2002). Salah satu logam berat yang dapat menimbulkan efek racun terhadap manusia adalah logam timbal (Pb). Logam timbal (Pb) dapat memberikan efek racun terhadap sistem syaraf, sistem urinaria, sistem reproduksi, sistem endokrin dan jantung (Palar, 2008).

Tanaman kedelai (*Glycine max*) merupakan salah satu tanaman yang mempunyai kemampuan cukup tinggi untuk mengakumulasi logam berat (Bojinova dkk., 1994 dalam Ping dkk., 2013) padahal kedelai merupakan salah satu bahan pangan yang sering dikonsumsi masyarakat. Beberapa peneliti telah melaporkan adanya cemaran logam timbal (Pb) pada biji kedelai. Kadar logam timbal (Pb) biji kedelai di Fandong Cina Selatan sebesar 0,34 ppm (Ping dkk., 2013), Argentina sebesar 0,85 ppm (Lavado dkk., 2001) sedangkan Salazar dkk. (2012) melaporkan kadar logam Pb biji kedelai di Kordoba, Argentina Tengah berkisar 1,52-2,55 ppm. Andriyanto (2012) melaporkan bahwa kadar logam timbal (Pb) biji kedelai yang ditanam di lahan intensifikasi sebesar 0,63 ppm padahal menurut SNI 7387-2009, batas maksimal cemaran logam timbal (Pb) biji kedelai sebesar 0,5 ppm (Anonim, 2009). Oleh karena itu, biji kedelai perlu diberikan suatu *pre-treatment* untuk menurunkan kadar logam timbal (Pb) sehingga mencegah terjadinya akumulasi logam timbal (Pb) dalam tubuh.

Salah satu metode untuk menurunkan kadar logam berat adalah dengan menambahkan senyawa pengkhelat (*chelating agents*) untuk mengikat logam berat sehingga terbentuk senyawa kompleks antara logam berat dengan senyawa pengkhelat. Salah satu faktor yang mempenga-

ruhi penurunan logam berat adalah konsentrasi *chelating agents* karena konsentrasi *chelating agents* akan mempengaruhi aktifitas gugus fungsionalnya. Mifbakhuddin dkk. (2010) melaporkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan asam cuka maka penurunan kadar logam kadmium pada kerang hijau semakin besar.

Hartati (2015) melaporkan bahwa asap cair tempurung kelapa dapat digunakan sebagai *chelating agents* untuk menurunkan kadar logam timbal (Pb) biji kedelai sebesar 63,41 %. Senyawa penyusun asap cair tempurung kelapa, termasuk fenol memberikan efek penurunan terhadap kadar logam Pb biji kedelai. Tempurung kelapa merupakan kayu keras yang mempunyai kadar lignin lebih tinggi daripada kadar selulosa (Tilman, 1981). Novianty (2013) melaporkan bahwa tempurung kelapa mempunyai kadar lignin 46,29 %. Hasil dekomposisi termal lignin menghasilkan fenol sehingga pirolisis bahan dengan kadar lignin tinggi akan menghasilkan asap cair dengan kadar fenol tinggi (Girard, 1992).

Kayu sengon merupakan salah satu kayu lunak (Siregar dkk., 2011). Kadar lignin kayu sengon sebesar 26,8 % (Martawijaya dkk., 2005 dalam Ngadianto, 2012) sehingga pirolisis kayu sengon akan menghasilkan asap cair dengan kadar fenol lebih rendah daripada asap cair tempurung kelapa. Penggunaan kayu sengon untuk industri mebel yang semakin meningkat menyebabkan peningkatan limbah kayu sengon, salah satunya dalam bentuk potongan kayu. Selama ini, limbah potongan kayu sengon belum banyak dimanfaatkan. Penggunaan asap cair dari kayu keras sebagai *chelating agents* telah diteliti tetapi penggunaan asap cair dari kayu lunak belum diteliti sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui efektivitas asap cair kayu sengon yang merupakan kayu lunak terhadap penurunan kadar logam timbal (Pb) biji kedelai.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi asap cair kayu sengon terhadap penurunan kadar logam timbal (Pb) biji kedelai dan mengetahui pengaruh senyawa penyusun asap cair kayu sengon terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah potongan kayu sengon berukuran sekitar 4 x 1 x 1 cm sampai dengan 4 x 3,5 x 1,5 cm yang diperoleh dari perusahaan mebel di Gamping. Berdasarkan hasil analisis, kayu sengon mempunyai kadar air 9,23 %, hemiselulosa 23,78 %, selulosa 51,81 % dan lignin 17,22 %. Biji kedelai varietas Anjasmoro dengan kadar air 12,2% diperoleh dari lahan intensifikasi di Prambanan, Sleman. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis kimia antara lain: larutan standar $Pb(NO_3)_2$ 1000 ppm, HNO_3 , $HClO_4$, folin ciocalteu, asam asetat, fenol, aseton (Merck, Germany).

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga kali ulangan. Faktor yang diteliti adalah pengaruh konsentrasi asap cair kayu sengon terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai dengan variasi 0; 12,5; 25; 50 dan 100 % sebanyak 25 ml. Khelasi logam Pb biji kedelai menggunakan senyawa asam asetat, fenol dan aseton dilakukan untuk mengetahui pengaruh senyawa penyusun asap cair terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai. Parameter yang diamati adalah penurunan kadar logam Pb biji kedelai, perubahan kadar asam, fenol, karbonil dan pH asap cair kayu sengon setelah khelasi serta penurunan kadar logam Pb karena pengaruh senyawa penyusun asap cair kayu sengon. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 5 %

jika terdapat beda nyata antar perlakuan (Gomez dan Gomez, 1995).

Pembuatan asap cair kayu sengon

Kayu sengon terlebih dahulu dianalisis kadar air, hemiselulosa, selulosa dan lignin sebelum kayu sengon dipirolisis. Kayu sengon dipirolisis pada suhu 400 °C kemudian diendapkan selama 24 jam dilanjutkan dengan distilasi 2 kali pada suhu 98 ± 2 °C (Kuntjahjwati dan Darmadji, 2004). Redestilat asap cair kayu sengon kemudian dianalisis kadar asam, fenol, karbonil dan pH.

Pembuatan model cemaran logam timbal (Pb) pada biji kedelai

Larutan $Pb(NO_3)_2$ standar 1000 ppm diencerkan dengan aquademineral sehingga diperoleh larutan Pb dengan konsentrasi 2 ppm. Biji kedelai utuh dan kering sebanyak 100 g direndam dalam 500 ml larutan Pb 2 ppm kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada putaran 600 rpm. Biji kedelai utuh selanjutnya ditiriskan dan dikeringkan dengan *cabinet dryer* selama 24 jam pada suhu 50 °C. Kadar logam timbal (Pb) biji kedelai dianalisis menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) pada panjang gelombang 283,3 nm.

Proses khelasi logam Pb biji kedelai menggunakan asap cair kayu sengon

Proses khelasi logam Pb biji kedelai dilakukan dengan perendaman 5 g biji kedelai yang telah tercemar logam Pb direndam dalam 25 ml asap cair kayu sengon dengan berbagai variasi konsentrasi yaitu 0 %, 12,5 %, 25 %, 50 % dan 100 % kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada putaran 600 rpm. Biji kedelai ditiriskan dan dicuci menggunakan 15 mL aquademineral sebanyak 2 kali selanjutnya dikeringkan dengan *cabinet dryer* pada suhu 50 °C

selama 24 jam (Li dkk., 2010 yang dimodifikasi Andriyanto, 2012). Kadar logam timbal (Pb) biji kedelai dianalisis menggunakan AAS pada panjang gelombang 283,3 nm. Untuk mengetahui pengaruh masing-masing senyawa penyusun asap cair kayu sengon (asam asetat, fenol dan aseton) terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai, makadipersiapkan larutan perendam dari senyawa asam asetat, fenol dan aseton dengan kadar yang sama dengan kadar asam asetat, fenol dan karbonil asap cair kayu sengon.

Analisis kadar asam

Analisis kadar asam mengacu metode AOAC (Anonim, 2005). Asap cair sebanyak 1 mL ditambah aquades sampai volume tepat 100 mL lalu dicampur sampai homogen kemudian ditambah 3 tetes indikator PP. Sampel dititrasi menggunakan NaOH 0,1 N sampai warna merah muda terbentuk (BM asam asetat = 60).

$$\% \text{ asam asetat} = \frac{V \times N \times BM \times f_p}{mg_{sampel}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

V = Volume NaOH (mL), N = Normalitas NaOH (N), BM= Berat molekul asam asetat, fp = Faktor pengenceran

Analisis kadar fenol

Analisis kadar fenol mengacu metode Senter dkk. (1989). Asap cair sebanyak 1 mL diencerkan sampai volume tepat 100 mL. Diambil 1 mL kemudian diencerkan sampai volume tepat 10 mL (fp=1000x). Hasil pengenceran diambil 1 mL dan ditambah larutan 5 mL Na₂CO₃ alkali 2% dan dibiarkan selama ±10 menit. Selanjutnya sampel ditambah larutan folin ciocalteu sebanyak 0,5 mL, divortex dan dibiarkan selama 30 menit. Absorbansi larutan sampel ditera dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 750 nm. Konsentrasi larutan fenol dihitung berdasar-

kan kurva standar yang diperoleh dari larutan fenol murni. Kadar fenol dihitung menggunakan rumus:

$$\% \text{ fenol} = \frac{x \cdot f_p}{mg_{sampel}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

Nilai x diperoleh dari regresi hasil kurva standar $y = ax + b$, dengan nilai y adalah hasil absorbansi sampel, fp = Faktor pengenceran

Analisis kadar karbonil

Analisis kadar karbonil mengacu metode Lappin dan Clark (1951). Asap cair sebanyak 1 mL diencerkan sampai volumetepat 25 mL. Diambil 1 mL larutan sampel dan diencerkan sampai volume tepat 100 mL (fp=2500x). Hasil pengenceran diambil 1 mL dan dicampur dengan 1 mL 2,4-dinitrophenyl hidrazine dan 1 tetes HCL pekat. Selanjutnya sampel dipanaskan selama 30 menit pada suhu 50 °C. Campuran sampel didinginkan dan ditambah 8 ml larutan KOH 1 N. Absorbansi larutan sampel ditera dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 480 nm (kuning).

$$\% \text{ karbonil} = \frac{x \cdot f_p}{mg_{sampel}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

Nilai x diperoleh dari regresi hasil kurva standar $y = ax + b$, dengan nilai y adalah hasil absorbansi sampel, fp = Faktor pengenceran

Analisis kadar Pb

Analisis kadar Pb mengacu AOAC (Anonim, 2005). Ditimbang 1 g sampel biji kedelai yang telah dihaluskan kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Ditambah 8 mL HNO₃-HClO₄ dengan perbandingan 2:1. Erlenmeyer dipanaskan di atas *hotplate* sampai larutan menjadi jernih dan timbul asap putih. Erlenmeyer diturunkan dari *hotplate* kemudian didinginkan.

Sampel dipindah ke dalam labu takar 25 mL dan ditambah aquades sampai volume tepat 25 mL. Larutan sampel ditera dengan AAS pada panjang gelombang 283,3 nm.

Perhitungan kadar logam timbal (Pb) adalah sebagai berikut:

$$Kadar Pb = \frac{A}{B} \times 25 mL \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

A=Konsentrasi logam Pb hasil pengukuran,

B = Berat sampel dalam g

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Senyawa Penyusun dan pH Asap Cair Kayu Sengon

Hasil analisis kadar senyawa asam, fenol, karbonil dan pH asap cair kayu sengon dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi senyawa penyusun dan pH asap cair kayu sengon

Asam (%)	Fenol (%)	Karbonil (%)	pH
5,27 ± 0,10	0,50 ± 0,01	6,84 ± 0,07	2,42

Kadar senyawa asam asap cair kayu sengon sebesar 5,27 %. Hasil analisis ini berada pada kisaran kadar asam asap cair yang dilaporkan Maga (1988) sebesar 2,8 - 9,5 % maupun Tranggono dkk. (1996) sebesar 4,27 - 11,39 %. Kayu sengon mempunyai kadar selulosa dan hemiselulosa relatif tinggi sehingga dapat menghasilkan kadar asam relatif tinggi. Menurut Girard (1992), senyawa asam asap cair dihasilkan dari pirolisis selulosa.

Kadar fenol asap cair kayu sengon sebesar 0,50 %. Hasil analisis ini berada pada kisaran kadar fenol asap cair yang dilaporkan Maga (1988) sebesar 0,2 - 2,9 %. Kadar fenol asap cair kayu sengon relatif rendah karena kayu sengon mempunyai kadar lignin rendah. Menurut Draudt (1963), pirolisis lignin menghasilkan fenol.

Kadar karbonil asap cair kayu sengon sebesar 6,84 %. Kadar karbonil hasil penelitian ini lebih tinggi daripada kadar karbonil yang dilaporkan Maga (1988) sebesar 2,6 - 4,6 % tetapi lebih rendah daripada hasil penelitian Tranggono dkk. (1996) sebesar 8,56 - 15,23 %. Perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan jenis kayu, kadar air, lama pirolisis, suhu pirolisis dan ukuran kayu (Darmadji dkk., 2000).

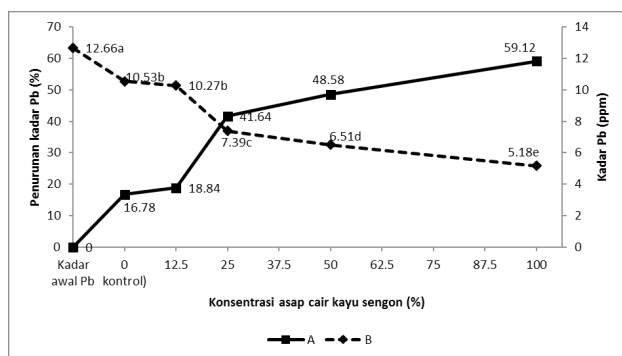
Nilai pH asap cair kayu sengon sebesar 2,42. Hal ini menunjukkan bahwa asap cair kayu sengon bersifat asam. Menurut Pszczola (1995), dalam asap cair terdapat berbagai jenis asam sehingga mempengaruhi pH. Selain itu, asap cair kayu sengon juga mengandung senyawa fenol dan karbonil yang dapat berkontribusi terhadap tingkat keasaman asap cair kayu sengon. Menurut Sugoro dkk. (2012), adanya senyawa fenol, aldehid dan keton dapat menyebabkan keasaman media.

Pengaruh Konsentrasi Asap Cair Kayu Sengon Terhadap Penurunan Kadar Logam Timbal (Pb) Biji Kedelai Hasil Perendaman

Berdasarkan Gambar 1, konsentrasi asap cair kayu sengon berpengaruh terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai. Asap cair kayu sengon dengan konsentrasi 100 % mampu menurunkan kadar logam Pb biji kedelai sebesar 59,12 %. Hartati (2015) melaporkan bahwa asap cair tempurung kelapa mampu menurunkan kadar logam Pb biji kedelai sebesar 63,41 %. Perbedaan kemampuan khelasi asap cair kayu sengon dengan asap cair tempurung kelapa disebabkan perbedaan konsentrasi asam, fenol, karbonil yang merupakan senyawa penyusun asap cair.

Semakin tinggi konsentrasi asap cair kayu sengon maka penurunan kadar logam Pb biji kedelai semakin besar. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi asap cair kayu sengon

maka semakin banyak gugus fungsional karboksil, hidroksil dan karbonil dalam asap cair kayu sengon yang dapat berikatan dengan logam Pb. Hashem dkk. (2005) menyatakan bahwa gugus fungsional pada senyawa asam, fenol dan karbonil dapat membentuk senyawa kompleks dengan logam. Gugus karboksil pada asam akan terdeprotonisasi menghasilkan ion COO⁻ yang dapat berikatan dengan logam Pb. Pada senyawa fenol, gugus hidroksil yang terdeprotonasi akan membentuk ikatan dengan kation logam (Witek-Krowiak dan Reddy, 2013).



Gambar 1. Penurunan kadar logam Pb (%) oleh asap cair kayu sengon

Keterangan:

A = Penurunan kadar logam Pb (%)

B = Kadar logam Pb biji kedelai (ppm)

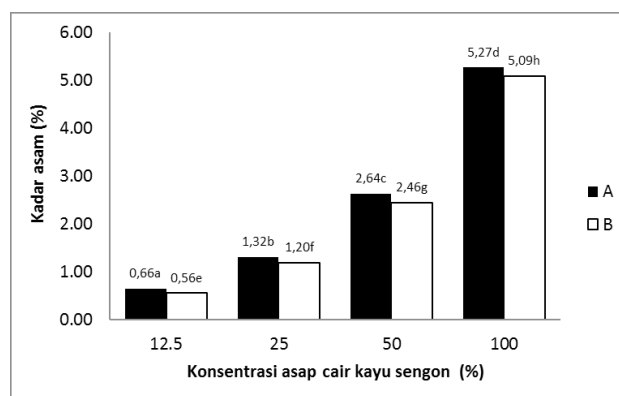
Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada alpha 5%.

Penurunan logam Pb oleh asap cair kayu sengon kemungkinan juga disebabkan oleh pH asap cair kayu sengon yang rendah. pH asap cair kayu sengon yang relatif rendah (asam) diduga dapat mempengaruhi kekuatan ikatan antara logam Pb dengan protein kedelai sehingga ion Pb²⁺ dapat terlepas dari protein dan berikatan dengan gugus fungsional asap cair. Yuliasari dkk. (2011) menyatakan bahwa kekuatan ikatan antara logam dengan protein sangat berkurang dalam suasana asam. pH asap cair kayu sengon yang rendah juga mempengaruhi bentuk logam Pb. Yoshida dkk. (2003) melaporkan bahwa spesies Pb (II) dapat ditemukan sebagai ion

Pb²⁺ secara dominan pada pH < 6. Ion Pb²⁺ yang bermuatan positif dapat berikatan dengan ion gugus fungsional asap cair kayu sengon yang bermuatan negatif. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Shofiyani dan Gusrizal (2006) yang melaporkan bahwa adsorpsi logam Pb²⁺ dalam jumlah tinggi terjadi pada kondisi asam atau pH 2-3. Tingginya adsorpsi logam Pb pada pH rendah menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi logam Pb didominasi oleh interaksi elektrostatis atau pertukaran ion logam Pb²⁺ dengan ion H⁺.

Perubahan kadar senyawa asam setelah digunakan untuk khelasi logam Pb

Asap cair kayu sengon setelah mengalami penurunan kadar asam setelah digunakan untuk khelasi logam Pb biji kedelai, seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan kadar asam asap cair kayu sengon (%) sebelum dan setelah digunakan untuk khelasi logam Pb biji kedelai

Keterangan:

A = Kadar asam awal (%)

B = Kadar asam akhir (%)

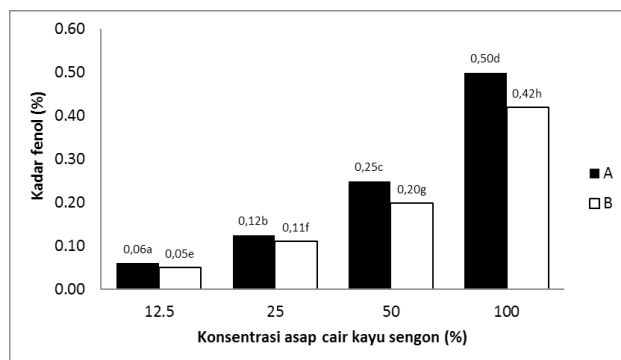
Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada alpha 5%.

Penurunan tertinggi kadar asam terjadi pada konsentrasi asap cair kayu sengon 12,5% sebesar 15,15%. Adanya penurunan kadar asam menunjukkan bahwa senyawa asam berperan terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai. Hal ini disebabkan senyawa asam telah berikatan dengan logam Pb membentuk senyawa kompleks. Gu-

gus karboksil (COOH) pada asam yang terdeprotonisasi akan membentuk ion COO⁻ yang dapat berikatan dengan muatan positif logam Pb membentuk senyawa kompleks antara Pb dengan asam. Hal ini sesuai dengan Sinaga dkk. (2013) yang melaporkan bahwa ion sitrat dapat mengikat logam sehingga dapat menurunkan ion logam yang terakumulasi pada kerang darah sebagai kompleks sitrat.

Perubahan kadar senyawa fenol setelah digunakan untuk khelasi logam Pb

Asap cair kayu sengon mengalami penurunan kadar fenol setelah digunakan untuk khelasi logam Pb biji kedelai, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Perubahan kadar fenol asap cair kayu sengon (%) sebelum dan setelah digunakan untuk khelasi logam Pb biji kedelai

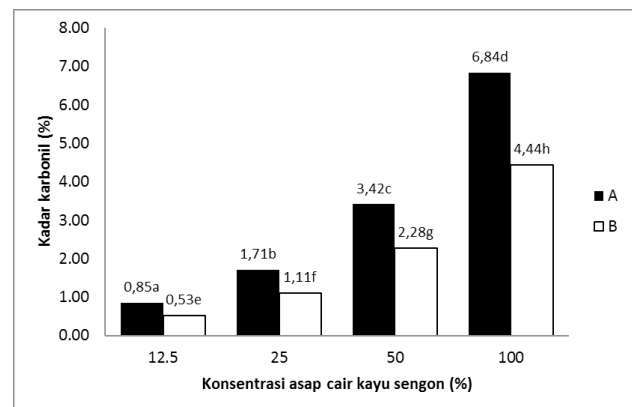
Keterangan:
A = Kadar fenol awal (%),
B = Kadar fenol akhir (%),
Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada alpha 5%.

Penurunan tertinggi kadar fenol asap cair kayu sengon terjadi pada konsentrasi 50% sebesar 20%. Adanya penurunan kadar fenol menunjukkan bahwa senyawa fenol berperan terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai. Penurunan kadar logam Pb oleh fenol disebabkan adanya ikatan antara ion logam Pb yang bermuatan positif dengan muatan negatif gugus fungsional hidroksil (OH) fenol yang terdeprotonisasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Holde (1985) bahwa eugenol yang merupakan salah

satu senyawa fenol dapat mengikat logam (L) menjadi eugenol logam dengan posisi logam terikat pada posisi gugus OH sehingga gugus OH dari eugenol berubah menjadi O-L.

Perubahan kadar senyawa karbonil setelah digunakan untuk khelasi logam Pb

Kadar senyawa karbonil asap cair kayu sengon juga mengalami penurunan setelah digunakan untuk khelasi logam Pb biji kedelai, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Perubahan kadar karbonil asap cair kayu sengon (%) sebelum dan setelah digunakan untuk khelasi logam Pb biji kedelai

Keterangan:
A = Kadar karbonil awal (%),
B = Kadar karbonil akhir (%),
Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada alpha 5%.

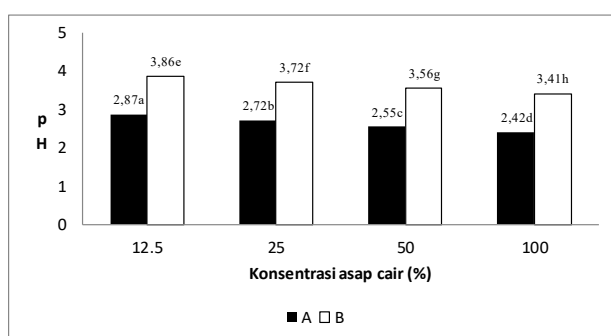
Penurunan tertinggi kadar karbonil terjadi pada konsentrasi asap cair kayu sengon 12,5% sebesar 37,65%. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa karbonil berperan terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai. Penurunan kadar logam Pb oleh senyawa karbonil diduga karena terbentuknya ikatan kovalen koordinat antara ion logam Pb²⁺ dengan atom oksigen dari senyawa karbonil sehingga kadar logam Pb biji kedelai mengalami penurunan. Ion logam Pb²⁺ merupakan elektrofil karena kekurangan elektron sehingga ion logam Pb²⁺ akan mendekati atom oksigen pada gugus karbonil yang bersifat

nukleofil karena atom oksigen mempunyai dua pasang elektron bebas.

Hal ini sesuai dengan penelitian Harjanti (2008) yang melaporkan bahwa Na^+ akan mendekati posisi paling nukleofilik pada gugus karbonil sehingga Na^+ akan mendekati atom oksigen yang mempunyai dua pasang elektron bebas. Oksigen memberikan satu pasang elektronnya untuk dipakai bersama-sama dengan Na^+ sehingga oksigen kekurangan elektron. Oksigen bersifat elektronegatif sehingga oksigen akan berusaha menarik pasangan elektron pada ikatan rangkap karbon. Oleh karena atom karbon (C) telah memberikan sebagian elektronnya untuk dipakai bersama oksigen, maka atom C pada ikatan rangkap menjadi bermuatan positif (*carbocation* atau C^+).

Perubahan kadar pH asap cair setelah digunakan untuk khelasi logam Pb

Asap cair kayu sengon mengalami peningkatan pH setelah digunakan untuk khelasi logam Pb biji kedelai, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan pH asap cair kayu sengon (%) sebelum dan setelah digunakan untuk khelasi logam Pb biji kedelai

Keterangan:

A = Kadar pH awal (%),

B = Kadar pH akhir (%),

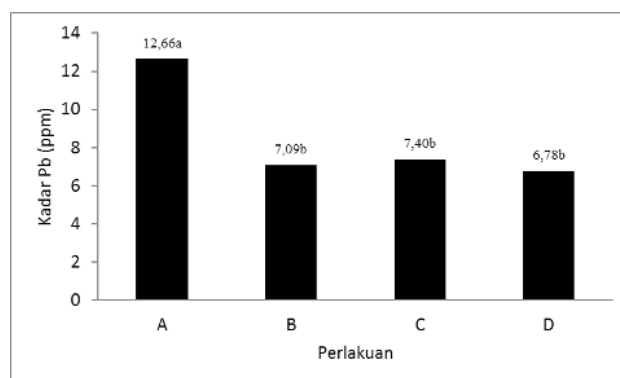
Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada alpha 5%

Peningkatan pH asap cair kayu sengon setelah digunakan untuk perendaman biji kedelai menunjukkan terjadinya penurunan tingkat

keasaman pada asap cair kayu sengon. Hal ini disebabkan senyawa fungsional asap cair kayu sengon yang mempengaruhi keasaman asap cair telah berikatan dengan logam Pb membentuk senyawa kompleks. Terjadinya peningkatan pH asap cair kayu sengon setelah perendaman biji kedelai sesuai dengan hasil analisis kadar asam, fenol dan karbonil asap cair kayu sengon yang mengalami penurunan setelah perendaman biji kedelai sehingga menurunkan tingkat keasaman asap cair kayu sengon.

Perubahan senyawa asap cair kayu sengon setelah digunakan untuk khelasi logam Pb

Untuk mengetahui pengaruh masing-masing senyawa penyusun asap cair kayu sengon (asam asetat, fenol dan karbonil) terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai, maka dilakukan khelasi logam Pb menggunakan senyawa asam asetat, fenol dan aseton. Konsentrasi senyawa asam asetat, fenol dan aseton yang digunakan untuk khelasi logam Pb biji kedelai berdasarkan kadar asam, fenol dan karbonil asap cair kayu sengon, masing-masing sebesar 5,27%; 0,5% dan 6,84%.



Gambar 5. Kadar logam Pb (ppm) biji kedelai setelah proses khelasi menggunakan asam asetat, fenol dan aseton

Keterangan:

A = Tanpa perendaman

B = Perendaman asam asetat 5,27%

C = Perendaman fenol 0,5%

D = Perendaman aseton 6,84%

Tanda huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada alpha 5%

Berdasarkan Gambar 6, senyawa asam asetat, fenol dan aseton berperan terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai. Asam asetat dengan konsentrasi 5,27 % mampu menurunkan kadar logam Pb sebesar 43,97%. Fenol dengan konsentrasi 0,5 % menurunkan kadar logam Pb sebesar 41,55 % sedangkan aseton dengan konsentrasi 6,84 % menurunkan kadar logam Pb sebesar 46,42 %. Penurunan kadar logam Pb biji kedelai oleh ketiga senyawa tersebut menunjukkan bahwa senyawa penyusun asap cair kayu sengon berpengaruh atau berperan terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai.

SIMPULAN

1. Semakin besar konsentrasi asap cair kayu sengon maka penurunan kadar logam Pb biji kedelai semakin besar. Asap cair kayu sengon dengan konsentrasi 100 % dapat menurunkan kadar logam Pb biji kedelai sebesar 59,12 %.
2. Senyawa asam, fenol dan karbonil asap cair kayu sengon berperan terhadap penurunan kadar logam Pb biji kedelai. Senyawa karbonil dengan kadar 6,84 % mampu menurunkan kadar logam Pb biji kedelai tertinggi sebesar 46,42 %, diikuti asam asetat dengan kadar 5,27 % sebesar 43,97 % dan fenol dengan kadar 0,50 % sebesar 41,55 %.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan asap cair kayu sengon sebagai *chelating agents* pada biji kedelai yang tercemar logam Pb secara alami. Dengan demikian, bisa diketahui kemampuan asap cair kayu sengon terhadap penurunan logam Pb yang terikat secara alami pada biji kedelai.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, O. 2012. Pengikatan timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada biji kedelai (*Glycine max*) menggunakan asam asetat dan asap cair. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Anonim. 2005. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist. 18th ed. AOAC International. Gaithersburg. Maryland. USA.
- Anonim. 2009. SNI7387:2009: Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Darmadji, P., H.A. Oramahi, Haryadi dan R. Armunanto. 2000. Optimasi produksi dan sifat fungsional asap cair kayu karet. *Agritech* 2(3):147 - 155.
- Draudt, H.N. 1963. The meat smoking process: a review. *Food Technology* 17(12):85 - 90.
- Girard, J.P. 1992. *Technology of Meat and Meat Products*. Ellis Horwood. New York.
- Gomez, K.A. dan A.A Gomez. 1995. *Prosedur Statistik untuk Penelitian Pertanian (Terjemahan Endang Samsudin dan Justika S. Baharsjah)*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Harjanti, R.S. 2008. Pemanfaatan zeolit alam klinoptilolit sebagai katalisator dalam alkoholis minyak jarak. *Jurnal Rekayasa Proses* 2(1):28 - 32.
- Hartati, S., P. Darmadji, dan Y. Pranoto. 2015. Penggunaan asap cair tempurung kelapa untuk menurunkan kadar timbal (Pb) pada biji kedelai (*Glycine max*). *Agritech* 35(3):331-339.
- Hashem, A., E.S. Abdel-Halim, K.F. El-Tahlawy dan A. Hebeish. 2005. Enhancement of adsorption of Co (II) and Ni (II) ions onto peanut hulls through esterification using citric acid. *Adsorption Science and Technology* 23:367 - 380.
- Holde, K.E.V. 1985. *Physical Biochemistry*. Prentice-Hall Inc. New York.
- Kuntjahjawati dan P. Darmadji. 2004. Identifikasi komponen volatil asap cair daun tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) rajangan. *Agritech* 24(1):17 -22.
- Lappin, G.R. dan L.C. Clark. 1951. Calorimetric methods for determination of trace carbonyl compound. *Analytical Chemistry* 23:541 - 542.
- Lavado, R.S., C.A. Porcelli, R. Alvarez, 2001. Nutrient and heavy metal concentration and distribution in corn, soybean and wheat as affected by different tillage systems in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research* 62:55-60.
- Li, Q., L. Chai, Q. Wang, Z. Yang, H. Yan dan Y. Wang. 2010. Fast esterification of spent grain for enhanced heavy metal ions adsorption. *Bioresource Technology* 101: 3796-3799.
- Lombi, E., K.L. Tearall, J.R. Howarth, F.J. Zhao, M.J. Hawkesford dan S.P. McGrath. 2002. Influence of iron status on calcium and zinc uptake by different ecotypes of the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Plant Physiology* 128:1359 - 1367.
- Maga, J. 1988. *Smoke and Food Processing*. CRC Press Inc. Florida.
- Mifbakhuddin, R. Astuti, A. Awaludin. 2010. Pengaruh perendaman larutan asam cuka terhadap kadar logam berat kadmium pada kerang hijau. *Jurnal Kesehatan* 3(1):14-20.

Pengaruh Nitrogen dan Silika terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) pada Kedelai

DOI: 10.18196/pt.2017.071.52-61

Dina Wahyu Trisnawati^{1*}, Nugroho Susetya Putra², Benito Heru Purwanto³¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
Jl. Lingkar Selatan, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Indonesia Telp. 0274 387656,²Jurusan Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Flora, Bulaksumur, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia, Telp./fax.: (0274) 563062,³Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada,
Jl. Flora, Bulaksumur, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia, Telp./fax.: (0274) 563062,

*Corresponding author, email: dina.trisnawati@fp.umy.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tidak langsung nitrogen dan silika terhadap pertumbuhan dan perkembangan *Spodoptera litura* pada Kedelai. Penelitian dirancang dengan percobaan faktorial 4 x 2 dengan tiga ulangan tiap perlakuan. Faktor pertama adalah nitrogen dengan dosis 0, 25, 50, dan 100 kg/ha. Faktor kedua adalah silika dengan dosis 0 dan 200 g/m². Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian dosis kombinasi nitrogen dan silika berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan *S. litura* yang dihitung berdasarkan berat daun yang dikonsumsi, berat larva dan pupa, waktu tempuh hidup, serta *survivorship*. Selain itu, pemberian nitrogen dan silika juga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai yang meliputi jumlah daun, luas daun, berat kering serta serapan N dan Si. Aplikasi pupuk N pada kedelai menyebabkan penurunan serapan Si dan aplikasi silika pada kedelai yang dipupuk dengan nitrogen dapat menyebabkan penurunan serapan silika. Sementara itu, penambahan nitrogen tidak berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan *S. litura*, tetapi penambahan silika pada dosis nitrogen tinggi dapat menurunkan pertumbuhan dan perkembangan *S. litura*. Namun mekanisme pengaruh N dan Si terhadap pertumbuhan dan perkembangan *S. litura* belum dapat dijelaskan berdasarkan nilai serapan N dan Si pada kedelai.

Kata kunci: Nitrogen, Silika, Kedelai, *Spodoptera litura*

ABSTRACT

A study was conducted to establish the indirect effects of nitrogen (N) and silicon (Si) on the growth and development of *Spodoptera litura* on soybean. A full-factorial experiment was arranged in 4x2 factors: first factor was nitrogen with varied doses of 0, 25, 50, and 100 kg/ha; second factor was silicon at 0 and 200 g/m². The results demonstrated that the application of N and Si indirectly affected the growth and development of *S. litura* including leaves consumed, weight of larvae, weight of pupal, fecundity and survivorship. In addition, combination of nitrogen and silicon also affected the growth and development of soybean as evidenced by the decreased absorption of Si by soybean following the application of N, while the application of Si combined with high nitrogen doses decreased the absorption of Si. It was also observed that the effect of N was not significant on the growth and development of *S. litura*. The application of Si with the high N doses, however, decreased the growth and development of *S. litura*. It is, therefore, concluded that the mechanism of relationship between N and Si on *S. litura* could not be explained only by quantifying the absorption value of N and Si.

Keywords: Nitrogen, Silicon, Soybean, *Spodoptera litura*

PENDAHULUAN

Faktor-faktor abiotik seperti nitrogen, kelenjangan tanah, dan tekstur tanah diduga mempunyai pengaruh tak langsung pada pertumbuhan dan perkembangan serangga fitofaga melalui performa tanaman (Moon and Stiling, 2000; Moon et al., 2000, Yarnes and Boecklen, 2005; Putra, 2006). Kualitas tanaman (seperti kandungan karbon, nitrogen, dan metabolit sekunder) yang

dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi di dalam tanah, merupakan faktor penting dan berpengaruh langsung terhadap potensi dan produktivitas serangga fitofaga (Awmack and Leather, 2002). Kualitas tanaman berpengaruh terhadap daya reproduksi serangga, meliputi ukuran dan kualitas telur, termasuk pemilihan tempat peletakan telur (Hagen et al., 1984; Giertych et al., 2005). Menu-

rut Hodar *et al.* (2002), pakan berkualitas rendah akan memberi efek pertumbuhan yang jelek, dan secara tidak langsung berpengaruh terhadap populasi serangga. Selain itu, adanya kandungan senyawa metabolit sekunder pada tanaman juga dapat berpengaruh terhadap perkembangan serangga (Dudt and Shure, 1994; Kainulainen *et al.*, 1996; Hemming and Lindroth, 1999). Namun, studi yang mempelajari pengaruh nitrogen dan silika terhadap dinamika populasi serangga fitofaga melalui performa tanaman masih sedikit dilakukan.

Spodoptera litura adalah serangga fitofaga yang bersifat polifag dan hidup secara berkelompok di bawah permukaan daun termasuk tanaman kedelai (Kalshoven, 1981). Serangan *S. litura* sebagai pemakan daun secara tidak langsung akan dipengaruhi oleh kandungan nutrisi yang ada di dalam tanaman. Berdasarkan penelitian, seekor ulat *S. litura* selama pertumbuhannya dari telur sampai menjadi pupa dapat menghabiskan 2345,3 cm² daun kedelai tergantung varietas dan kualitas tanamannya, jumlah tersebut meliputi hampir 50 persen dari total daun kedelai pertanaman (Kartosodiharjo, 1983). Sedangkan data indeks konsumsi larva *S. litura* memperlihatkan bahwa sebagian besar makanan yang dikonsumsi, mulai digunakan untuk pertumbuhan larva pada saat larva memasuki instar ke lima dan berlanjut ke instar ke enam (Saleh, 1997).

Nitrogen merupakan unsur esensial bagi tanaman dan kandungannya dalam tanaman sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan serangga fitofaga yaitu merangsang bertambahnya ketahanan tubuh, pertumbuhan, reproduksi, dan keloloshidupan (*survivorship*) (Mattson, 1980). Hawks and Collins (1993) mengatakan bahwa pupuk N (Nitrogen) dalam jumlah yang berlebihan akan meningkatkan resiko serangan serangga fitofaga. Selanjutnya Soebandrijo, dkk. (1987) me-

nyatakan bahwa dosis pupuk yang tinggi, khususnya pupuk nitrogen dapat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup serangga fitofaga karena percepatan pertumbuhan vegetatif tanaman. Dengan demikian, terpacunya pertumbuhan vegetatif tanaman dapat menarik serangga untuk tinggal, hidup, dan berkembang biak. Marschner (1986) menduga bahwa pemberian protein N yang tinggi menyebabkan tanaman mudah rebah karena sistem perakaran relatif menjadi lebih sempit. Menurut Marschner (1986), pemupukan N menyebabkan panjang, lebar, dan luas daun bertambah, tetapi tebal daun menjadi berkurang. Hal ini menyebabkan tanaman menjadi kurang tahan terhadap hama dan penyakit.

Sementara itu, silika (Si) adalah unsur pembangun bagi tanaman yang telah terbukti menjadi unsur bermanfaat yaitu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit, perbaikan dari cekaman abiotik, dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Marschner, 1995). Silika dapat meningkatkan ketahanan tanaman khususnya rumput-rumputan (*Gramineae*) terhadap serangan penyakit dan hama karena secara spesifik dapat mempengaruhi sel epidermis dan mempertebal dinding sel, serta mengurangi transpirasi sehingga serangan hama dan infeksi penyakit akan berkurang (Gardner *et al.*, 1991; Zeyen, 2002). Dari penelitiannya terbukti bahwa pertumbuhan padi, ketimun, dan tembakau sangat terganggu bila silika tidak ditambahkan, selain gejala-gejala visual yang muncul akibat kekurangan silika. Yoshida (1975) dan Savant *et al.*, (1997) juga berpendapat bahwa silika dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman yaitu meningkatkan ketahanan terhadap kerobohan, kekeringan, penyakit dan hama, dan menegakkan daun.

Namun, studi spesifik yang menjelaskan hubungan antara nutrisi nitrogen, silika dan

ketahanan tanaman terhadap serangga fitofaga masih sedikit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tidak langsung nitrogen dan silika terhadap pertumbuhan dan perkembangan serangga fitofaga, yaitu *S. litura* (*Lepidoptera: Noctuidae*) melalui pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium pada suhu kamar 30 ± 1 °C dan kelembaban (RH) 70 ± 2 % untuk melakukan pembiakan massal serangga, dan untuk menguji pengaruh nitrogen dan silika terhadap pertumbuhan dan perkembangan *S. litura* melalui performa tanaman kedelai. Penanaman tanaman kedelai hitam (*Glycine soja*) varietas Mallika dilakukan di Rumah Kaca dengan suhu 34 ± 1 °C dan kelembaban (RH) 73 ± 2 %.

Pembiakan Massal *Spodoptera litura*

Koloni *S. litura* didapatkan dari kelompok telur yang diambil dari lahan pada tanaman kacang tanah di daerah Sleman, Yogyakarta. Setelah menetas, larva dibiakkan dengan pakan buatan (Nijima, 1991) pada botol plastik (diameter 4 cm, tinggi 5 cm) sampai memasuki periode prapupa. Pakan diganti setiap 2 hari atau sesuai dengan kebutuhan larva *S. litura*. Pupa yang dihasilkan diletakkan pada cawan petri plastik (diameter 9 cm, tinggi 2 cm) dengan media serbuk gergaji kasar. Cawan tersebut ditempatkan pada stoples plastik (diameter 14 cm, tinggi 17 cm) dan ditutup kain mushin. Selama periode pupa dilakukan penyiraman pada media serbuk gergaji untuk menjaga kelembaban. Cairan madu 10% yang diteteskan pada kapas digunakan sebagai pakan imago yang muncul dan ditempatkan pada tutup stoples plastik bening. Kertas diletakkan di sekeliling bagian dalam toples plastik

bening (diameter 14 cm, tinggi 17 cm) sebagai media peneluran. Setiap telur yang dihasilkan diletakkan pada botol (diameter 4 cm, tinggi 5 cm); setelah larva memasuki instar 2 dipindahkan ke botol plastik (diameter 4 cm, tinggi 5 cm). Pembiakan massal *S. litura* dilakukan sampai menghasilkan generasi ke-3 yang digunakan sebagai bahan uji.

Penyiapan Tanaman Kedelai untuk Adaptasi Pakan bagi Larva *Spodoptera litura*

Tanaman kedelai (*Glycine soja*) ditanam pada polybag (diameter 9,55 cm, tinggi 20 cm) dengan media campuran tanah dan pupuk kandang sapi dengan perbandingan volume 3: 1 sampai berumur 3 minggu. Adaptasi pakan dilakukan sampai dihasilkan generasi *S. litura* yang baru. Adaptasi pakan ini dilakukan agar *S. litura* dapat menyesuaikan diri pada pakan alami setelah pada pembiakan massal generasi sebelumnya digunakan pakan buatan, sebelum digunakan sebagai serangga uji.

Penyiapan Tanaman Kedelai untuk Uji Pengaruh Nitrogen dan Silika terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *S. litura* pada Kedelai

Tanaman kedelai (*Glycine soja*) ditanam pada polybag (diameter 9,55 cm, tinggi 20 cm) dengan media campuran pasir dan pupuk kandang sapi dengan perbandingan volume 3:1. Media pasir yang digunakan diambil dari lahan pasir pantai (*psamment*) Samas di daerah Bantul, Yogyakarta. Alasan penggunaan pasir pantai Samas sebagai media adalah karena dari hasil analisis tanah, kandungan silika rendah sehingga penambahan Si dapat terlihat pengaruhnya. Setelah berumur satu minggu, tanaman dipindahkan ke media yang berada didalam pot (diameter 30 cm, tinggi 40 cm) dengan rancangan percobaan faktorial 4×2 dengan tiga ulangan tiap perlakuan.

- Ngadianto, A. 2012. Karakteristik kayu mahoni dan kayu sengon dengan perlakuan pengawetan asap cair. Tesis. Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Novianty, H., 2013. Karakterisasi mikrokapsul asap cair tempurung kelapa menggunakan maltodekstrin, kitosan, alginat dengan spray dryer. Tesis. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Palar, H. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Ping, Z., L. Zhi-An, Z. Bi, X. Han-Ping, W. Gang. 2013. Heavy metal contamination in soil and soybean near the Dabaoshan mine, South China. *Pedosphere* 23(3):298-304.
- Pszczola, D.E. 1995. Tour highlight production and uses of smoke based flavors. *Food Technology* 49(1):70 - 74.
- Salazar, M.J., J.H. Rodriguez, G.L Nieto, M.L. Pignata. 2012. Effects of heavy metal concentrations (Cd, Zn and Pb) in agricultural soils near different emission sources on quality, accumulation and food safety in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Journal of Hazardous Materials* 233-234: 244-253.
- Sinaga, D., Marsaulina, I. dan Ashar, T. 2013. Perbandingan penurunan kadar cadmium (Cd) pada kerang darah (*Anadara granosa*) dengan perendaman larutan jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) pada berbagai konsentrasi dan lama perendaman. <http://www.jurnal.usu.ac.id/index.php/lkk/article/download/3281/1607>. Tanggal akses 1 April 2014.
- Senter, S.D., J.A. Robertson dan F.I. Meredith. 1989. Phenolic compound of the mesocarp of cresthauen peaches during storage and ripening. *Journal of Food Science* 54:1259 - 1268.
- Shofiyani, A. dan Gusrizal. 2006. Pengaruh pH dan penentuan kapasitas adsorpsi logam berat pada biomassa eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Indonesian Journal of Chemistry* 6(1):56 - 60.
- Siregar, I.Z., Yunanto, T. dan Ratnasari, J. 2011. Prospek Bisnis, Budidaya, Panen dan Pascapanen Kayu Sengon. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sugoro, I., Astuti, D.I., Sasongko, D. dan Aditiawati, P. 2012. Biosolubiliti lignit mentah hasil iradiasi gamma dan oleh *Trichoderma asperellum*. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi* 8(1):21 - 30.
- Tilman, D., 1981. Wood Combution: Principles, Process and Economics. Academic Press Inc. New York.
- Tranggono, Suhardi, B. Setiadji, P. Darmadji, Supranto dan Sudarmanto. 1996. Identifikasi asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* 1(2):15 - 24.
- Witek-Krowiak, A. dan D.H.K. Reddy. 2013. Removal of microelemental Cr (III) and Cu (II) by using soybean meal waste-unusual isotherms and insights of binding mechanism. *Bioresource Technology* 127:350 - 357.
- Yang, X., Y.Feng, Z. He, dan P.J. Stoffella. 2005. Molecular mechanism of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18:339-353.
- Yoshida, T, T. Yamaguchi, Y. Iida and S. Nakayama. 2003. XPS study Pb (II) adsorption on γ - Al_2O_3 surface at high pH condition. *Journal of Nuclear Science and Technology* 40 (9): 672 - 678.
- Yuliasari, N., Herlina dan W. Aprianto. 2011. Pengaruh asam asetat terhadap konsentrasi Fe, Cu dan protein daun eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Penelitian Sains* 14(2C):28 - 32.

Faktor pertama adalah nitrogen yang terdiri dari 4 aras, yaitu:

N0: Tanpa perlakuan nutrisi nitrogen (N 0 kg)

N1: Nutrisi nitrogen dosis 1/2 dari dosis normal (N 25 kg/ha)

N2: Nutrisi nitrogen dosis normal (N 50 kg/ha)

N3: Nutrisi nitrogen dosis 2 kali dosis normal (N 100 kg/ha)

Faktor kedua adalah silika terdiri dari 2 aras, yaitu :

S0 : tidak ditambah silika (0 g/m²)

S+ : ditambah silika (200 g/ m²)

Nitrogen yang digunakan sebagai sumber N adalah pupuk urea yang mengandung 46% N. Pupuk N diaplikasikan ke dalam media bersamaan dengan pupuk dasar P (SP36 75 kg/ha) dan pupuk K (KCL 75 kg/ha) satu minggu sebelum pindah tanam. Pupuk Si yang digunakan adalah pupuk natrium silikat (Na₂SiO₃) (Water Glass, Bratako Khemikalia), diaplikasikan sebanyak 7 kali dengan interval 1 minggu. Tanaman kedelai ditumbuhkan sampai berumur 2 bulan dan diamati pertumbuhannya setiap minggu, dengan variabel pertumbuhan yang diamati adalah jumlah daun, luas daun, berat kering daun, dan analisis jaringan tanaman N dan Si.

Uji Pengaruh Tidak Langsung Nitrogen dan Silika Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *S. litura* pada Kedelai.

Spodoptera litura yang digunakan sebagai serangga uji adalah generasi ke-4. Infestasi serangga uji dilakukan dengan menempelkan sekelompok telur pada daun kedelai yang sudah diperlakukan dengan nitrogen dan silika, kemudian ditempatkan pada botol kecil (diameter 4 cm, tinggi 5 cm). Untuk menjaga kesegaran daun, tangkai daun dilapisi kapas yang telah diberi

air dan diganti setiap hari. Larva instar 1 yang muncul dibiarkan selama 1 x 24 jam berkumpul dan makan pada cangkang telur. Seekor larva instar kedua (umur kurang dari 12 jam) diamati pertumbuhannya dan perkembangannya setiap hari. Adapun variabel respon pertumbuhan dan perkembangan *S. litura* yang diamati adalah *survivorship*, jumlah daun yang dikonsumsi dengan cara menimbang berat daun sebelum dan sesudah makan (tiap hari) selama masa larva, berat larva tiap instar, berat pupa, dan waktu tempuh pertumbuhan.

Analisis Statistik

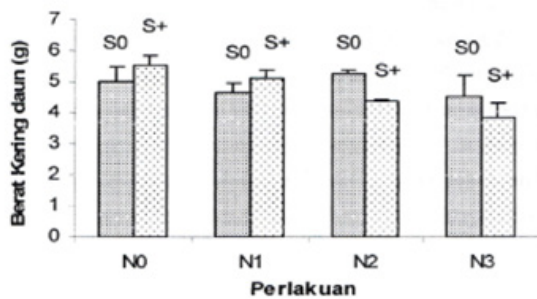
Hasil penelitian dianalisis dengan analisis faktorial dengan tingkat kepercayaan 95%, menggunakan data yang tidak ditransformasi. Rerata antar perlakuan dibedakan dengan ANOVA, dan jika ditemukan beda nyata antar perlakuan diuji dengan analisis Post-Hoc LSD Fisher pada taraf kesalahan 5% (Snedecor & Corcharn, 1980).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Nitrogen dan Silika terhadap Pertumbuhan Tanaman

Pengaruh N dan Si pada berat kering daun tidak nyata ($P > 0,05$), sehingga pengaruh dari dua faktor tersebut tidak menunjukkan adanya interaksi ($P > 0,05$). Rerata berat kering daun yang dinyatakan dalam bentuk biomassa pada semua perlakuan tidak menunjukkan selisih yang sangat besar. Biomassa ini merupakan refleksi dari hasil perubahan energi matahari dan air menjadi energi kimia pada proses fotosintesis. Semakin tinggi berat kering yang diperoleh berarti proses fotosintesis berjalan dengan baik, dan ini juga berarti pertumbuhan berjalan dengan baik (Minardi 2000). Pada perlakuan tanpa silika, berat kering tertinggi terjadi saat dikombinasikan

dengan perlakuan nitrogen 50 kg/ha yaitu 5,25 kg/ha (nitrogen dosis normal 50 kg/ha), dan berat kering terendah terjadi saat dikombinasikan dengan perlakuan nitrogen 100 kg/ha yaitu 4,52 kg/ha (nitrogen 2 kali dosis normal 100 kg/ha) (Gambar 1). Hal ini membuktikan bahwa penambahan N yang melebihi kadar optimum berpengaruh pada pertumbuhan, yaitu menghambat proses pembintilan akar sehingga jumlah serapan N dalam tanaman berkurang (Gambar 3) dan berpengaruh terhadap berat kering tanaman. Sementara pada perlakuan dengan silika, berat kering daun menurun seiring dengan peningkatan pemberian dosis nitrogen (N0, N1, 2, N3) (Gambar 1). Hal ini disebabkan penyerapan unsur Si tersedia berpengaruh terhadap kegiatan fotosintesis dan menurunkan cekaman air sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan berat kering tanaman (Al-Aghabary & Zhu, 2002).



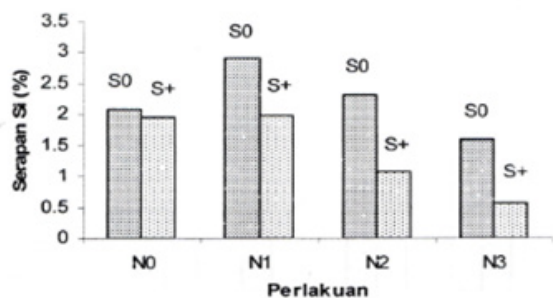
Gambar 1. Hubungan antara Berat Kering Daun Tanaman Kedelai (g) dengan Perlakuan Pemberian N dan Si

Pada penelitian ini penambahan Si dengan nitrogen 50 kg/ha atau nitrogen 100 kg/ha menurunkan serapan N daun dan peningkatan dosis N menurunkan serapan Si daun (Gambar 2 dan 3), hal ini berpengaruh terhadap nilai berat kering dan serapan N daun lebih berpengaruh daripada serapan Si pada berat kering daun. Secara umum, berat kering tertinggi terjadi pada

perlakuan aplikasi silika saja yaitu 5,52 kg/ha dan terendah pada perlakuan kombinasi silika dan nitrogen 100 kg/ha yaitu 3,86 kg/ha. Hal ini membuktikan bahwa pemberian Si pada tanaman, yang dikombinasikan dengan pemberian N dosis yang berbeda akan mempengaruhi nilai serapan N dan Si daun pada tanaman dan berakibat pada berat kering daun meskipun pengaruhnya tidak nyata.

Perbedaan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur Si tersedia dalam tanah menyebabkan perbedaan Si yang terakumulasi di dalam tanaman. Si merupakan unsur mikro nutrient bagi tanaman yang penting di dalam jaringan tanaman. Pada tanaman non kolektor Si yaitu golongan dikotil misalnya kedelai kandungan Si di dalam jaringan hanya 0,5% yang membentuk lapisan silika di bawah jaringan epidermis. Di dalam tubuh tanaman elemen Si ditemukan sebagai gel silika atau biogenik opal tak berbentuk ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) pada dinding sel ataupun di ruang-ruang antar sel atau sebagai asam monosilikat, asam silikat koloidal, atau komponen organosilikon pada jaringan tanaman (Yoshida, 1975). Hasil analisis Si jaringan pada penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan kemampuan penyerapan Si oleh tanaman yang diperlakukan dengan kombinasi N dan Si yang berbeda. Gambar 2 menunjukkan bahwa tanaman yang tidak diberi Si, kandungan Si dalam jaringan lebih tinggi daripada tanaman yang diberi Si sebanyak 200 g/m^2 . Hal ini diduga penyerapan Si oleh tanaman dipengaruhi oleh unsur yang lain yaitu N. Pada perlakuan dengan penambahan silika, akumulasi Si dalam jaringan semakin menurun seiring dengan meningkatnya dosis N yang diberikan. Sementara pada perlakuan tanpa penambahan silika, akumulasi Si tertinggi pada perlakuan dengan kombinasi nitrogen 25 kg/ha dan semakin menurun pada nitro-

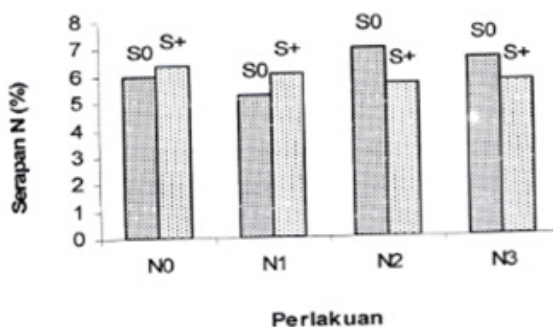
gen 50 kg/ha dan 100 kg/ha. Pengaruh interaksi yang terjadi antara N dan Si bersifat negatif yaitu peningkatan dosis N yang diaplikasikan dalam tanah mengurangi nilai serapan Si daun pada tanaman (Gambar 2).



Gambar 2. Hubungan antara Serapan Si (%) dengan Perlakuan Pemberian N dan Si

Besarnya serapan N oleh tanaman tergantung dari keadaan tanah, jenis tanaman dan fase pertumbuhan (Novizan, 2004). Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-) dan ion amonium (NH_4^+) (Gardner, 1991). Pada penelitian ini, tanaman mendapatkan penambahan unsur N dengan variasi dosis yang semakin meningkat dan dikombinasikan dengan penambahan unsur Si sebanyak 200 g/m^2 sehingga tingkat serapan N dalam tanaman berbeda-beda. Gambar 3 menunjukkan bahwa besarnya serapan N oleh tanaman dipengaruhi oleh dosis N sendiri dan penambahan unsur Si. Pada perlakuan nitrogen 25 kg/ha dan 50 kg/ha nilai serapan N lebih tinggi pada perlakuan dengan penambahan Si, sedangkan pada perlakuan nitrogen 50kg/ha dan 100 kg/ha nilai serapan N lebih tinggi pada perlakuan tanpa penambahan Si. Hal ini membuktikan bahwa penambahan Si dan peningkatan dosis N mempengaruhi nilai serapan N dalam tanaman. Secara umum, nilai serapan N tinggi tertinggi pada pada dosis N normal (50 kg/ha) dan tanpa adanya penambahan Si, yang berarti bahwa serapan N terjadi

secara maksimal karena tidak adanya pengaruh unsur Si dan dosis N yang diberikan tepat.

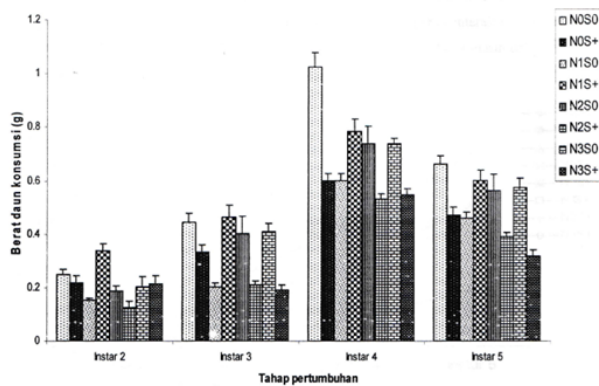


Gambar 3. Hubungan antara Serapan N (%) dengan perlakuan pemberian N dan Si

Pengaruh Nitrogen dan Silika terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan *S. litura*

Pengaruh pemberian Si pada konsumsi daun oleh larva *S. litura* belum tampak pada instar 2 dan 3, dan baru tampak pada instar 4 dan 5 ($P < 0,01$). Sementara itu, pengaruh pemberian N hanya tampak nyata pada instar 4. Hal ini disebabkan karena pada instar 4 dan 5 larva mulai mempersiapkan untuk menghadapi tahap perkembangan selanjutnya yaitu pupa. Gambar 4 menunjukkan secara umum berat daun yang dikonsumsi oleh larva tertinggi pada perlakuan tanpa nitrogen dan silika untuk semua instar. Hal ini disebabkan meskipun tanaman tidak ada nutrisi tambahan (N dan Si), namun nilai serapan N dan Si pada perlakuan ini cukup tinggi (Gambar 2 dan 3) dan diduga nutrisi yang diserap tidak banyak digunakan untuk menghasilkan metabolisme sekunder. Sementara itu pada perlakuan nitrogen 25 kg/ha tanpa pupuk silika, berat daun yang dikonsumsi oleh larva instar 2-5 cenderung turun dibandingkan perlakuan tanpa Si lainnya. Hal ini disebabkan pada perlakuan 25 kg/ha tanpa pupuk silika nilai serapan Si tertinggi (Gambar 2) sehingga *S. litura* tidak banyak mengkonsumsi daun. Elemen Si pada tanaman

membentuk lapisan silika di bawah jaringan epidermis setebal 2,5 µm dan berasosiasi dengan komponen organik dinding sel sehingga tahan serangan patogen dan fitofaga (Husby, 1998; Kim *et al.*, 2002). Pada perlakuan tanpa silika dengan penambahan nitrogen 50 kg/ha atau 100 kg/ha, berat daun yang dikonsumsi cenderung meningkat karena pada perlakuan ini nilai serapan N lebih tinggi dan serapan Si lebih rendah dari perlakuan nitrogen 25 kg/ha. Hal ini membuktikan bahwa pemberian N pada tanaman dapat memacu pertumbuhan vegetatif yang berakibat meningkatnya serangan fitofaga sehingga jumlah daun yang dikonsumsi menjadi lebih banyak.



Gambar 4. Hubungan antara Berat Daun yang Dikonsumsi (g) dengan Tahap Pertumbuhan Instar pada Perlakuan Pemberian N dan Si

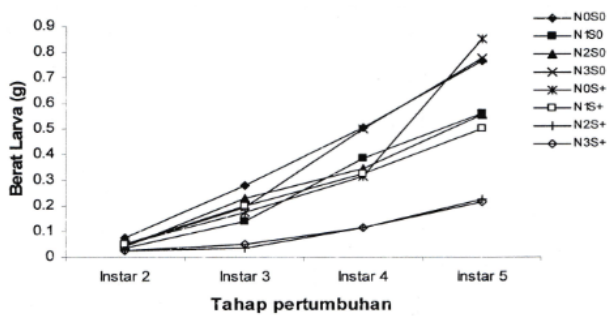
Daun yang mengandung N tinggi akan menghasilkan protein dan air yang tinggi serta permukaan daun menjadi lebih luas, keadaan ini sangat disukai oleh *S. litura* sehingga jumlah daun yang dikonsumsi lebih banyak daripada daun dengan kandungan N rendah (Amir *et al.*, 1997). Namun saat perlakuan dikombinasikan dengan adanya penambahan silika (200 g/m²), berat daun yang dikonsumsi oleh *S. litura* cenderung turun terutama pada perlakuan nitrogen 50 kg/ha dan nitrogen 100 kg/ha (Gambar 4). Hal ini

membuktikan bahwa pemberian Si dan N dengan dosis yang semakin meningkat berpengaruh terhadap nilai serapan Si dan daun pada tanaman yang bersifat negatif sehingga menurunkan nilai berat daun yang dikonsumsi oleh larva *S. litura*. Selain itu tanaman juga dapat menghasilkan metabolisme sekunder pada penambahan N dengan dosis tertentu yang digunakan untuk pertahanan tanaman terhadap serangan serangga fitofaga (Harborne, 2002), sehingga berakibat menurunnya jumlah daun yang dikonsumsi oleh *S. litura*.

Gambar 4 menunjukkan bahwa larva instar 2, 3, 5 *S. litura* mengonsumsi daun lebih sedikit bila dibandingkan dengan pada instar 4. Hal ini terjadi karena pada instar 4, larva mengumpulkan energi yang lebih banyak sebagai persiapan untuk menghadapi fase pupa, sedangkan saat memasuki instar 5 (prapupa) keaktifan larva berkurang, sehingga energi yang dibutuhkan sedikit. Banyaknya jumlah biomassa tanaman yang dikonsumsi oleh fitofaga berhubungan langsung dengan fase pertumbuhan serangga, karena makanan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan serangga fitofaga yang berupa protein (Sunjaya, 1970).

Secara umum, berat larva meningkat seiring dengan tahap pertumbuhannya (instar 2-5). Namun pertambahan berat *S. litura* bervariasi sesuai dengan pengaruh kombinasi pemberian N dan Si pada tanaman kedelai yang digunakan sebagai pakan. Saat instar 4 dan 5, berat larva pada perlakuan tanpa silika dengan nitrogen 25 kg/ha atau 50 kg/ha cenderung menurun (Gambar 5). Hal ini berkaitan dengan banyaknya larva mengonsumsi pakan, jika konsumsi pakan sedikit maka berat larva akan rendah dan sebaliknya. Namun pada perlakuan tanpa silika dengan nitrogen 50 kg/ha, berat larva cenderung lebih

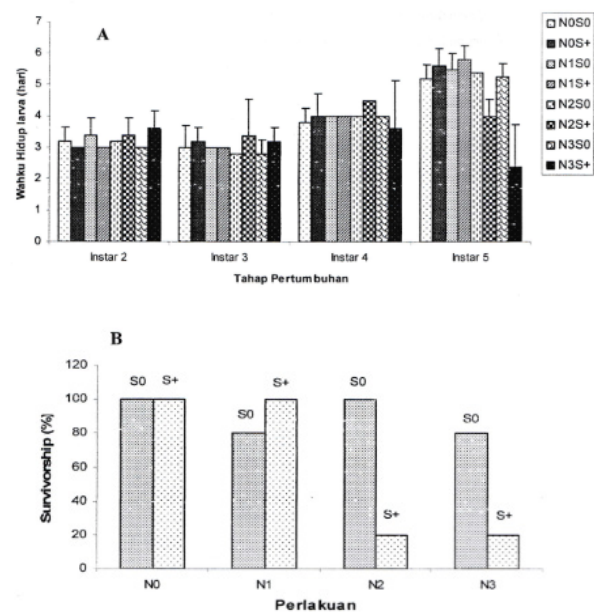
rendah dibanding dengan perlakuan tanpa silika lainnya padahal konsumsi pakannya tinggi (Gambar 5). Hal ini berarti pakan yang dikonsumsi oleh larva banyak yang dibuang melalui kotoran.



Gambar 5. Hubungan antara berat larva *S. litura* (g) dengan tahap pertumbuhan instar pada perlakuan pemberian nitrogen dan silika

Pemberian nitrogen dan silika pada pakan *S. litura* berpengaruh nyata pada waktu tempuh hidup larva ($P < 0,05$) terutama pada larva instar 2 dan instar 5 (Gambar 6A). Instar 2 merupakan tahap awal pertumbuhan; larva masih pada tahap adaptasi, sehingga pemberian perlakuan pada pakan akan sangat berpengaruh terhadap waktu hidup larva. Sementara instar 5 merupakan instar akhir sebagai persiapan untuk tahap perkembangan selanjutnya (tahap pupa), sehingga pemberian perlakuan akan berpengaruh nyata pada waktu tempuh hidupnya. Pada instar awal, waktu tempuh hidup larva untuk menyelesaikan satu tahap instar 2 paling lama pada perlakuan dengan penambahan silika dan nitrogen 100 kg/ha dibandingkan dengan perlakuan lain (Gambar 6A). Hal ini membuktikan bahwa sintesis protein berpengaruh terhadap perkembangan dan pertumbuhan serangga (Patton, 1963). Sementara itu, protein dibutuhkan bagi pertumbuhan dan perkembangan serangga. Protein dalam jumlah yang cukup membantu metabolisme serangga bekerja lebih cepat dan sempurna. Selain itu, kandungan nutrisi yang rendah juga akan

memperlambat proses pertumbuhan serangga. Pada penelitian ini penambahan Si dan N dengan dosis yang meningkat, akan menurunkan nilai serapan Si pada daun pada tanaman. Hal ini menyebabkan waktu tempuh hidup dalam satu instar menjadi lebih lama, dan bahkan larva tidak mampu menyelesaikan tahap pertumbuhan dan perkembangan, atau *survivorship* turun. Hal ini dibuktikan dengan hasil uji faktorial bahwa secara umum kombinasi pemberian N dan Si mempengaruhi kehidupan serangga fitofaga (Gambar 6B).



Gambar 6. (A). Waktu Tempuh Hidup Larva Setiap Instar dan *Survivorship S. litura* (B) pada Perlakuan Kombinasi Pemberian Nitrogen dan Silika

Hasil penelitian ini membuktikan adanya hubungan tidak langsung antara faktor-faktor abiotik yang terkandung di dalam tanaman dengan serangga fitofaga. Pemberian N dan Si ke dalam tanaman kedelai berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman, yaitu jumlah daun, luas daun, berat kering, dan akumulasi unsur hara terserap dalam tanaman. Hal ini juga berpengaruh terhadap performa *S. li*

tura yaitu berat larva dan pupa, berat pakan yang dikonsumsi, waktu tempuh hidup, dan *survivorship*. Namun dari hasil penelitian ini belum bisa menerangkan pengaruh mekanisme hubungan antara N dan Si terhadap pertumbuhan dan perkembangannya *S. litura*.

SIMPULAN

1. Aplikasi pupuk nitrogen pada kedelai menyebabkan penurunan serapan Si. Sedangkan penambahan atau aplikasi silika pada kedelai yang dipupuk dengan nitrogen dapat menyebabkan menurunnya serapan silika.
2. Penambahan nitrogen tidak berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan *Spodoptera litura* tetapi penambahan silika pada dosis nitrogen tinggi dapat menurunkan pertumbuhan dan perkembangan *Spodoptera litura*.
3. Nilai serapan nitrogen dan silika pada kedelai belum dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme pengaruh nitrogen dan silika pada pertumbuhan dan perkembangannya *Spodoptera litura*.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Aghabary, K. and Z. J. Zhu. 2002. Effect of silicon on photosynthetic rate, chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plant under salt stress. *Proceeding of Silicon in Agriculture* 62: 174 (Abstract).
- Amir, A.M., M. Machfud., and Soebandrijo. 1997. Pengaruh dosis pupuk nitrogen terhadap perkembangan ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) pada kapas. *Prosiding Kongres Perhimpunan Entomologi Indonesia V dan Symposium Entomologi* 5:358-360.
- Awmack, C. S. and S. R. Leather. 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 47:817-844.
- Dudt, J.F. and D.J. Shure. 1994. The influence of light and nutrient on foliar phenolics and insect herbivory. *Ecology* 75: 86-98.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, R. L. Mitchel. 1991. *Physiology of Crop Plant (Fisiologi Tanaman Budidaya, alih bahasa :Susilo, H.)*. UI Press. Jakarta.
- Giertych, M.J., M. Bakowski, P. Karolewski, R. Zatkowiak, J. Gizebyta. 2005. Influence of Mineral Fertilization on Food Quality of Oak Leaves and Utility Efficiency of Food Components by the Gypsy Moth. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 117:59-69.
- Hagen, K.S., R.H. Dadd & J. Reese. 1984. *The Food Insect*. In: C.B. Huffaker and R.L. Rabb (Eds.) *Ecological Entomology*. John Wiley and Sons. New York.
- Harbone, J.B. 2002. *Entomological Biochemistry*. 4th ed. Academic Press, New York.
- Husby, G. P. 1998. Chronic arthritis and gamma heavy chain disease: coincidence or pathogenic link?. *Scand J Rheumatol* 27:254-256.
- Hawks, S. N. & W. K. Collins 1983. *Principle of Tobacco Production*. C. State University.
- Hodar J., Zamora R & Castro J. 2002. Host utilization by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pi camp* in relation to food quality in three *Pinus* species. *Ecological Entomology* 27:293-301.
- Hemming, J.D.C. & R.L. Lindroth. 1999. Effects of flight and nutrient availability on aspen: growth, phytochemistry, and insect performance. *Journal of Chemical Ecology* 25: 1687-1714.
- Kainulainen, P., J. Holopainen, V. Palomaki, & T. Holopainen. 1996. Effects of nitrogen fertilization on secondary chemistry and ectomycorrhizal state of Scots pine seedlings and on growth of grey pine aphid. *Journal of Chemical Ecology* 22:617-636.
- Kalshoven, L. G. E. 1981. *The Pest of Crops in Indonesia*. CV. Revised and Translated by Van Der Laan. PT. Ichtar Baru-Van Hoeve. Jakarta.
- Kartosodiharjo, M.R. 1983. *Assessment of cutworm (Spodoptera litura Fab.) damage on the yield of Soybean (Glycine max L. Merr)*. Master Thesis. UPLB.
- Kim, H., Kim, M. S., Paik, H., Chung, Y. S., Hong, I. S., Suh, J. 2002. Effective artificial proteases synthesized by covering silica gel with aldehyde and various other organic groups. *Bioorg Med Chem Lett* 12: 47-50.
- Marschner, H. 1986. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiology* 80 (1): 178-180.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plant*. Academic Press London.
- Mattson, W.J. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecological System* 11: 119-161.
- Moon, D.C., & P. Stiling. 2000. Relative importance of abiotically induced direct and indirect effects of a salt-marsh herbivore. *Ecology* 81: 470-481.
- Nijima, K. 1991. *Rearing Method of Insect. Asosiasi Perlindungan Tanaman Jepang (Dalam Bahasa Jepang)*.
- Novizan. 2004. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Patton, R. L. 1963. *Introductory Insect Physiology*. W.B. Saunders Co, London.
- Putra, N.S. 2006. *Relative impacts of bottom-up and top-down forces on phytophagous insects in soybean field: patterns and mechanisms*. Dissertasi. The United Graduate School of Agriculture Sciences, Iwate University (tidak dipublikasikan).

- Saleh. 1997. Pengelolaan serangga secara berkelanjutan. Prosiding Kongres Perhimpunan Entomologi Indonesia V dan Simposium Entomologi 5: 24.
- Savant, N.K., Snyder. G.H., & Datnoff, L.E. 1997. Silicon management and sustainable rice production. *Adv. Agron.* 58: 151-199 .
- Soebandrijo, S. Sudarmo dan O. S. Bindra. 1987. Pengaruh Pemberian Pupuk Nitrogen dan Kepadatan Tanaman Terhadap Populasi Hama Kapas. Seminar On Integrated Cotton Pest Control. Proect For Development of Integreted Cotton -Pest Control Programe In Indonesia. Held at Balai Peneletian Tembakau dan Tanaman Serta Malang dan Food And Agriculture Organization of The United Nation. 9p.
- Snedecor, G. W. dan W.G. Cochran.1980. *Statistical Methods* 7th Edition. Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A.
- Sunjaya. 1970. *Dasar-Dasar Ekologi Serangga*. Bagian Ilmu Hama Tanaman Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Yarnes, C.T., and W.J. Boecklen. 2005. Abiotic factors promote plant heterogeneity and influence herbivore performance and mortality in Gambel' s oak (*Quercus gambellii*). *Entomologia Experimentalis et Applicata* 114: 87-95.
- Yoshida, S.1975. *Minor Element for Rice*. Food and Fert. Tech. ASPAC. Taipei City. Taiwan. Rep. Of China.
- Zeyen, R. J. Silicon in Plant Cell Defenses Against Cereal Powdery Mildew Disease. *Proceeding of Silicon in Agriculture* 11: 15-21.

The Shelf Life Estimation of Cold Sterilized Coconut Water

DOI: 10.18196/pt.2017.072.62-69

Sari Intan Kailaku^{1*}, Budi Setiawan², Ahmad Sulaeman², Risfaheri¹

¹Indonesian Center for Agricultural Postharvest Research and Development, Jl. Tentara Pelajar 12 Bogor 16114, Indonesia

²Community Nutrition Department, Bogor Agricultural University, Jl. Raya Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

*Corresponding author, email: sari.kaylaku@gmail.com

ABSTRACT

Coconut water is well known due to its nutrient contents. Unfortunately, the properties such as flavor, aroma, and taste is easily altered, soon after it is extracted from the fruit by splitting the fruit in two and collecting the water in a clean container. The shelf-life of coconut water drink can be improved by eliminating the enzyme that causes the degradation of the quality, i.e. polyphenol oxidase and peroxidase enzyme. Heat treatment such as pasteurization and Ultra Heat Treatment may inhibit the growth of these enzymes although resulted in the loss of coconut water unique and desirable properties. Ultra-filtration membrane and ultraviolet are two potential cold-sterilization methods. The objective of this research was to estimate the shelf-life of coconut water after ultrafiltration membrane and ultraviolet sterilization. Cold-sterilized coconut water was stored at three temperatures, i.e. 8, 13 and 25 °C, using polyethylene bottles in individual sizes (250 ml). The shelf-life was estimated using Accelerated Storage Study method with Arrhenius equation. pH and total sugar contents were measured as critical parameters, and total plate count was also observed. This research concludee that the shelf-life of coconut water which cold sterilized without any food additives was estimated to be 15 days at 25 °C.

Keywords: Coconut water, Shelf-life estimation, Storage, Ultrafiltration membrane, Ultraviolet

ABSTRAK

Air kelapa terkenal akan berbagai kandungan zat gizinya. Namun, aroma dan rasa dari air kelapa mudah berubah, segera setelah dikeluarkan dari buahnya (dengan membelah dua buah dan menampung air dalam wadah bersih). Umur simpan minuman air kelapa dapat ditingkatkan dengan menghilangkan enzim penyebab perubahan kualitas, yaitu enzim polifenol oksidase dan peroksidase. Perlakuan panas seperti pasteurisasi dan Ultra Heat Treatment dapat menghambat pertumbuhan enzim-enzim ini meskipun akan menyebabkan hilangnya karakteristik air kelapa yang unik dan disukai. Membran ultrafiltrasi dan sinar ultraviolet adalah dua metode sterilisasi dingin yang potensial. Tujuan penelitian ini adalah untuk menduga umur simpan air kelapa setelah sterilisasi menggunakan membran ultrafiltrasi dan sinar ultraviolet. Air kelapa yang telah disterilisasi dingin kemudian disimpan pada tiga suhu, yaitu 8, 13 dan 25 °C, menggunakan botol polietilen berukuran individual (250 ml). Pendugaan umur simpan dilakukan menggunakan metode Accelerated Storage Study yaitu dengan persamaan Arrhenius. Nilai pH dan kadar gula total diukur sebagai parameter kritis, dan total plate count juga diamati. Sebagai kesimpulan, umur simpan air kelapa yang telah disterilisasi dingin dengan tanpa penambahan bahan tambahan apapun diduga 15 hari pada suhu 25 °C.

Kata kunci: Air kelapa, Pendugaan umur simpan, Penyimpanan, Membran ultrafiltrasi, Ultraviolet

INTRODUCTION

Coconut is well known due to its many benefits from every part of the coconut. Technology development had resulted in various products from coconut, giving considerable added values. One of underutilized coconut parts is coconut water. Most of the coconut water is unused and discarded into the environment, especially those from copra and coconut oil industry. The main obstacle to the development of coconut water product is its easily altered properties. Immediately after contact with air, coconut water will lose almost all its unique organoleptic properties and starts fermenting. Thus, in just a few hours

after extracted from the fruit (usually by splitting the fruit in two), coconut water will turn turbid, yellowish, sour, and bad aroma. These alterations were caused by the existence of oxidase enzymes, i.e. polyphenol oxidase and peroxidase (Duarte et al., 2002; Magalhaes et al., 2005) and the microbe contamination (Magalhaes et al., 2005).

The shelf-life of coconut water isotonic drink can be improved by ensuring the elimination of the causes of its quality degradation. There are some methods can be conducted to preserve coconut water. Most of the commercial production of coconut water based drinks use pasteurization

and *Ultra-High-Temperature* technology. However, the processing using high temperature may cause the loss of nutritional value and the unique aroma and flavor of coconut water (Haynes et al., 2004).

Coconut water processing without high temperature had been introduced by FAO (2000), using microfiltration membrane. This process was then further developed by Kailaku et al. (2006) where after microfiltration, ultrafiltration membrane was used. Ultrafiltration is a separation process using a membrane, working in the pressure difference principal. Ultrafiltration and pasteurization process had been shown to have the same effectiveness in reducing the enzymes activities in coconut water (Nakano et al., 2011). However, there was still doubt in its effectivity in reducing microorganism activities. Ultraviolet technology is a becoming more commonly used in purification and sterilization various products such as water, fruit juices, etc. (Falguera et al., 2011).

The combination of ultrafiltration and ultraviolet technology may increase the inactivation of microorganisms responsible for degrading the quality of coconut water. Both technologies need low energy intake and were expected to be able to maintain the nutritional and chemical composition along with the organoleptic properties of coconut water. The objective of this research was to estimate the shelf-life of coconut water after processing with ultrafiltration membrane and ultraviolet sterilization.

MATERIAL AND METHODS

The production, characterization, and analysis of coconut water drink were conducted at Research and Development Laboratory, Indonesian Center for Agricultural Postharvest Research and Development, Bogor, Indonesia. The flow chart

of coconut water drink production using ultrafiltration membrane and ultraviolet sterilization was presented in Figure 1.

The development of coconut water drink did not include formulation stage. The material used in this study was only fresh coconut water, without any addition of food additives, in order to obtain the influence information of ultrafiltration and ultraviolet processing without factors of other ingredients or treatments. The coconut was Genjah variety and was collected at the age of 8-9 months from local community plantation in Bogor, Indonesia.

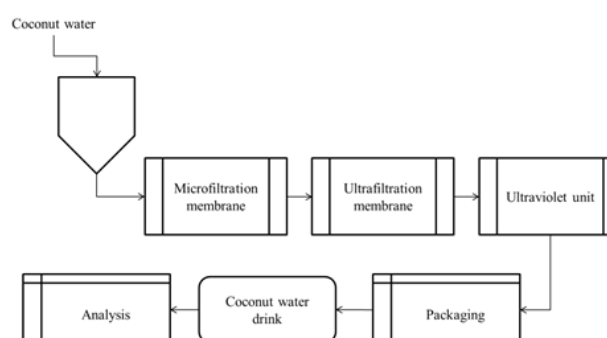


Figure 1. Flow chart of the cold sterilization of coconut water

Fresh coconut water was immediately cold-sterilized by filtering through microfiltration (1000 nm pore size diameter) and ultrafiltration (50 nm pore size diameter) membranes followed by passing through the ultraviolet tube. The ultrafiltration membrane was operated at maximum pressure of 3 bar. UV tube dimension was 64 x 340 mm in diameter and length, respectively. The flow rate of the product through the tube was 1 litre/sec. The sterilized coconut water flowed from UV tube directly into a container through a rubber tube.

The product were analyzed for its physico-chemical properties and nutritional composition, i.e. pH (Indonesian National Standard

SNI 06-6989.11-2004), clarity (Spectrophotometer), colour (Chromameter), total soluble solid (AOAC, 2005), total sugar content (Sulaeman et al., 1995 in Riyana, 2008), sucrose, fructose and glucose content (Indonesian National Standard SNI 01-2892-1992), vitamin B1 and B6 content (Hidayati, 1992), vitamin C (High Performance Liquid Chromatography) and K, Na and Mg content (APHA, 1998 in Roji, 2006).

Critical parameters (pH and total sugar content) were observed nine times in 19 days. Coconut water drink was stored in temperature controlled room using three different temperatures, i.e. 8, 13 and 25°C. Samples were bottled in clear polyethylene plastic bottle in individual size (250 ml).

Data obtained from analysis were processed based on Arrhenius method. The calculation of shelf-life was done using equation 1 (Sukasih et al. 2007).

$$ts = [\ln(N_0 - Nt)]/K_T \dots\dots\dots (1)$$

where: ts = duration of storage

N_0 = value of quality parameter on t_0
(the beginning of storage)

Nt = value of quality parameter after t
duration of (critical limit)

K_T = value of K in storage temperature T

RESULTS AND DISCUSSION

Characterization of cold-sterilized coconut water

The composition of nutrition content and physicochemical properties of cold-sterilized coconut water as shown in Table 1. The appearance of fresh coconut water and cold-sterilized coconut water as seen in Figure 2. Kailaku et al., 2016 reported that the differentiation analysis of cold-sterilized coconut water and fresh coconut water showed that most of the coconut water nutritional composition was not different with that of fresh coconut water. The difference was only

observed in total sugar content, although sucrose, fructose, and glucose content were not significantly different. The physical characteristics were also mostly unaffected by the cold-sterilization, except for the clarity and color parameters (L^* dan b^*). The theses stated that an amount of sugar content in coconut water may be filtered by ultrafiltration membrane, causing the small decrease of total sugar content ($p = 0.049$).

Table 1. The characteristics of cold-sterilized coconut water compared with fresh coconut water

Characteristics	Fresh Coconut Water	Cold-sterilized Coconut Water	p-value
pH	5.60	5.40	0.126
Total sugar (%)	6.13	6.06	0.049*
Sucrose (%)	0.64	0.62	0.758
Fructose (%)	2.71	2.63	0.537
Glucose (%)	2.72	2.70	0.500
Potassium (mg/kg)	1840.54	1736.46	0.272
Sodium (mg/kg)	20.73	14.17	0.174
Magnesium (mg/kg)	86.54	75.30	0.232
Vitamin B1 (mg/100ml)	11.97	11.85	0.053
Vitamin B6 (mg/100ml)	0.033	0.029	0.455
Clarity (% to water)	97.4	89.5	0.001*
Colour			
L	101.78	97.05	0.000
a	-0.24	-0.18	0.390
b	-0.06	0.58	0.002*
Total plate count (cfu/ml)	1.86x10 ²	1.08x10 ¹	na

*significantly different at alpha=0.05, na=not available



Figure 2. The appearance of fresh coconut water (1) and cold-sterilized coconut water (2)

Shelf-life estimation

The estimation of shelf-life is very important in commercialization of food product, especially

a newly developed food product. Food shelf-life is a period of time after production where a product is able to maintain acceptability, both in sensory and nutritional, and safe for consumption (Ahrne *et al.* 1996). The shelf-life of a product can be estimated using various methods, one of which is using kinetics model such as Arrhenius model (Maria and Peleg 2007).

Arrhenius method uses acceleration (*Accelerated Storage Study/ASS*) and implements reaction kinetics study with the aid of Arrhenius equation. The principal is to store a food product at a certain temperature, in order to cause quality deterioration of its critical parameters due to the influence of heat. This method allows the research on storage to use three different temperatures to predict the shelf-life of different storage conditions (Hough *et al.* 2006).

The first step of ASS is the determination of critical parameters. Critical parameters used in this study were pH and total sugar content. These parameters were selected based on the consideration that the pH of coconut water is easily altered during storage, while total sugar content is one of the important sensory parameters that determine the acceptability of coconut water. The changes of pH value and total sugar content of cold-sterilized coconut water are presented in Figure 3 and Figure 4.

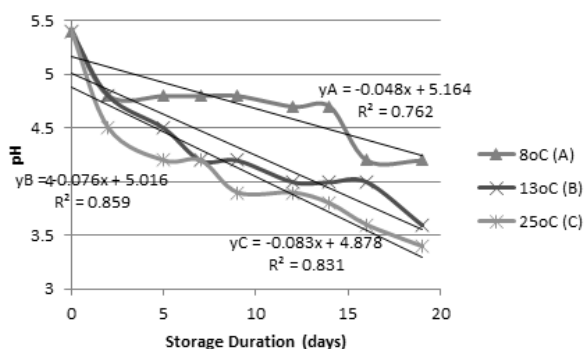


Figure 3. The pH degradation of cold-sterilized coconut water during storage

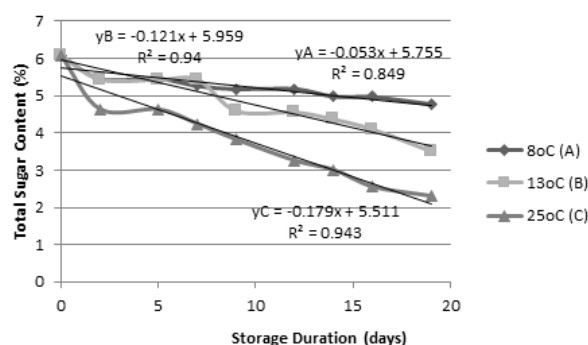


Figure 4. The total sugar content degradation of cold-sterilized coconut water during storage

Figure 3 showed that the decrease of pH was influenced by the higher temperature. The decrease of pH observed in this research (1.9 points at 8°C) was higher compared to that observed by Awua *et al.* (2012) where the pH of fresh coconut water decreased by 2.3 points after 30 days of storage at 4°C. The decrease of pH may occur due to the formation of phenol radicals and phenol oxides, which may also cause the formation of yellowish color of the product (Awua *et al.* 2012).

Total sugar content also experienced a declining trend during storage at all temperature, as shown in Figure 4. The decrease of total sugar content may be caused by the utilization of sugar and other simple carbohydrate in the formation of insoluble matters, which are the essential substance in the coconut endosperm (Awua *et al.*, 2012).

The quality deterioration of both critical parameters was calculated by determining the slope, intercept and the correlation on reaction order 0 and order 1 (Table 2 and 3). The determination of reaction order is a means to predict the tendency of quality deterioration (Sukasih *et al.* 2007).

Table 2. The value of the slope, intercept, and correlation coefficient in reaction order 0 and 1 and the linear equation of pH of coconut water drink

		Temperature		
		8°C	13°C	25°C
Order 0	R square	0.76198	0.85903	0.83134
	Intercept	5.16466	5.01687	4.87871
	Slope	-0.04860	-0.07680	-0.08340
Order 1	R square	0.76663	0.88757	0.87769
	Intercept	1.64391	1.61509	1.58695
	Slope	-0.01030	-0.01750	-0.01980
lnK (order 1)		-4.57120	-4.04780	-3.92390
T (Kelvin)		281	286	298
1/T (Kelvin)		0.00356	0.0035	0.00336
Linear equation		Y = -2795.2X + 5.51908 R ² = 0.71592		

Table 3. The value of the slope, intercept, and correlation coefficient in reaction order 0 and 1 and the linear equation of total sugar content of coconut water drink

		Temperature		
		8°C	13°C	25°C
Order 0	R square	0.84897	0.93997	0.94359
	Intercept	5.75566	5.95916	5.51124
	Slope	-0.05346	-0.12158	-0.17954
Order 1	R square	0.87119	0.93320	0.97211
	Intercept	1.75093	1.80140	1.74724
	Slope	-0.01003	-0.02578	-0.04777
lnK (order 1)		-4.60231	-2.10721	-3.04137
T (Kelvin)		281	286	298
1/T (Kelvin)		0.00356	0.0035	0.00336
Linear equation		Y = -5247.25X + 14.95929 R ² = 0.18744		

Table 2 and 3 show that the correlation (R^2) of reaction order 1 is higher than reaction order 0, for pH parameter and total sugar content. Lee and Krochta (2002) stated that the quality deterioration reaction of food materials mostly occurs at order 0 and 1. The kinetic reaction of quality deterioration, oxidative color change, rancidity, microbial growth, and vitamin degradation are the examples of order 1 kinetic reactions. Meanwhile, the order 0 reaction are enzymatic destruction, enzymatic browning, and oxidation.

After the determination of reaction order, shelf-life estimated was calculated using Arrhenius equation. Arrhenius equation obtained by plotting the value of $\ln k$ with $1/T$, where k was slope value as deterioration value of quality during storage and T was temperature.

The initial quality values were used in the calculation of shelf-life estimation. The analysis showed that pH of coconut water sample was 5.4 and the total sugar content was 6.06 %. The coconut drink produced in this study was designed to be natural isotonic drink. Therefore the critical limits were determined based on Indonesian National Standard of Isotonic Drink, i.e. 4 for pH and 5 % for total sugar content.

The Arrhenius equation of the samples in the analysis of parameter pH was $\ln K = \ln k = 5.519082 - 2795.2 (1/T)$, where if it was stored in temperature 8°C it would generate the value of $\ln K = -4.42807$ or $K = 0.01194$. This means that there will be 0.01194 unit decrease of pH per day. According to the calculation using equation 1 (Sukasih *et al.* 2007), it was estimated that the shelf-life of coconut water drink were 28 days in 8°C storage, 23 days in 13°C storage and 15 days in 25°C storage (Table 4).

Table 4. The estimation of shelf-life of cold-sterilized coconut water based on pH

	Temperature		
	8°C	13°C	25°C
Arrhenius equation	$\ln K = 5.519082 - 2795.2 (1/T)$		
lnK	-4.42807	-4.25417	-3.86062
K	0.01194	0.0142	0.0211
Initial quality (No)	5.4	5.4	5.4
Critical limit (Nt)	4	4	4
Shelf-life (days)	28.1862	23.6871	15.9806

In the analysis of total sugar content, equation Arrhenius $\ln K = \ln k = 14.95929 - 5247.25 (1/T)$, so that storage in 8°C will generate the value of $\ln K = -3.71421$ or $K = 0.02437$.

This means that there will be 0.02437 unit decrease of total sugar content per day. Based on the calculation using equation 1 on total sugar content parameter, the estimated shelf-life of coconut water drink were 29 days (8°C), 21 days (13°C) and 10 days (25°C) (Table 5).

Table 5. The estimation of shelf-life of cold-sterilized coconut water based on total sugar content

	Temperature		
	8°C	13°C	25°C
Arrhenius equation	LnK = 14.95929 - 5247.25 (1/T)		
LnK	-3.71421	-3.38775	-2.64894
K	0.02437	0.03378	0.070726
Initial quality (No)	6.06	6.06	6.06
Critical limit (Nt)	5	5	5
Shelf-life (days)	29.6498	21.3915	10.2184

The calculation of shelf-life estimation may give different results among different critical parameters (Sukasih *et al.* 2007). The estimated shelf-life using pH as a critical parameter was different with that of total sugar content. The recommendation of shelf-life should be determined based on the shorter shelf-life, considering the safety of the product (Koswara dan Kusnandar 2004), or based on the higher correlation value (Sukasih *et al.* 2007).

According to the aforementioned considerations, it was determined that the calculation of shelf-life estimation using pH was to be used. When stored in the room temperature (25°C), the shelf-life of coconut water drink is 15 days. This result is shorter compared to the results in Kailaku *et al.* (2006) and Naozuka (2004). Kailaku *et al.* (2006) studied the shelf-life of coconut water drink produced using ultrafiltration membrane and showed that the product was still in good quality after 3 months storage in the refrigerator. However, the product was formulated with the addition of food additives such as sodium carbonate and citric acid, which

acted as preservative and acidity controller agents. Naozuka (2004) conducted research using the freezing method, resulted in the shelf-life of coconut water of 30 days. Unfortunately, there were physicochemical, and enzymatic degradation observed after the thawing process.

The *Total Plate Count* analysis of the product showed the total microbes of 1.08×10^1 CFU/ml, while fresh coconut water contained 1.86×10^2 CFU/ml total microbes. The Indonesian National Standard required the maximum total microbes of 2×10^2 CFU/ml. Unprocessed coconut water had more than 10^{10} CFU/ml total microbes after 19 days storage at any temperature. Meanwhile, the total microbes of cold-sterilized coconut water were 1.94×10^2 CFU/ml (8°C), 2.50×10^2 CFU/ml (13°C) and 4.70×10^2 CFU/ml (25°C) after 19 days storage. This result should be further studied in order to identify the type of growing microbes. Not only to study if there were undesired microbes grows, e.g., *E. coli*, but also to confirm the possibility of using the pH and nutritional composition of coconut water as a medium of useful bacteria such as *Acetobacter xylinum* and *Lactobacillus sp.*

Although the shelf-life obtained in this study was fairly long compared to that of unprocessed coconut water, this result is not enough for an industrial purpose such as distribution and transportation, which need more extended shelf-life. However, scaled up production is expected to have a better result, considering various weak aspects that may interfere the quality assurance of laboratory scale in this study, e.g., the less than optimum processing condition of ultrafiltration membrane and the non-fully aseptic processing condition. Production and distribution using cold chain system are expected to have a far better result.

Moreover, Prades *et al.* (2012) reviewed nu-

merous research reports on the processing and the shelf-life of coconut water and concluded that thermal treatments i.e. pasteurization, sterilization, and non-thermal treatments i.e. microfiltration were not enough to obtain an extended shelf-life of coconut water without the addition of any food additives. An effective result may be obtained by adding molecules e.g., nisin, ascorbic acid, citric acid, and sodium metabisulfite. Studies using those materials succeeded in maintaining the quality of pasteurized coconut water for 2-3 months at room temperature or refrigerator.

CONCLUSIONS

Cold-sterilized coconut water obtained from processing using ultrafiltration membrane and ultraviolet, without the addition of food additives experienced the decrease of pH and total sugar content during storage. The estimation of shelf-life using Accelerated Storage Study with Arrhenius equation, based on pH as critical parameter showed that the product's shelf-life was 15 days at 25°C. This result was better than the shelf-life of unprocessed coconut water, but not adequate for industrial scale and distribution purpose.

REFERENCES

- Ahrne L.M, Manso M.C, Shah E, Oliveira FAR and Oste RE. 1996. Shelf-life prediction of aseptically packaged orange juice. [Abstract]. *Chemical Markers for Processed and Stored Foods*, 631:107-117.
- American Public Health Association (APHA). 1998. Standard Methods For The Examination of Water and Waste Water. 20th edition. Di dalam Roji F. 2006. Pembuatan produk minuman isotonik (*isotonic drink*) dalam kemasan gelas plastik di PT. Fits Mandiri Bogor. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB.
- Awua AK, Doe ED, and Agyare R. 2012. Potential bacterial health risk posed to consumers of fresh coconut water. *Food and Nutrition*. 3:1136:1143.
- Duarte ACP, Coelho AAZ, and Leite SGF. 2002. Identification of peroxidase and tyrosinase in green coconut water. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(5), 266-270.
- Falguera V, Pagan J, Garza S, Garvin A, and Ibarz A. 2011. Ultra-violet processing of liquid food: A review. Part 2: Effects on microorganisms and on food components and properties. *Food Res Intl*. 44(2011): 1580-1588.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2000. Press release: Coconut water as energy drink for joggers and athletes - First patent granted to UN Food Agency. <http://www.fao.org/default.htm>. Diakses 5 Maret 2014.
- Haynes K, Bundang R, Chu O, Eichinger C, Lineback DS, and Bolles AD. 2004. Method for production of coconut water beverage and blended juice beverages with coconut water. US Patent. US 2004/0018285 A1.
- Hidayati N. 1992. Penentuan tiamin, riboflavin dan piridoksin dalam beras dengan HPLC secara serentak. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional. [http://digilib.batan.go.id/e-prosiding/File Prosiding/ Pertanian_Peternakan /Hasil_Penelitian_1990-1992_PAIR/ Data_Artikel/ Nurhidayati-111.pdf](http://digilib.batan.go.id/e-prosiding/File%20Prosiding/Pertanian_Peternakan/Hasil_Penelitian_1990-1992_PAIR/Data_Artikel/Nurhidayati-111.pdf) Diakses 21 November 2014
- Hough G, Garitta L and Gomez G. 2006. Sensory shelf life predictions by survival analysis accelerated storage models. [Abstract]. *Food Quality and Preference*, 17(6):468-473.
- Kailaku SI, Dewandari KT dan Syah ANA. 2006. Perbaikan mutu minuman isotonik alami air kelapa dengan teknologi ultra-filtrasi. Prosiding Lokakarya Nasional: Strategi Peningkatan Nilai Tambah Hasil Pertanian melalui Penerapan Teknologi Pascapanen dan Sistem Keamanan Pangan. Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian, 12 September 2006.
- Kailaku, SI., B Setiawan and A Sulaeman. 2016. Pengaruh Proses Membran Ultrafiltrasi dan Ultraviolet terhadap Komposisi Gizi, Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Minuman Air Kelapa. *Jurnal Litri* Vol. 22 No. 2.
- Koswara S dan Kusnandar F. 2004. Studi kasus pendugaan umur simpan produk pangan. Pelatihan Pendugaan Waktu Kadaluaarsa Bahan dan Produk Pangan. Di dalam Sukasih E, Sunarmani dan Budiyanto A. 2007. Pendugaan umur simpan pasta tomat kental dalam kemasan botol plastik dengan metode akselerasi. *J Pascapanen*, 4(2):72-82.
- Lee SY and Krochta JM. 2002. Accelerated shelf life testing of whey protein coated peanuts analyzed by static head-space Gas Chromatography. [Abstract]. *J Agric Food Chem*, 50:2022-2028.
- Magalhaes MP, Gomes FS, Modesta RCD, Matta VM and Cabral LMC. 2005. Conservation of green coconut water by membrane filtration. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 25(1):72-77.
- Maria GC and Peleg M. 2007. Shelf-life estimation from accelerated storage data. [Abstract]. *Trend in Food Science and Technology*, 18:37-47.
- Nakano LA, Leal WF Jr, Freitasb DGC, Cabralb LMC, Penhab EM, Penteadob AL and Mattab VM. 2011. Coconut water processing using ultrafiltration and pasteurization. *Proceeding of International Congress on Engineering and Food*, 11, 2011, Athens. National Technical University of Athens.
- Naozuka J. 2004. Estudo da influencia de processos de conservacao na distribuicao de especies elementares em agua de coco por espectrometria de absorcao e emissao atomic. Master thesis. [Abstract]. Instituto de Quimica, Brazil.

-
- Prades A, Dornier M, Diop N, and Pain JP. 2012. Coconut water preservation and processing: a review. *Fruits* 2012, 67, 157-171.
- Sukasih E, Sunarmani dan Budiyanto A. 2007. Pendugaan umur simpan pasta tomat kental dalam kemasan botol plastik dengan metode akselerasi. *J Pascapanen*, 4(2):72-82.
- Sulaeman A, Anwar F, Rimbawan, dan Marliyati SA. 1995. Metode analisis zat gizi dan komponen kimia lainnya dalam makanan. Di dalam Riyana R. 2008. Mutu dan daya simpan air kelapa (*Cocos nucifera L.*) yang berpotensi sebagai minuman isotonik [skripsi]. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Jurnal *Planta Tropika* merupakan jurnal yang menyajikan artikel mengenai hasil penelitian dan perkembangan pertanian yang meliputi bidang: Agroteknologi, Agroindustri, dan Arsitektur Lansekap. Jurnal *Planta Tropika* diterbitkan dua kali dalam setahun (Bulan Februari dan Agustus) oleh Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta bekerjasama dengan Perkumpulan Agroteknologi/ Agroekoteknologi Indonesia (PAGI). Harga langganan satu tahun: Rp. 250.000/tahun



Perkumpulan Agroteknologi/ Agroekoteknologi Indonesia (PAGI) merupakan asosiasi yang mewadahi dan menjadi sarana komunikasi kerjasama antar pengelola program studi, semua tenaga profesi terkait langsung maupun tidak langsung serta pemerhati bidang agroteknologi dan agroekoteknologi di Indonesia.

Alamat redaksi
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl Ring Road Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul
Telp (0274) 387646 psw 224.
Email: plantatropika@umy.ac.id
Website: <http://journal.umy.ac.id/index.php/pt>

