

ISSN 1693~1882

e-ISSN 2615-8108

B U L E T I N Palawija

Volume 19, Nomor 1, Mei 2021

Identification of Peanut Germplasm Tolerance to Salinity Stress

The Role of Leaf Characters of Peanuts on Whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) Infestation

Serapan Nitrogen dan Fosfor serta Hasil Kedelai Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Tanah Alfisol akibat Aplikasi Biochar dan Vermikompos

Pertumbuhan dan Produktivitas Beberapa Varietas Kedelai di Bawah Tegakan Kelapa

Beauveria bassiana: Biopestisida Ramah Lingkungan dan Efektif untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman

Pengendalian Ramah Lingkungan Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada Tanaman Kedelai

Buletin Palawija	Vol. 19 No. 1	hlm. 1-80	Malang, Mei 2021	ISSN 1693-1882	e-ISSN 2615-8108
---------------------	---------------	-----------	---------------------	-------------------	---------------------

BALAI PENELITIAN TANAMAN ANEKA KACANG DAN UMBI
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

BULLETIN Palawija

PENANGGUNG JAWAB:

Kepala Balitkabi

Dewan Redaksi

Ketua

Prof. Dr. Ir. Made Jana Mejaya, MSc
Pemuliaan Tanaman

Wakil Ketua

Prof. Dr. Ir. Didik harnowo, MS
Teknologi Benih

ANGGOTA

Dr. Heru Kuswantoro
Pemuliaan Tanaman

Ir. Joko Susilo Utomo, PhD
Pasca Panen Mekanisasi Pertanian

Ir. Fachrur Rozi, MS
Ekonomi Pertanian

Dr. Ir. Yusmani, MSI
Penyakit Tanaman

Ir. Erliana Ginting, MSc
Teknologi Pangan

Prof. Dr. Arief Harsono
Ekofisiologi Tanaman

Ir. Abdullah Taufiq, MP
Ilmu Tanah

Dr. Agustina Asri Rahmianna
Ekofisiologi Tanaman

Eriyanto Yusnawan, SP., PhD
Penyakit Tanaman

MITRA BESTARI

Dr. Sc.Agr. Agung Karuniawan, MScAgr
Pemuliaan Tanaman

Dr. Ir. Yulia Nuraini, MS
Ilmu Tanah

Prof. Dr. Ratya Anindita
Ekonomi Pertanian

Prof. Dr. Subiyakto
Entomologi

Prof. Ir. Loekas Soesanto, MS, PhD
Penyakit Tanaman

Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA
Mekanisasi Pertanian

Prof. Dr. Harijono, M.App. SE
Teknologi Pangan

Dr. Budi Waluyo
Pemuliaan Tanaman

Dr. Endah Retno Palupi
Teknologi Benih

Dr. Budi Prasetyo
Ilmu Tanah

Dr. Nurul Aini
Agronomi

REDAKSI PELAKSANA

Bambang Sri Koentjoro, SP, M.Kom
Dian Adi Anggraeni, STP, M.AgrSc, MAP
Dr. Runik Dyah Purwaningrahayu, SP, MP
Marida Santi Yudha Ika Bayu, SP, MAg

SEKRETARIAT

Marida Santi Yudha Ika Bayu, SP, MAg

FREKUENSI TERBIT

Dua nomor per tahun: Mei dan Oktober

ALAMAT

Redaksi Buletin Palawija

Balitkabi, Jalan Raya Kendalpayak km 8 Kotak Pos 66
Malang 65101 Tel. 0341-801468 Fax. 0341-801496
e-mail: bpalawija@gmail.com

ISSN 1693-1882

E-ISSN 2615-8108

Daftar Isi

Volume 19 Nomor 1 Mei 2021

Identification of Peanut Germplasm Tolerance to Salinity Stress

Herdina Pratiwi, Novita Nugrahaeni,
Abdullah Taufiq 1-9

The Role of Leaf Characters of Peanuts on Whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) Infestation

Kurnia Paramita Sari, Nurul Aini,
Bambang Tri Raharjo 10-21

Serapan Nitrogen dan Fosfor serta Hasil Kedelai Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Tanah Alfisol akibat Aplikasi Biochar dan Vermikompos

Allaganur Rochman, Joko Maryanto,
Okti Herliana 22-30

Pertumbuhan dan Produktivitas Beberapa Varietas Kedelai di Bawah Tegakan Kelapa

Bayu Suwitono, Himawan Bayu Aji, Yayat Hidayat,
Hermawati Cahyaningrum, Fredy Lala, Kisey Bina
Habehaan 31-40

Beauveria bassiana: Biopestisida Ramah Lingkungan dan Efektif untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman

Marida Santi Yudha Ika Bayu, Yusmani Prayogo, Sri
Wahyuni Indiaty 41-63

Pengendalian Ramah Lingkungan Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada Tanaman Kedelai

Emerensiana Uge, Eriyanto Yusnawan,
Yuliantoro Baliadi 64-80

Indeks Buletin Palawija Volume 19 Nomor 1
Tahun 2021 81

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

KATA PENGANTAR

Ungkapan syukur kehadiran Tuhan yang Maha Kuasa, karena dengan izin-Nya Buletin Palawija Volume 19 Nomor 1 ini berhasil terbit pada Mei 2021. Terbitnya Buletin Palawija tidak terlepas dari kesediaan para penulis/peneliti yang telah mengirimkan naskahnya untuk diterbitkan pada Buletin Palawija yang terakreditasi Sinta 2, serta kerja keras Tim Redaksi dan Mitra Bestari Buletin Palawija.

Buletin Palawija Volume 19 Nomor 1 (2021) ini memuat enam judul naskah terdiri atas: empat naskah primer dan dua naskah review. Dari enam judul naskah ini, tiga naskah tentang komoditas kedelai (aspek budidaya dan pengendalian hama), dua komoditas kacang tanah (aspek pemuliaan dan pengendalian hama), dan satu lintas komoditas aneka kacang dan umbi (aspek pengendalian hama dan penyakit). Dari enam judul naskah ini, dua naskah berbahasa inggris.

Semoga tulisan-tulisan tersebut di atas bermanfaat, baik bagi peneliti, pengambil kebijakan, dan praktisi dalam rangka mendukung pengembangan pertanian (khususnya komoditas palawija) di Indonesia.

Redaksi

Identification of Peanut Germplasm Tolerance to Salinity Stress

Identifikasi Toleransi Plasma Nutfah Kacang Tanah terhadap Cekaman Salinitas

Herdina Pratiwi*, Novita Nugrahaeni, Abdullah Taufiq

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
Jalan Raya Kendalpayak Km 8 Malang 65162

*E-mail: herdina_p@mail.com

NASKAH DITERIMA 6 AGUSTUS 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 5 MARET 2021

ABSTRAK

Varietas toleran salinitas adalah kunci utama pengembangan kacang tanah di tanah salin, namun sampai saat ini belum ada perakitan varietas kacang tanah di Indonesia dengan spesifikasi toleran terhadap salinitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi toleransi 25 aksesori kacang tanah koleksi plasma nutfah Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi terhadap cekaman salinitas untuk menyediakan sumber gen persilangan tahan salinitas. Aksesori kacang tanah ditanam pada tiga level salinitas yaitu non salin, sedang (5-6 dS/m), dan tinggi (8-10 dS/m). Parameter yang diamati meliputi skor keracunan, kadar K dan Na pada akar dan tajuk, hasil polong dan biji, dan indeks toleransi cekaman (ITC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua aksesori teridentifikasi peka pada salinitas tinggi. Salinitas sedang merupakan level salinitas tertinggi yang masih dapat ditoleransi oleh 23 aksesori kacang tanah. Pada tingkat salinitas sedang, empat aksesori kacang tanah (MLGA 0211, MLGA 0222, MLGA 0546, MLGA 0570) teridentifikasi toleran, dua aksesori (MLGA 0473 dan MLGA 0605) peka, dan 19 aksesori lainnya tergolong sedang. Toleransi terhadap salinitas berhubungan dengan kemampuan aksesori untuk membatasi serapan Na dan translokasinya ke tajuk sehingga rasio K/Na di tajuk tetap tinggi dan dapat meningkatkan proses fotosintesis tanaman. Rasio Na-akar/Na-tajuk sama efektifnya dengan indikator rasio K/Na tajuk, oleh karena itu dapat dijadikan kriteria baru dalam seleksi toleransi kacang tanah terhadap cekaman salinitas. Aksesori yang toleran berdasarkan kemampuan untuk membentuk polong dan biji serta kemampuan menahan efek salinitas dapat dimanfaatkan dan diintegrasikan dalam pemuliaan kacang tanah untuk toleransi salinitas.

Kata kunci: aksesori kacang tanah, rasio K/Na, salinitas

ABSTRACT

Salt-tolerant variety is the main technology for developing peanut in saline soils, however peanut breeding for salt-tolerant has not been yet conducted in Indonesia. The aim of this study was to evaluate 25 peanut germplasm accessions of Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute collection for their tolerance to salinity stress in order to provide gene resources for peanut breeding. The accessions were grown at three salinity levels i.e: non saline, moderate (5-6 dS/m), and high (8-10 dS/m). Observations included

the toxicity score, K and Na contents in the root and shoot, pod and seed yield, and stress tolerance index (STI). The results showed that all accessions were identified as susceptible to high salinity tolerance. The medium salinity (5-6 dS/m) was the highest level that can be tolerated by most of all peanut accessions. At such moderate-salinity, four accessions (MLGA 0211, MLGA 0222, MLGA 0546, MLGA 0570) were identified to be tolerant, two accessions (MLGA 0473 and MLGA 0605) were susceptible, and the rest of 19 accessions were moderate. The tolerance to salinity was likely related to the ability of the accessions to inhibit the Na uptake and its translocation to the shoot, resulting in high K/Na ratio in the shoot thus would increase photosynthetic process of the plants. The ratio of Na-root/Na-shoot was also an effective indicator as K/Na ratio in the shoot, therefore it can be used as a new selection criteria for peanut tolerance to salinity stress. The accessions that were identified to be tolerant based on their ability to form pods and seeds and withstand the effects of salinity can be further used and integrated in the peanut breeding for salinity tolerance.

Keywords: K/Na ratio, peanut germplasm, salinity

INTRODUCTION

Peanut is the fourth leading food crops in Indonesia after rice, maize, and soybean. The constraints of peanut production include the decrease in harvested area due to the competition with other commodities and land conversion (Sumarno 2015). The conversion of optimal agricultural land to non-agricultural land in Indonesia reaches 1% per year (Mulyani *et al.* 2016). Therefore, peanut development in future should be more focused to the suboptimal land, including saline soils.

Saline soil is a soil which contains soluble salt or their ions at least in one horizon at above the toxicity threshold with electrical conductivity (EC) of above 4 dS/m (Vargas *et al.* 2018). Salt-affected agricultural land in Indonesia was about 2,172,830 hectares or equal to 1.14% of agricultural land area (Rachman *et al.* 2013). High salinity is raising complex stresses such as osmotic water deficit, toxicity of Na and Cl,

nutrient imbalance, macro nutrient deficiency, and high reactive oxygen species (ROS) that degrades macro molecules in plant and reduces plant growth and yield (Nawaz *et al.* 2010).

Salt-tolerant cultivar is the main key for peanut cultivation in saline soils. However, peanut breeding for salinity tolerance has not been yet conducted in Indonesia. Hence, evaluation of peanut genetic resource to salinity stress is an important step to be conducted to determine resistant gene as a breeding material. Evaluation of salinity tolerance can be based on morphology, anatomy, physiology, and molecular changes, depending on research purposes. Salwa *et al.* (2010) reported that tolerant peanut cultivar had less growth and yield, and it was more stable in its physiological and chemical components under salt stress conditions compared to less tolerant cultivar. Deshev *et al.* (2020) informed that salinity stress in early growth of peanut will decrease the energy and velocity of germination, shoot and root length, vigor index, fresh and dry weight of shoot and root. Sa *et al.* (2020) evaluated peanut genotypes based on the emergence, growth, and biomass accumulation and they reported that the tolerant genotype had high performance in germination and allocation of shoot and root biomass. Whilst Singh *et al.* (2010) stated that the tolerant groundnut cultivars to salinity stress had high field emergence, high plant population, low mortality and later produced high pod yield. K/Na ratio was also reported as an effective indicator for salinity tolerance (Mousa *et al.* 2014), because it positively correlated with yield and the tolerance level (Purwaningrahayu *et al.* 2016). The salinity stress symptoms might be different among genotypes because of the difference in salinity levels and growth phases (Putri 2016).

Peanut is sensitive to salinity stress, with the critical limit of 3.2 dS/m based on the yield (Yadav *et al.* 2011). Peanut germination delayed and even decreased at salinity of above 2 dS/m (Kristiono and Taufiq, 2015). Taufiq *et al.* (2015) reported yield decrease to more than 70% at EC above 4 dS/m. In fact, soil EC in the field varied from 8 to 12 dS/m (Purwaningrahayu and Taufiq 2018), and between 6 and 17 dS/m (Pratiwi and Nugrahaeni 2018). Therefore, the availability of peanut cultivar tolerant to salinity of above 4 dS/m is urgently needed. For this reason, peanut genetic resources that tolerant to salinity need to be identified.

The aim of this study was to evaluate 25 peanut germplasm accessions of Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute collection for the tolerance to salinity stress. The accession which is

identified tolerant to salinity >4 dS/m can be used as a gene resource for peanut breeding as well as a promising line that can be developed to a new cultivar.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted in a green house of Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute (ILETRI) from March to July 2018, consisted of two factors that were arranged in a split plot design, three replications. The main plot was three salinity levels i.e. S0: non-saline as check, S1: moderate saline (5-6 dS/m), and S2: high saline (8-10 dS/m), while the subplot was 25 peanut accessions from germplasm collection unit of ILETRI (Table 1). The experiment used non saline soil from Muneng Experimental Station, Probolinggo with EC of 0.044 dS/m, pH 7.5 (slightly alkaline), and high exchangeable Ca and K. Soil salinity was adjusted to the values as in the treatments using natural sea water at certain concentrations. The seawater was taken from Balekambang Beach, South Malang (EC of 50.8 dS/m). Fertilizers at doses of 3 g of Phonska (15% N - 15% P₂O₅ - 15% K₂O), 1.2 g of SP36 (36% P₂O₅), 1.2 g of Urea (46% N), and 30 g of organic fertilizer per pot (7.5 kg air dried soil) were applied at sowing date.

Each pot was watered using 1500 mL tap water (EC of 0.66 dS/m) for S0, and with seawater at concentration of 5% for S1 and S2 at sowing date, and then maintained at field capacity by adding 265 mL/day (gravimetric base). Soil EC of S1 and S2 were adjusted to the values according to the treatment by addition of 265 mL/day of seawater at concentrations of 5% for S1 and 15% for S2 starting from 21 days after sowing (DAS) to 48 DAS. After 48 DAS, S1 and S2 were watered with 3-5% seawater to maintain soil EC at required ranges, and monitored every week using Hanna portable water conductivity and soil activity type HI 993310.

Salt toxicity scores were observed at 42 and 87 DAS using 1 to 9 scales based on the appearance of toxicity symptoms at the leaves as developed by Ledesma *et al.* (2016) (Tabel 2). K and Na contents in shoots and roots at 60 DAS were measured on selected accessions representing tolerant, moderate, and susceptible. Variables observed at harvest were the number of filled pods, pods and seeds weight. The collected data were analyzed using analysis of variance followed by Least Significant Difference at 5% probability using PKBT-STAT 1.0 software.

Table 1. Peanut accessions used in the research. ILETRI, 2018

Number	Accession codes	Name (status)	Number	Accession codes	Name (status)
1	MLGA 0108	NCAC 17133 (I)	14	MLGA 0523	JPO-10 (L)
2	MLGA 0211	Local Tegal (LV)	15	MLGA 0529	JPO-17 (L)
3	MLGA 0222	Mani Blanco (I)	16	MLGA 0536	ICGV 86371 (I)
4	MLGA 0294	ICGV 91099 (I)	17	MLGA 0541	Zebra (V)
5	MLGA 0304	Komodo (V)	18	MLGA 0546	ICGV 90220 (I)
6	MLGA 0336	ICGV 87160 (I)	19	MLGA 0551	Pelanduk (V)
7	MLGA 0361	ICGV 90046 (I)	20	MLGA 0570	Ristek-16 (L)
8	MLGA 0373	ICGV 90227 (I)	21	MLGA 0588	UNILA-6 (L)
9	MLGA 0473	Anoa (V)	22	MLGA 0605	Hypoma 1 (V)
10	MLGA 0479	PL-Biga (LV)	23	MLGA 0611	KT-M-15 (LV)
11	MLGA 0494	L. Tanjung NTB (LV)	24	MLGA 0616	Hypoma 2 (V)
12	MLGA 0513	UML 17-7 (L)	25	MLGA 0629	L. Sillo-NTT (LV)
13	MLGA 0519	JPO 6 (I)			

Note: I: introduced genotype, LV: local variety; V: improved variety, L: line

Table 2. Salt toxicity score

Score	Visual symptoms
1	Healthy dark green leaf with no chlorosis
2	Stunted dark green leaf, no chlorosis
3	Green yellowish leaf, smaller leaf size
4	Slight chlorosis leaf
5	Moderate chlorosis leaf
6	Severe chlorosis leaf, but no necrotic
7	Severe chlorosis leaf with some leaves edge partially necrotic
8	Necrotic leaf with small part show no necrotic
9	Severe necrotic leaf

Source: Ledesma et al. (2016). Score 1: normal, Score 2-3: low, 4-6: moderate, and 7-9: high

The salinity tolerance was assessed using Stress Tolerance Index (STI) value according to Fernandez (1992), i.e:

$$STI = (YP \times YS) / vp^2$$

YP: yield of certain genotype without salinity stress (g/plant)

YS: yield of certain genotype under salinity stress (g/plant)

vp: average yield of all tested genotype without salinity stress (g/plant)

The level of tolerant accession was determined based on the higher STI value and the ability to form pods and seeds.

RESULTS AND DISCUSSION

Soil EC

Salinity treatments applied at 21 DAS increased soil EC of S1 and S2 at the required ranges (Figure

1). Soil EC at S1 was 5-6 dS/m from sowing until physiological maturity, while at S2 was 5-6 dS/m from sowing until 20 DAS and 8-10 dS/m from 28 DAS until physiological maturity. The soil ECs at S1 and S2 were above the critical limit for peanut (3.2 dS/m). According to Kristiono and Taufiq (2015), the emergence and early growth phase of peanuts were very sensitive to salinity stress. The soil EC at S0 was 1.5-2 dS/m and it was categorized as slightly saline according to Yadav *et al.* (2011). This soil condition did not influence peanut growth. Figure 1 showed that the soil ECs fluctuated during the period of plant growth as also identified in the field (Pratiwi and Nugrahaeni, 2018).

Salt Toxicity Scores

Salt toxicity symptoms began with reduction of leaf size and plant height, leaf chlorosis, and then leaf edge necrosis. In advanced toxicity, the plants were withered, the leaf necrosis was spread and finally the entire plant leaves turn brown and died. Toxicity scores significantly increased as salinity increased, and no tolerance differences among the accessions (Table 3). At 42 DAS, there was no

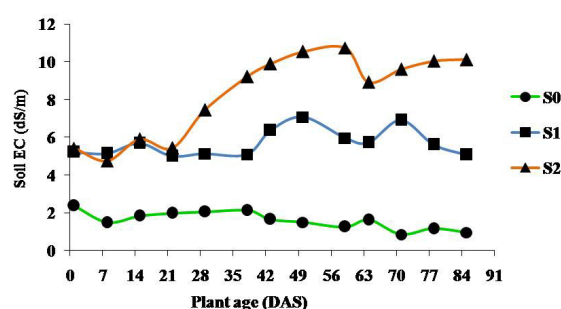


Figure 1. Soil ECs during peanut growth (S0: non-saline, S1: 5-6 dS/m, and S2: 8-10 dS/m).

Table 3. Salt toxicity scores on peanut accessions at 42 and 87 DAS at three salinity levels. ILETRI 2018

Number	Accessions	42 DAS			87 DAS		
		S0	S1	S2	S0	S1	S2
1	MLGA 0108	1.0	1.8	2.0	1.0	3.0	8.0
2	MLGA 0211	2.8	2.0	3.0	1.0	7.8	8.8
3	MLGA 0222	1.0	2.0	2.0	1.0	7.8	5.3
4	MLGA 0294	1.0	2.0	2.3	1.0	4.5	6.5
5	MLGA 0304	1.0	2.3	2.0	1.0	4.5	7.3
6	MLGA 0336	1.0	2.0	2.0	1.0	4.5	7.8
7	MLGA 0361	1.0	1.5	2.5	1.0	3.0	6.0
8	MLGA 0373	1.0	2.0	2.5	1.0	5.8	8.3
9	MLGA 0473	1.0	2.0	3.0	1.0	4.0	8.0
10	MLGA 0479	1.0	2.0	5.5	1.0	4.0	7.0
11	MLGA 0494	1.0	2.0	3.0	1.0	5.5	6.0
12	MLGA 0513	1.0	2.3	3.3	1.0	7.0	6.5
13	MLGA 0519	3.0	3.8	3.5	1.0	6.0	7.0
14	MLGA 0523	1.0	4.5	4.0	1.0	5.0	7.0
15	MLGA 0529	1.0	2.5	2.0	1.0	4.5	7.8
16	MLGA 0536	1.0	2.5	2.0	1.0	7.0	8.0
17	MLGA 0541	1.0	2.0	2.5	1.0	5.5	8.3
18	MLGA 0546	1.0	2.0	2.0	1.0	5.0	4.5
19	MLGA 0551	1.0	2.0	2.5	1.0	5.5	6.8
20	MLGA 0570	1.0	2.0	2.0	1.0	4.5	7.5
21	MLGA 0588	1.0	3.5	2.0	1.0	4.0	4.8
22	MLGA 0605	1.0	3.0	3.0	1.0	6.0	8.3
23	MLGA 0611	1.0	2.0	2.0	1.0	7.8	7.3
24	MLGA 0616	1.0	2.0	2.0	1.0	5.8	7.0
25	MLGA 0629	1.0	3.0	2.0	1.0	4.0	7.0
Average		1.2b	2.3a	2.6a	1.0c	5.3b	7.1a

Notes: DAS=Days After Sowing, S0: non-saline, S1: EC 5-6 dS/m, S2: EC 8-10 dS/m. Numbers in the same observation date followed by different letters indicate significantly different at LSD 5%. Score 1: normal, Score 2-3: low toxicity, 4-6: moderate toxicity, and 7-9: high toxicity symptoms.

toxicity symptoms presence in all accessions at S0, except MLGA 0211 and MLGA 0519 exhibited low toxicity that were probably susceptible to high soil pH (pH was 7.5 or slightly alkaline). All accessions showed low toxicity at salinity of S1 and S2, except one accession with moderate toxicity in S1 (MLGA 0523) and in S2 (MLGA 0479) (Table 3). The results indicated that all accessions up to 42 DAS were tolerant to salinity 8-10 dS/m, except MLGA 0523 and MLGA 0479 with moderately tolerant at salinity less than 5-6 dS/m and 5-6 dS/m, respectively.

At 87 DAS, all accessions showed moderate toxicity in S1, except two accessions with low toxicity (MLGA 0108 and MLGA 0361), and five accessions with high toxicity (MLGA 0211, MLGA 0222, MLGA 0513, MLGA 0536, and MLGA 0611). At salinity of S2, all accessions showed high toxicity, except five accessions (MLGA 0222, MLGA 0361, MLGA 0494, MLGA 0546, and MLGA 0588) with

moderate toxicity (Table 3). Variability of toxicity scores among accessions indicates their different tolerances to salinity. The result indicates that their salinity tolerance not only depend on the level of salinity, but also on the length of exposure. According to Singh *et al.* (2008), peanut genotypes with high susceptibility to saline conditions show toxicity symptoms at the beginning of their growth and earlier mortality, while tolerant genotypes persisted. Juwarno *et al.* (2018) reported that tolerant cultivar had tendency of increasing chlorophyll content as salinity increase, therefore it could maintain the green leaves.

Peanut Yield

Number and weight of filled pods, as well as weight of seeds significantly decreased as salinity increased. Number of filled pods, weight of filled pods, and weight of seeds at salinity S1 reduced by 89%, 89%, and 91%, respectively compared to control treatment, and they reduced by 100% at salinity of S2 (Table 4 and Table 5). The crop yield decrease as the salinity increase was due to the decrease of water uptake and photosynthetic ability

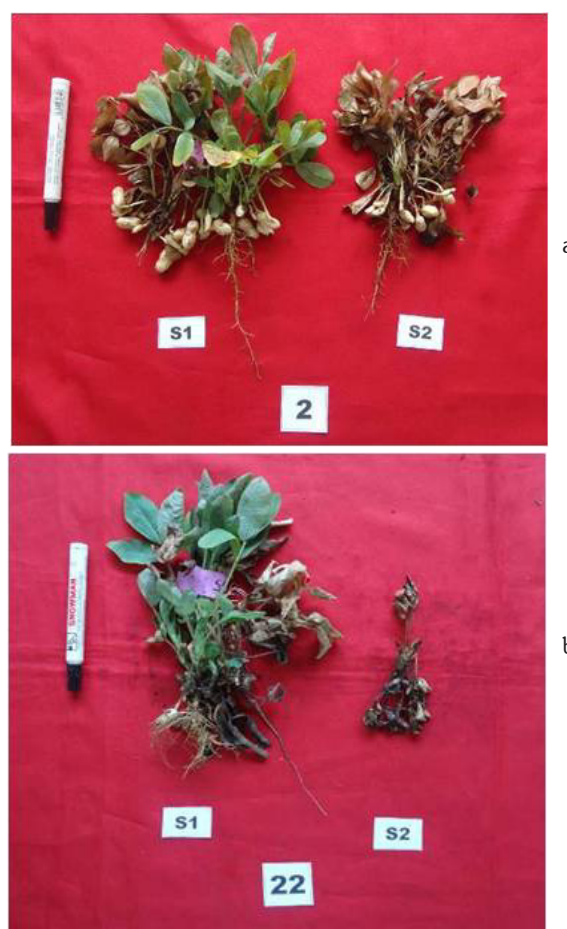


Figure 2. Performance of tolerant accession (a) and sensitive accession (b) at salinity of 5-6 dS/m (S1) and 8-10 dS/m (S2)

Table 4. Number and weight of filled pods, and seed weight of peanut accessions under three salinity levels. ILETRI 2018

Number	Accessions	Number of filled pods per plant			Weight of filled pods (g/plant)			Weight of seeds (g/plant)		
		S0	S1	S2	S0	S1	S2	S0	S1	S2
1	MLGA 0108	22	1	0	45.90	4.10	0.00	34.70	1.31	0.00
2	MLGA 0211	25	5	0	48.63	12.91	0.00	36.60	8.24	0.00
3	MLGA 0222	17	6	0	44.22	20.56	0.00	32.23	14.05	0.00
4	MLGA 0294	21	1	0	64.38	3.73	0.00	45.03	1.89	0.00
5	MLGA 0304	18	1	0	40.42	2.91	0.00	29.01	1.46	0.00
6	MLGA 0336	20	1	0	45.40	1.48	0.00	33.29	0.84	0.00
7	MLGA 0361	16	4	0	43.80	12.58	0.00	30.21	7.08	0.00
8	MLGA 0373	18	1	0	45.77	1.11	0.00	31.57	0.51	0.00
9	MLGA 0473	18	0	0	58.37	0.00	0.00	41.54	0.00	0.00
10	MLGA 0479	18	1	0	40.79	2.45	0.00	28.79	1.15	0.00
11	MLGA 0494	18	1	0	41.72	1.11	0.00	28.74	0.48	0.00
12	MLGA 0513	22	2	0	36.41	2.34	0.00	26.08	1.44	0.00
13	MLGA 0519	19	3	0	76.98	8.10	0.00	56.34	3.73	0.00
14	MLGA 0523	22	6	0	41.60	12.38	0.00	30.10	6.85	0.00
15	MLGA 0529	19	1	0	41.12	3.24	0.00	29.15	1.74	0.00
16	MLGA 0536	23	2	0	53.06	3.95	0.00	40.61	2.64	0.00
17	MLGA 0541	13	2	0	44.50	5.30	0.00	31.68	2.74	0.00
18	MLGA 0546	24	2	1	105.83	6.29	0.34	75.58	3.31	0.15
19	MLGA 0551	21	1	0	40.71	2.40	0.00	31.77	1.39	0.00
20	MLGA 0570	29	4	0	105.81	7.18	0.00	79.10	3.86	0.00
21	MLGA 0588	14	3	0	41.30	10.58	0.00	31.36	5.05	0.00
22	MLGA 0605	18	0	0	39.84	0.00	0.00	27.26	0.00	0.00
23	MLGA 0611	18	5	0	40.26	3.25	0.00	29.96	1.89	0.00
24	MLGA 0616	16	2	0	43.08	6.50	0.00	31.23	3.13	0.00
25	MLGA 0629	16	3	0	40.24	9.28	0.00	28.06	5.13	0.00
Average		19a	2b	0c	50.80a	5.75b	0.01 c	36.80a	3.20b	0.01c

Notes: S0: non-saline, S1: salinity of 5-6 dS/m, S2: salinity of 8-10 dS/m. Numbers in the same variable followed by different letters indicate significantly different at LSD 5%.

(Acosta-Motos *et al.* 2017). High salt concentrations decrease the osmotic potential of soil, which reduce the water uptake and disrupts the transport of water and nutrients, furthermore, water deficit causes a leaf turgor decrease at causes stomata closure and reduces stomatal conductance. This is the reason that high salt concentration is one of the factors limiting photosynthesis rates (Hniličková *et al.* 2017).

At salinity of S1, all accessions were able to form pods except MLGA 0473 and MLGA 0605. At salinity of S2, however all accessions were unable to form pods except MLGA 0546 with less pods and seeds (Table 4). This result showed that almost all of tested accessions survived and produced pods at soil EC of 5-6 dS/m, but failed to produce pods at EC of 8-10 dS/m since the plants exhibited severe saline toxicity (Figure 2).

Salinity Tolerance

Yield and yield component losses of all accessions were more than 80% as the salinity increased from

normal to 5-6 dS/m, except MLGA 0222 with 55% of yield and yield component losses (Table 5). In other words, all accessions were experiencing severe salt stress at salinity of 5-6 dS/m. However, four accessions (MLGA 0211, MLGA 0222, MLGA 0546, and MLGA 0570) were identified as tolerant under moderate salinity (EC 5-6 dS/m) based on its Stress Tolerance Index (STI) (Table 5). The high STI values in MLGA 0211 and MLGA 0222 related to less yield loss, while the other two accessions (MLGA 0546 & MLGA 0570) were related to their high yields under normal condition. MLGA 0211 was a local cultivar that was collected from Tegal, a district in Central Java which is located in the north coast area. The tolerant characterization of MLGA 0211 could be triggered from the origin location. MLGA 0222 was introduced from overseas with the name of Mani Blanco, while MLGA 0546 was introduced from ICRISAT India. MLGA 0570 was a line from collaborative research project with Ministry of Research and Technology. Two accessions (MLGA 0473 and MLGA 0605) were sensitive to salinity of

Table 5. The percentage of yield reduction and stress tolerance index (STI) of 25 peanut accessions at EC of 5-6 dS/m (ILETRI 2018)

Number	Accessions	Yield and yield component reduction compared to check (%)			STI of filled pods weight	STI of seeds weight	Classification
		Number	Filled	Seeds			
		of filled pods	pods weight	weight			
1	MLGA 0108	97	91	96	0.07	0.03	M
2	MLGA 0211	81	73	77	0.24	0.22	T
3	MLGA 0222	67	54	56	0.35	0.33	T
4	MLGA 0294	94	94	96	0.09	0.06	M
5	MLGA 0304	93	93	95	0.05	0.03	M
6	MLGA 0336	95	97	97	0.03	0.02	M
7	MLGA 0361	73	71	77	0.21	0.16	M
8	MLGA 0373	97	98	98	0.02	0.01	M
9	MLGA 0473	100	100	100	0.00	0.00	S
10	MLGA 0479	96	94	96	0.04	0.02	M
11	MLGA 0494	97	97	98	0.02	0.01	M
12	MLGA 0513	93	94	94	0.03	0.03	M
13	MLGA 0519	84	89	93	0.24	0.15	M
14	MLGA 0523	75	70	77	0.20	0.15	M
15	MLGA 0529	93	92	94	0.05	0.04	M
16	MLGA 0536	91	93	93	0.08	0.08	M
17	MLGA 0541	88	88	91	0.09	0.06	M
18	MLGA 0546	93	94	96	0.26	0.18	T
19	MLGA 0551	95	94	96	0.04	0.03	M
20	MLGA 0570	88	93	95	0.29	0.23	T
21	MLGA 0588	78	74	84	0.17	0.12	M
22	MLGA 0605	100	100	100	0.00	0.00	S
23	MLGA 0611	72	92	94	0.05	0.04	M
24	MLGA 0616	91	85	90	0.11	0.07	M
25	MLGA 0629	83	77	82	0.14	0.11	M

Notes: S=sensitive; M=moderate, T=tolerant.

5-6 dS/m which were indicated by its inability to produce pods (Figure 3). The ability to produce seeds in saline environment is an important indicator of salinity tolerance of peanut plant (Singh et al. 2008; Singh et al. 2010; Azad et al. 2014).

MLGA 0473 did not produce any pod at salinity level of 5-6 dS/m, but this accession had good vegetative growth, where leaves remained green with moderate toxicity score at 87 DAS. In contrast, MLGA 0211 and MLGA 0222 produced many pods, even though they showed high toxicity score at 87 DAS. This indicated two different mechanisms for dealing with salinity stress. The first mechanism was stress avoidance as shown MLGA 0473. The accession allocated more energy from photosynthesis to cope with stress and still growing. The second mechanism was stress escape as shown by MLGA 0211 and MLGA 0222 where these accessions accelerated their life cycle and used energy efficiently and resulted in higher pod yield. Therefore, MLGA 0473 is prospective to be used as a source of salinity

tolerant gene based on its survival in saline conditions, while MLGA 0211 and MLGA 0222 as sources of genes for the ability to produce pods. MLGA 0108 and MLGA 0361 were classified as moderate because of its low toxicity scores. Crossing with these accessions may improve the tolerance characters to saline soil.

Ratio of K and Na in Root and Shoot

Increasing salinity levels increase Na and reduce K concentration in peanut root and shoot (Aydin akir et al. 2015; Meena et al. 2018). Decreasing K content causes chlorosis or necrosis and inhibits the formation of peanut pods and seeds (Gopal 2012). The K/Na ratio represents dynamic relationship between K and Na uptake. The K/Na ratio in root and shoot in non saline soil was consecutively 3-6 and 5-7 folds higher than that at salinity of 5-6 dS/m (Table 6). This indicates that increasing salinity increases Na and reduces K uptake.



Figure 3. Pods and seeds performance of tolerant accession (left) and sensitive accession (right) at S0 (check) and S1 (salinity 5-6 dS/m). ILETRI 2018

Ratio of K/Na in shoot of tolerant accessions was higher than that in moderate and sensitive accessions, and in contrast for K/Na ratio in root. The ratio of K/Na in roots under saline condition was less than 1, which indicated that Na concentration was higher than K concentration. The K/Na ratio in root was lower than that in shoot which indicated there was an inhibition mechanism of Na distribution from root to shoot. The K/Na ratio in shoot of tolerant accessions was higher compared to that in moderate and sensitive accessions (Table 6). It seems that K/Na ratio in shoot is more appropriate as an indicator for salinity tolerance than that of K/Na in root. These results were in line with Singh *et al.* (2010; 2016). High selectivity for K^+ ions and restriction for Na^+ uptake are the parts of salinity tolerance mechanism (Chakraborty *et al.* 2013). Tolerant cultivar showed greater resistance in Na uptake and its further accumulation in different plant parts (Chakraborty *et al.* 2016).

Ratio of Na-root/Na-shoot in tolerant accessions was higher than that in moderate and sensitive accessions (Table 6). This indicated that there was inhibition mechanism of Na uptake as well as limitation of Na translocation from root to shoot, so that K/Na ratio in shoot remained high. Potassium in plant acts as a regulator and is a constituent of more than 65 different enzyme systems of drought tolerance and water use efficiency. Although potassium is not an essential component of cell structure, it regulates many biochemical processes which is essential for growth, development and seed production (Jha and Subranian 2016). The results also implied that Na-root/Na-shoot ratio as an effective indicator for salinity tolerance beside K/Na ratio in shoot.

Beside the ability to grow with low mortality can be categorized as tolerant, the most important indicator of tolerance in peanut plants is their ability

Table 6. Ratio of K/Na in root and shoot and ratio of Na-root/Na-shoot of peanut accessions with different salinity tolerance at 60 DAS, ILETRI 2018

Accessions	Toxicity score in S1 at 87 DAS	Category of tolerance based on STI	K/Na ratio in root		K/Na ratio in shoot		Na-root/Na-shoot ratio	
			S0	S1	S0	S1	S0	S1
MLGA 0211	7.8	Tolerant	2.70	0.74	44.67	5.34	8.30	3.70
MLGA 0222	7.8	Tolerant	2.47	0.89	35.17	5.84	12.20	5.40
MLGA 0546	5.0	Tolerant	2.61	0.79	18.00	7.46	3.80	3.20
Averages			2.59	0.81	32.61	6.21	8.10	4.10
MLGA 0361	3.0	Moderate	3.33	0.44	33.88	4.36	3.00	2.90
MLGA 0108	3.0	Moderate	2.49	0.74	33.17	3.79	9.80	1.20
MLGA 0611	7.8	Moderate	2.54	0.37	16.40	4.37	2.30	3.20
MLGA 0629	4.0	Moderate	3.62	0.37	25.60	2.50	2.90	3.30
Averages			3.00	0.48	27.26	3.76	4.50	2.65
MLGA 0605	6.0	Sensitive	4.79	0.90	29.89	4.31	3.20	1.70

Notes: S0: non saline; S1: salinity 5-6 dS/m; DAS: days after sowing.

to form pods and seeds (Singh *et al.* 2010; Azad *et al.* 2014). The accessions that were identified as tolerant based on their ability to form pods and seeds and withstand on the effects of salinity can be employed and integrated in peanut breeding for salinity tolerance. Moreover, genotypes with potential yield under normal condition also have potential tolerance in stress condition because it has a positive correlation with the yield under stress (Paula *et al.* 2019). On other hand, the ratio of Na-root/Na-shoot will be the new selection indicator of peanut tolerance to salinity stress. The identification of salt tolerant accessions in this study provides information that peanut is able to be cultivated in saline soil and potentially provide additional income for farmers.

CONCLUSION

Soil salinity of 5-6 dS/m was the highest salinity level where 23 accessions were able to grow and produce pods. At higher salinity (EC 8-10 dS/m), the accessions showed severe toxicity and were unable to produce pods and seeds. At EC of 5-6 dS/m, four accessions were identified tolerant (MLGA 0211, MLGA 0222, MLGA 0546, and MLGA 0570), two accessions were sensitive (MLGA 0473 and MLGA 0605), and 19 accessions were moderate. The tolerance mechanism of tolerant accessions was through inhibiting Na uptake and limiting translocation of Na to the shoots. The Na-root/Na-shoot ratio was the effective indicator of salinity tolerance beside K/Na ratio in shoot.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to acknowledge Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) for the research funding, and also to Ahmad Rofii and Wido Sendiko for the support during the research.

REFERENCES

- Acosta-Motos JR, Ortuño MF, Bernal-Vicente A, Diaz-Vivancos P, Sanchez-Blanco MJ, Hernandez JA. 2017. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanism. *Agronomy* 7(18): 1-38.
- Aydin akir K, Büyükta D, Dinç, N, Karaca C. 2015. Impact of salinity stress on growing, seedling development and waterconsumption of peanut (*Arachis hypogaea* cv. NC-7). *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergis* 28(2): 77-84.
- Azad MAK, Shah-E-Alam M, Hamid MA, Rafii MY, Malek MA. 2014. Combining ability of pod yield and related traits of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under salinity stress. *The Scientific World Journal* 589586: 1-7.
- Chakraborty K, Singh AL, Bhaduri D, Sairam RK. 2013. Mechanism of salinity stress tolerance in crop plants and recent developments. Pp 466-496. In: Hemantaranjan A. (Ed). *Advances in Plant Physiology* Vol. 14. Jodhpur: Scientific Publishers India.
- Chakraborty K, Bhaduri D, Meena HN, Kalariya K. 2016. External potassium (K⁺) application improves salinity tolerance by promoting Na⁺-exclusion, K⁺-accumulation and osmotic adjustment in contrasting peanut cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry* 103:143-153.
- Deshev MG, Desheva GN, Stamatov SK. 2020. Germination and early seedling growth characteristics of *Arachis hypogaea* L. under salinity (NaCl) stress. *Agric. conspec. sci.* 85(2): 113-121.
- Fernandez GCJ. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Pp 257-270. In Kuo CG (Ed). *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*. AVRDC Publication, Tainan, Taiwan.
- Gopal R. 2012. Impact of variable potassium on metabolism, oil, and seed quality of groundnut. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 43(19): 2504-2511.
- Hniličková H, Hnilička F, Martinková J, Kraus K. 2017. Effects of salt stress on water status, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of rocket. *Plant Soil Environ.* 63(8): 362–367.
- Jha Y, Subramanian RB. 2016. Regulation of plant physiology and antioxidant enzymes for alleviating salinity stress by potassium-mobilizing bacteria. Pp. 149–162. In: Meena VS, Maurya BR, Verma JP, Meena RS (Eds). *Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture*. Springer, New Delhi.
- Juwarno, Suparjana TB, Abbas M. 2018. Mahameru soybean (*Glycine max*) cultivar, high salinity tolerant. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education* 10(1):23-31.
- Kristiono A, Taufiq A. 2015. Toleransi varietas kacang tanah terhadap cekaman salinitas pada fase perkecambahan. Pp 634-642. In Kasno A, Adie MM, Rahmianna AA, Heriyanto, Suharsono, Yusnawan E, Tastra IK, Ginting E, Iswanto R, Harnowo D (Eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2014*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Ledesma F, Lopez C, Ortiz D, Chen P, Korth KL, Ishibashi T, Zeng A, Orazaly M, Florez-Palacios L. 2016. A simple greenhouse method for screening salt tolerance in soybean. *Crop Science* 56:1-10.

- Meena HN, Yada RS, Bhaduri D. 2018. Effects of potassium application on growth of peanut (*Arachis hypogaea*) and ionic alteration under saline irrigation. *Indian Journal of Agronomy* 63(1): 95-103.
- Mousa MAA, Al-Qurashi AD, Bakhshwain AAS. 2014. Ions concentration and their ratio in roots and shoots of tomato genotypes associated with salinity tolerance at early growth stage. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Science* 4(3): 586-600.
- Mulyani A, Kuncoro D, Nursyamsi D, Agus F. 2016. Analisis konversi lahan sawah: penggunaan data spasial resolusi tinggi memperlihatkan laju konversi yang mengkhawatirkan. *Jurnal Tanah dan Iklim* 40(2): 121-133.
- Nawaz K, Hussain K, Majeed A, Khan F, Afghan S, Ali K. 2010. Fatality of salt stress to plants: Morphological, physiological and biochemical aspects. *African Journal of Biotechnology* 9(34): 5475-5480.
- Paula I, Ovidiu P, Marin S. 2019. Evaluation of Drought Tolerance Indices and Nitrogen Fertilization for Some Groundnut (*Arachis Hypogaea* L.) Genotypes. *Agricultural Science* 1(1):18-29.
- Pratiwi H, Nugrahaeni N. 2018. Evaluasi ketahanan sumber daya genetik (SDG) kacang tanah terhadap tanah salin. Pp 182-188. Dalam Martiningsih A, Silfiani M, Nugroho WC (Ed). *Prosiding Seminar Nasional STPP Malang Membangun Kemandirian Korporasi Petani Indonesia Menuju Kedaulatan Pangan Berkelanjutan* (pp. 226-236). Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Malang.
- Purwaningrahyu RD, Taufiq A. 2018. Pemulsaan dan ameliorasi tanah salin untuk pertumbuhan dan hasil kedelai. *Jurnal Agronomi Indonesia* 46(2): 182-188.
- Purwaningrahyu RD, Sebayang HT, Syekhfani, Aini N. 2016. Tanggap fisiologis dan hasil biji berbagai genotipe kedelai terhadap cekaman salinitas. *Buletin Palawija* 14(1): 18-27.
- Putri PH. 2016. Metode penapisan kedelai toleran salinitas. *Iptek Tanaman Pangan* 11(1): 67-76.
- Rachman A, Subiksa IGM, Wahyunto. 2013. Perluasan Areal Tanaman Kedelai ke Lahan Suboptimal. Pp. 185-204. Dalam Sumarno, Suyamto, Widjono A, Hermanto, Kasim H. (Eds). *Kedelai: Produksi dan Pengembangan*. Puslitbangtan Bogor, Badan Litbang Pertanian.
- Sa FVS, Santos MG, Junior APB, Albuquerque JRT, Souza ARE, Ribeiro RMP. 2020. Tolerance of peanut (*Arachis hypogaea*) genotypes to salt stress in the initial phase. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 24(1): 37-43.
- Salwa, Hammad AR, Shaban KhA, Tantawy MF. 2010. Studies on salinity tolerance of two peanut cultivars in relation to growth, leaf water content. Some chemical aspects and yield. *Journal of Applied Sciences Research* 6(10): 1517-1526.
- Singh AL, Hariprassan K, Solanki RM. 2008. Screening and selection of groundnut genotypes for tolerance of soil salinity. *Australian Journal of Crop Science* 1(3): 69-77.
- Singh AL, Hariprasanna K, Chaudharia V, Gora HK, Chikania BM. 2010. Identification of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars tolerant of soil salinity. *Journal of Plant Nutrition* 33(12): 1761-1776.
- Singh AL, Hariprasanna K, Chaudhari V. 2016. Differential nutrients absorption an important tool for screening and identification of soil salinity tolerant peanut genotypes. *Indian Journal Plant Physiology* 21(1): 83-92.
- Sumarno. 2015. Status Kacang Tanah. Pp. 29-39. Dalam Kasno A, Rahmianna AA, Made Jana Mejaya I, Harnowo D, Purnomo S. *Kacang Tanah: Inovasi Teknologi dan Pengembangan Produk Malang: Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*.
- Taufiq A, Kristiono A, Harnowo D. 2015. Respon varietas unggul kacang tanah terhadap cekaman salinitas. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 34(2): 153-163.
- Vargas R, Pankova EI, Balyuk SA, Krasilnikov PV, Khasankhanova, GM. 2018. Handbook for saline soil management. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Lomonosov Moscow State University. (Retrieved from <http://www.fao.org/3/i7318en/I7318EN.pdf>).
- Yadav S, Irfan M, Ahmad A, Hayat S. 2011. Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review". *Journal of Environmental Biology* 32: 667-685.

The Role of Leaf Characters of Peanuts on Whitefly (*Bemisia Tabaci* Genn.) Infestation

Peran Karakter Daun terhadap Infestasi Kutu Kebul pada Kacang Tanah

Kurnia Paramita Sari^{1)*}, Nurul Aini²⁾, Bambang Tri Rahardjo²⁾

¹⁾ Indonesian Legume and Tuber Crops Research Institute

Jl. Raya Kendalpayak KM 8 Pakisaji Malang 65162.

²⁾ Faculty of Agriculture, Brawijaya University.

Jl. Veteran Ketawanggede, Lowokwaru Malang 65141

*E-mail: : adnina0312@gmail.com

NASKAH DITERIMA 2 DESEMBER 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 29 DESEMBER 2020

ABSTRAK

Kutu kebul *Bemisia tabaci* Genn. merupakan salah satu hama utama pada tanaman kacang tanah. Karakter morfologi tanaman merupakan pertahanan awal suatu tanaman dalam menghadapi serangan hama. Kesesuaian antara karakter morfologi daun dengan perilaku serangga hama menentukan peletakan telur oleh imago kutu kebul *B. tabaci*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter morfologi daun kacang tanah yang menentukan kepadatan populasi kutu kebul. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca pada Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi) mulai bulan Nopember 2019 hingga Februari 2020. Penelitian menggunakan 10 genotipe kacang tanah yang disusun berdasar rancangan acak kelompok (RAK) dan diulang tiga kali. Variabel pengamatan adalah karakter daun, tebal lapisan lilin, epidermis, mesofil, dan daun total, luas daun, kerapatan trikoma, panjang trikoma, jumlah vena, warna daun, kandungan klorofil, dan populasi imago pada 50, 60, dan 70 hari setelah tanam (HST). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tebal mesofil daun, tebal daun total, jumlah vena, dan panjang trikoma berbeda nyata antargenotipe serta menunjukkan korelasi positif dengan populasi kutu kebul. Sebagian besar genotipe kacang tanah mempunyai warna daun kuning kehijauan dengan kode 2880 U, dengan kandungan klorofil a, klorofil b, dan karotenoid pada daun masing-masing antara 86,65 – 160,73 mg/m², 64,43 – 99,70 mg/m², dan 690,82 – 1290,65 mg/m². Sidik Lintas menunjukkan bahwa tebal daun, tebal mesofil, dan panjang trikoma berpengaruh langsung pada populasi kutu kebul, sedangkan jumlah vena berpengaruh tidak langsung. Dengan demikian, daun yang tebal dengan mesofil tebal, memiliki lapisan lilin dan trikoma panjang serta jumlah vena rapat lebih disukai imago kutu kebul untuk meletakkan telur.

Kata kunci: *Arachis hypogaea* L., *Bemisia tabaci* Genn, karakter daun

ABSTRACT

Whitefly *Bemisia tabaci* Genn. is one of the major insect pests in peanut. Morphological characters of the plants are important as the initial plant defence against

this insect pest attack. Compatibility between the plant morphology and insect behaviour would dictate the egg-laying process by adult whitefly. The objective of this study was to identify the morphological leaf characters of peanut genotypes, which would determine the whitefly population. The activity was done at Iletri's greenhouse from November 2019 to February 2020. The treatments were ten peanut genotypes, which were arranged in a randomized block design with three replicates. Leaf characters i.e. the thickness of wax surface, epidermis, mesophyll, and total leaf were observed. Other variables, such as leaf area, trichome density, trichome length, vein density, leaf color, and chlorophyll content, as well as whitefly population at 50, 60, 70 days after sowing (DAS) were also recorded. The results showed that the mesophyll and leaf thickness as well as the trichome length and vein density were significantly different among genotypes and those variables positively correlated with whitefly population. The dominant leaf colour was detected at 2880 U code, which referred to yellowish green color. The *a* chlorophyll, *b* chlorophyll, and carotenoid contents ranged from 86.65 to 160.73 mg/m², 64.43 to 99.70 mg/m², and 690.82 to 1290.65 mg/m², respectively. Whitefly population was directly and strongly affected by the thickness of leaf and mesophyll, and trichome length, while it was indirectly affected by the vein numbers. Any peanut genotype with thick leaves, thick mesophyll, waxy surface, and long trichomes as well as dense veins were preferred by adult whitefly insect pests for laying their eggs.

Keywords: *Arachis hypogaea* L., *Bemisia tabaci* Genn, leaf characters

INTRODUCTION

Peanut production in Indonesia has not been sufficient to meet the national demand. A number of biotic and abiotic factors limit the pod yields. Foliar diseases i.e rust (caused by *Puccinia arachidis* Speg.) and late leaf spot (caused by *Cercospora arachidicola*), as well as bacterial wilt (caused by *Ralstonia solanacearum*) are the prevalent biotic

factor that seriously reduce pod yields. Recently, sucking pests and pod eater pests are becoming an important biotic limiting factor in peanuts (Al-Saleh *et al.* 2007; Branch and Brenneman 2015; Lassiter *et al.* 2016). Thrips is the main sucking-insect pest with huge yield reduction as a result of direct attack (sap sucking) and indirect attack through its role as vector of *Tomato Spotted Wilt Virus* (Al-Saleh *et al.* 2007; Branch and Brenneman 2015; Lassiter *et al.* 2016). Instead of thrips, root nematode is also important pest with serious pod yield reduction (Lassiter *et al.* 2016). Whitefly is known as vector of viral diseases in peanut plants. The presence of whitefly in peanut plants that resulted in a big yield loss was firstly recognized in India and Florida, USA in 1986 and 1987, respectively (Lynch and Simmons 1993; Perring *et al.* 1993; McAuslane *et al.* 1995), and this insect pest seriously damage peanut crops (Hilje and Stanley 2008; Barbedo 2014). This huge loss of pod yield is the main reason for peanut breeders in Florida, USA to breed a new variety of peanut tolerant to whitefly (McAuslane *et al.* 1995). In recent 12 years, whitefly is becoming an important insect pest for peanut crops in Indonesia because its attack resulted in big yield losses and gave the maximum pod yield of 0.75 t/ha (Kasno 2015).

Whitefly is an important pest for soybean in Indonesia and severe whitefly attack resulted in totally yield loss of soybean grains (Inayati dan Marwoto 2012). This huge yield loss of 85-100% also occurred for soybean in India (Marabi *et al.* 2017). *B. tabaci* is highly polyphagous insect pest as it is infesting various crops such as food crops (soybean, peanut), ornamental crops, vegetable crops (tomato, radish) and cotton.

Bemisia tabaci belongs to Ordo Hemiptera, Family Aleyrodidae. The life cycle of *B. tabaci* is started from eggs which then hatched and develop to nymphs. The nymphs grow and then develop to pupae that stay for some days before they turn to adult insect. The whitefly metamorphosis is ultimately affected by weather especially air temperature and relative humidity (Gerling 1990; Barbedo 2014). During development stages, whitefly actively feed the phloem saps of leaves and excrete a large amount of sugary rich honeydew which is a complex mixture of sugars, organic acids, amino acids, and some lipids (Leroy *et al.* 2011).

As a sap sucking pest, whitefly imposes both direct and indirect damage of host plants by direct feeding as well as vector for a number of viruses (Hilje and Stanley 2008; Inbar and Gerling 2008; Wang *et al.* 2017). When the nymphs and adults whiteflies suck the phloem sap of leaves, it directly affects

biochemical, physiological, and growth processes of host plants (Bacci *et al.* 2007; Hilje and Stanley 2008; McAuslane 2018), and excrete a large amount of honeydew which is an excellent medium for microbial growth. This organic compound also helps the development of sooty or black mold at the upper leaves surface thus reduces host plant photosynthesis (Mizaki *et al.* 2013; Tsueda *et al.* 2014).

There are three resistance mechanisms of plants to pest infestation: antixenosis, antibiosis, and tolerance. Antixenosis or non-preference has an effect on insect behaviour as it consists of physical barrier presence in host plants such as trichome density, leaf thickness and hardness, and thorn (Lopez-Castillo *et al.* 2018). Suitability between plant morphology and insect has effect on continuity of insect life (Khalil 2015; Cheng 2018).

The development of whitefly population in plants is determined by the compatibility between whitefly behaviour and the host plants. Whiteflies will choose a host plant for laying eggs, feeding, and developing life stages. The host selection is a critical phase for whiteflies. In general, the selection process of host plant consists of three steps which are a) selection before landing. In this initial step, whiteflies are guided by visible colour for choosing or determining the host plants as they are attracted in dark yellow/green colours. For this activity, *olfactory* and *gustatory* of whiteflies body play a role; b) selection after landing. This activity is done by using its stylet. The stylet will penetrate into the leaves through stomata, makes an intracellular movement in mesophyll tissues, which is causing plasmolysis of parenchyma cells, and it stops at the phloem tissues; and c) selection for feeding and laying eggs. In laying eggs, female whiteflies choose the young leaves, and eggs are dominantly laid onto the lower leaf surface. This is probably based on the differences in chemical content of the leaves (Painter, 1951; Gerling, 1990; Smith, 2005; Walker *et al.* 2010).

Once whiteflies infest the host plants, the plants make a respond by using their defence attributes either morphological attributes or chemical compounds. The morphological characters such as the colour, thickness, and hardness of leaves, waxy cuticle, the thickness of leaf epidermis cells, phloem tissue density, and leaf trichomes are the first direct defence system of plants and serves as repellent, insect trap, toxin, anti-feedant that affect insect biology (War *et al.* 2012; Wang *et al.* 2017). Leaf colour is one of plant components that crucial in attracting insect pests, and it should be used as the main selection criteria developing peanut leaf colour associated with egg-laying (Cheng *et al.* 2018).

The cuticle layer has a structure composed of covalently bonded macromolecules derived from chitin and various lipids called wax layers (Yeats and Rose 2013). Cuticle tissue is used as a defence tool of peanut plants from insect attack. Trichome which is derived from the elongated epidermal cell plays a role in plant resistance to insect pests. Trichome types are consisting of glandular and non-glandular shapes (Bickford, 2016). The objective of the research was to identify the morphological leaf characters of peanut genotypes determining the whitefly population.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted from November 2019 until January 2020 at a greenhouse of Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute (Iletri) in Malang, East Java Province, Indonesia. A randomized block design with three replicates was applied, where ten peanut genotypes (Table 1) used as treatment.

Growing media for plants consisted of a mixture of soil and organic fertilizer with 6:1 ratio (v/v) and 7 kg of mixed soils was packed in a 25 × 30 cm polybag for each treatment. Two to three peanut seeds of each genotype were sown in a polybag and fifteen days later, thinned into one plant in each polybag. All 30 polybags (10 genotypes × 3 replicates) were placed in a (2 m × 2 m × 2 m) screen cage, where every 10 polybags (10 genotypes) were put in a group, so there were 3 groups which represented 3 replications.

Two months prior whiteflies infestation, it was reared on cotton plants in a screen cage (2 m × 2 m × 2 m) to obtain a similar age of *B. tabaci* imago with enough amounts of population of at least 1200 adults as a number of 40 adults whitefly would be infested in each polybag. New adult of *B. tabaci* from

rearing then were infested to 45 days old peanut plants for four days according to method proposed by Vieira *et al.* (2011). The air temperature and relative humidity of greenhouse was maintained at around 30°C and 60%, respectively.

The observation at 40 - 45 DAS was done on leaf characters that consisted of leaf colour, chlorophyll content, leaf thickness, leaf hardness, trichome density, trichome length, trichome shape, vein number and leaf area. Whilst the number of eggs, nymphs, and pupae of *B. tabaci* were observed every 10 days interval starting at 50 up to 70 DAS. The observations were done at the oldest leaf in the main stem from four different plants for each treatment. Those observations used the binocular microscope.

Leaf colour was observed using a colour-chart method proposed by The Plus Series Pantone. The first tetrafoliate at the main stem that has been fully opened was used for that observation (Figure 1). The chlorophyll content was measured using a spectrophotometer following a method of Lichtenthaler (1987). The quantitative determination of chlorophyll (Chl) *a*, Chl *b*, and carotenoids in a whole pigment extract of green plant tissue was determined using spectrophotometer in 470 nm of wave length. Leaf thickness consists of wax surface, epidermis cell, and the mesophyll. Were measured from three leaves from every plants. Leaves samples were transversally cut by microtome then observed under binocular microscope. Leaf hardness was measured using a penetrometer. Samples were taken from the oldest tetrafoliate on the lowest part of the main stem with three leaves from every plant. Samples for trichome observation had the similar criteria with leaf hardness. Number of trichomes was observed on certain area under binocular microscope as well as its shape and length. Trichome shape was grouped into glandular and non-glandular. Number of secondary veins and their distances were observed from the lower leaf surface. Leaf samples were taken from fully opened tetrafoliate in the top, middle, and bottom of the main stem. Every sample was photographed using a camera then the leaf area was observed using software ImageJ.

Statistical analyses were carried out using SAS® software developed by SAS Institute. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) to test the significance (at $P < 0.05$) of observed parameters among peanut genotypes. The means were compared using the Least Significant Difference Test (LSD). Morphological leaf characters were compared across genotypes and correlations

Table 1. List of peanut genotypes used in experiment. ILETRI greenhouse, growing season November 2019-January 2020

Code	Genotype	Type
G1	TI/T3-12-C-174-85-30-20	Spanish
G2	GH5-116-21	Spanish
G3	Tk1/Mcn-12-C-2-11-146-231	Spanish
G4	Tk1/Mcn-12-C-2-5-140-163	Spanish
G5	Tasia 1 cultivar	Spanish
G6	Tasia 2 cultivar	Spanish
G7	Talam 1 cultivar	Spanish
G8	Takar 2 cultivar	Spanish
G9	Domba cultivar	Valencia
G10	Singa cultivar	Valencia



Figure 1. Leaf peanut position use for sample observation (source: personal photo).

were used to identify a possible relation between whitefly population and leaf characteristics of different genotypes. Path analysis was used to identify direct and indirect effects between whitefly population and leaf characters of different genotypes.

RESULTS AND DISCUSSION

Whitefly population on peanuts

Whitefly population consisted of eggs, nymphs, and pupae were found at a leaf, and fluctuated the population densities among peanut genotypes (Table 2). First observation showed that there was no significant different on population of whitefly between genotypes, but the population increased at the second and third observation. At 60 DAS, the highest population was showed at G9 (34.33 insects/tetrafoliate), while the lowest was found at

G6 (8.89 insects/tetrafoliate) and G7 (8.44 insects/tetrafoliate). At 70 DAS, whitefly population in genotypes G8, G9, and G10 increased rapidly, while G7 showed consistently lowest population in all observation date.

There were differences in population pattern among genotypes. Six genotypes (G1, G3, G4, G7, G9 and G10) showed an increasingly whitefly population in line with plant age. Otherwise, whitefly population on G8, G9, and G10 genotypes started to increase at 70 DAS. The other four genotypes (G2, G5, G6 and G8) showed reducing population at 60 DAS, but it was increased at 70 DAS. Only G3 had relatively steady population from 50 until 70 DAS. Whitefly infestation caused abnormal leaf growth such as curly and necrotics, and also produced honeydew covering the upper leaf surface. That influenced photosynthesis process on peanut.

Table 2. Number of eggs, nymphs, and pupae at 50, 60, and 70 DAS of infested peanut genotypes. ILETRI greenhouse, November 2019-January 2020

Code	Genotype	Population		
		50 DAS	60 DAS	70 DAS
G1	Tl/T3-12-C-174-85-30-20	10.67	14.45	30.78 c
G2	GH5-116-21	12.78	10.55	21.82 c
G3	Tk1/Mcn-12-C-2-11-146-231	13.44	13.99	14.09 c
G4	Tk1/Mcn-12-C-2-5-140-163	7.33	9.99	13.90 c
G5	Tasia 1 cultivar	10.34	10.22	17.03 c
G6	Tasia 2 cultivar	12.66	8.89	15.95 c
G7	Talam 1 cultivar	4.67	8.44	12.32 c
G8	Takar 2 cultivar	29.33	25.78	143.97 a
G9	Domba cultivar	13.56	34.33	117.13 ab
G10	Singa cultivar	7.78	18.67	77.58 b
Average		12.26	15.53	46.46
Genotype effect		ns	ns	**
LSD		19.41	16.95	42.91
CV (%)		36.39	26.11	26.50

Note: number followed by different letters were significantly different significantly different st $p=0.01$; ns = no significant. LSD = Least Significant Different

Table 3. Chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids contents on leaf of peanut genotypes. ILETRI greenhouse, November 2019-January 2020

Code	Genotype	Chlorophyll a (mg/m ²)	Chlorophyll b (mg/m ²)	Carotenoids (x+c)	Ratio (a+b)/(x+c)
G1	TI/T3-12-C-174-85-30-20	10.46	7.26	61.79	0.29
G2	GH5-116-21	11.26	7.38	68.80	0.27
G3	Tk1/Mcn-12-C-2-11-146-231	10.25	6.44	60.09	0.28
G4	Tk1/Mcn-12-C-2-5-140-163	9.80	6.80	65.95	0.25
G5	Tasia 1 cultivar	9.48	8.24	65.95	0.27
G6	Tasia 2 cultivar	14.97	9.97	94.93	0.26
G7	Talam 1 cultivar	11.77	7.59	69.89	0.28
G8	Takar 2 cultivar	16.07	9.81	97.70	0.26
G9	Domba cultivar	11.03	7.31	64.98	0.28
G10	Singa cultivar	8.67	8.57	50.92	0.34

Table 4. The thickness of wax surface, epidermis, mesophyll, and leaf of peanut genotypes. ILETRI greenhouse growing season November 2019-January 2020

Code	Genotype	Thickness (μm)			
		Wax surface	Epidermis	Mesophyll	Leaf total
G1	TI/T3-12-C-174-85-30-20	1.00	1.77	18.1 de	24.9 d
G2	GH5-116-21	1.00	1.98	21.3 a	29.0 a
G3	Tk1/Mcn-12-C-2-11-146-231	1.00	1.91	18.6 cde	25.7 d
G4	Tk1/Mcn-12-C-2-5-140-163	1.17	1.95	20.1 cd	28.3 abc
G5	Tasia 1 cultivar	1.00	1.86	18.0 de	25.4 d
G6	Tasia 2 cultivar	1.00	1.95	17.7e	26.1 cd
G7	Talam 1 cultivar	1.07	1.92	18.4 cde	26.7 bcd
G8	Takar 2 cultivar	1.00	1.99	19.2 bcde	28.2 abc
G9	Domba cultivar	1.09	1.75	20.8 ab	28.4 ab
G10	Singa cultivar	1.00	2.00	19.6 abcd	28.0 abc
Average		1.04	1.91	19.2	26.0
effect of genotype		ns	ns	**	**
LSD		-	-	1.73	2.20
CV (%)		7.99	8.45	6.21	5.60

Note: number followed by different letters were significantly different ($p > 0.05$). **, ns = significantly different at $p = 0.01$; ns = no significant. LSD = Least Significant Different

Leaf characters of peanut

Leaf colour was grouped base on *colour chart* from The Plus Series Pantone (Pantone.com. 2020). Nine genotypes showed similar colour with 2280 code in colour chart. This code represents yellowish green colour arranged from yellow 012 (39.40%), green (25.48%), black (10.12%), and trans-white colour (25.00%). Only one genotype, G9, showed different leaf colour, coded 2279, that arranged from yellow 012 (30.44%), green (19.68%), black (7.82%), and trans-white (42.06%). This genotype showed a lighter leaf colour than the other nine genotypes.

Chlorophyll consists of three different types namely chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids. All genotypes variated on chlorophyll a, chlorophyll

b, and carotenoid content. Chlorophyll a content varied from 8.67 to 16.07 mg/m², while chlorophyll b content varied from 6.44 to 9.81 mg/m², and carotenoids content was 50.92 to 69.89 mg/m² (Table 3). The chlorophyll content ratio of every genotype, which was the ratio between chlorophyll a and b, ranged from 0.019 to 0.025. The ratio of chlorophyll a and b to total carotenoids $(a+b)/(x+c)$ is an indicator of the greenness of leaves. Normally the ratio value ranged between 4.2 and 5 in sun loving and sun-exposed plants, and between 5.5 and 7.0 in shade lovers and shade-exposed plants. Lower values are indicator of senescence, stressed, and damage of the plant and photosynthetic apparatus (Lichtenthaler and Buschmann 1987).

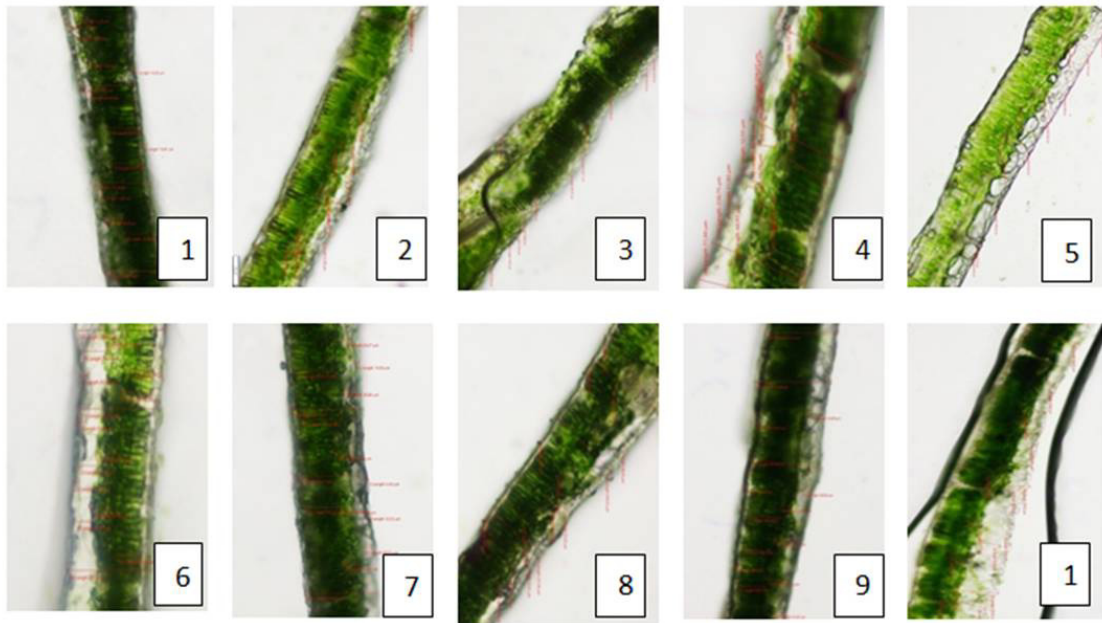


Figure 2. Transversal view of leaf anatomy of peanut genotypes

Peanut leaves consist of wax surface, epidermis surface, and mesophyll. There was no significant difference on wax surface between genotypes tested, ranged 0.0100 to 0.0117 mm. Similar to wax surface, epidermis thickness was also not significantly different, ranged 0.0175 to 0.0200 mm (Table 4).

Mesophyll thickness was significantly different among genotypes and genotype G2 showed the thickest mesophyll, while G5 was the thinnest. Leaf thickness that arranged from wax surface, epidermis cell, and the mesophyll varied among genotypes. G2 had the thickest leaf followed by G8, G9, and G10. G1 showed the thinnest leaf followed by G3, and G5 (Table 4 and Figure 2).

There was no significant difference of leaf hardness among genotypes. The leaf hardness ranged between 0.14 and 0.19 Kgf. The hardest leaf was observed in genotype G4 (Table 5). The leaf hardness correlated with the number of guard cells (Table 8).

Trichome density did not affect whitefly population. Trichome density of peanut genotypes ranged from 1.33 to 4.00/square view. Similar to trichome density, trichome length showed none significantly difference between genotypes. Two genotypes, G2 and G7, showed shorter trichomes compared to the other genotypes, while G9 showed the longest trichome (Table 6). All genotypes had identical shape of trichome that was glandular (Figure 3).

Veins arrangement (venation) that consist of numbers of secondary vein and its distance varied among genotypes, but the significant different only

showed on vein distance, which has tighter veins. Genotype G1 showed large vein space of 13.60 mm, followed by G7 (13.42 mm), while G2 and G9 showed narrower space vein of 8.47 mm and 7.75 mm respectively (Table 7).

Leaf area was significantly different among genotypes. Genotype G8 presented largest leaf area (13.40 cm²), while G5 showed the narrowest leaf area. Beside of narrow leaf area, the genotypes of G1, G3, and G5 also had thin leaf.

Correlation between leaf characters and whitefly population

Leaves characters such as leaf thickness, wax surface, mesophyll thickness, and trichome length had positive correlation with whitefly population. Moreover, there was correlation between leaf anatomy and leaf morphology. For example, leaf thickness was positively correlated with mesophyll thickness ($r = 0.695^{**}$) and with the vein number ($r = 0.465^{**}$). Mesophyll thickness had positive correlation with vein number ($r = 0.449^{*}$). Besides being positively correlated, some leaf characters also showed negative correlations. For example epidermal thickness was negatively correlated with vein number ($r = -0.4^{*}$). Trichome number was negatively correlated with leaf area as well as trichome length with vein space ($r = -0.369^{*}$ and $r = -0.378^{*}$). It means, whitefly prefer thicker leaf with thicker mesophyll and wax surface as well as longer trichome (Table 9). This finding confirmed to the work done by Khalil *et al.* (2017), that adult whitefly population positively correlated with hair density of leaf lamina

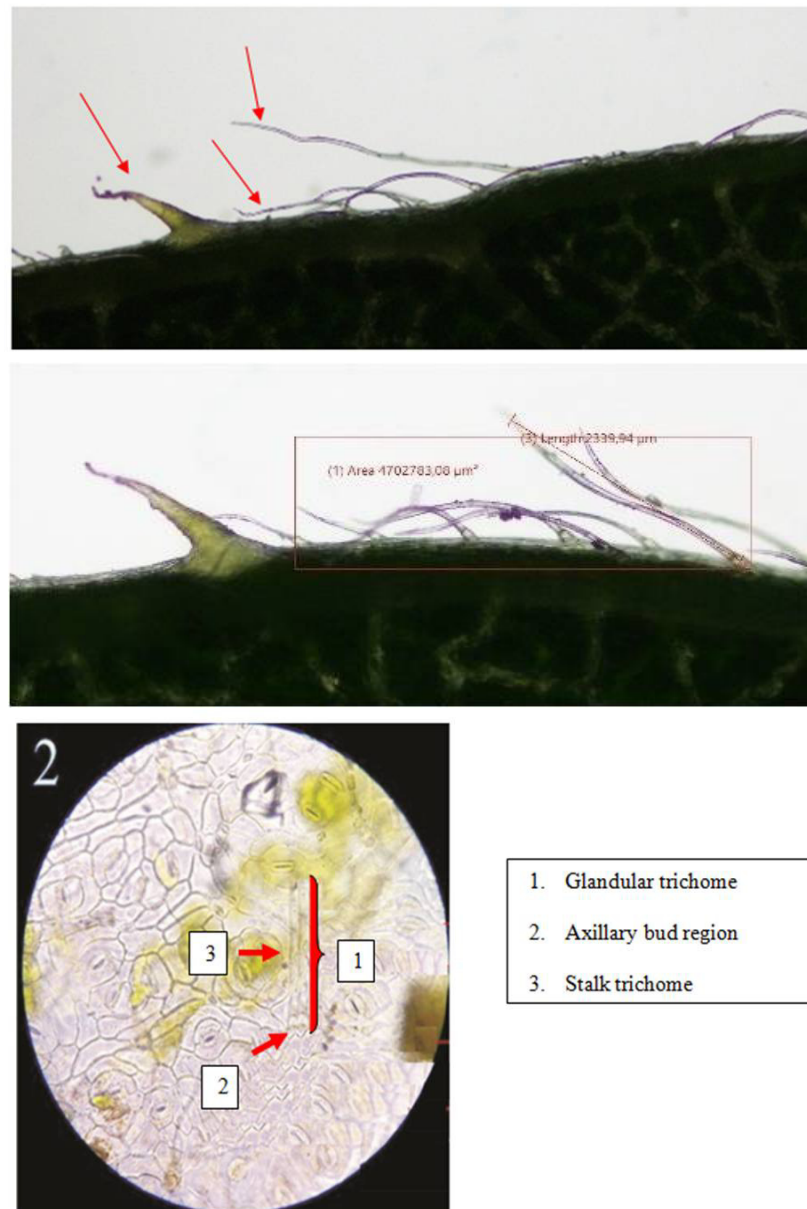


Figure 3. Trichome shape, trichome view area and stipitate trichome type

and vein. However, Zia *et al.* (2011) found that trichome length negatively correlated with whitefly population in midrib.

Path analysis was performed to find out the direct and indirect effect of leaf morphology and anatomy on whitefly population (Table 10). Leaf thickness, wax surface, mesophyll thickness, and trichome length showed high and positive direct effect, while vein number showed high but negative direct effect. According to Singh and Chaudary (1979), if the coefficient between x and y is almost as high as the direct effect, then the coefficient t was truly measures the correlation between x and y , therefore the selection base on x is precise. If the coefficient correlation between x and y is positive but the direct effect is negative, then the indirect effect is the cause

of the correlation. In this case, leaf thickness, wax surface, mesophyll thickness, and trichome length have closely correlation with whitefly population and those four characters were recommended for forecasting the whitefly population determinant. However, vein number character could be ignored to whitefly population forecast because had negative direct effect.

Generally, genotypes that showed high whitefly population have a thick leaf and this character become plant defence tools against pest attack. In contrast, whitefly prefers a thick leaf. Khalil *et al.* (2017) reported that leaf thickness has positively correlated with nymph and adult thrips on cotton plants. Thick leaf is preferred because whiteflies are from Ordo Hemiptera that has stylet to suck phloem

Table 5. Leaf hardness of 10 peanut genotypes. ILETRI greenhouse, November 2019-January 2020

Code	Genotype	Leaf hardness(Kgf)	Code	Genotype	Leaf hardness(Kgf)
G1	TI/T3-12-C-174-85-30-20	0.15	G6	Tasia 2 cultivar	0.15
G2	GH5-116-21	0.16	G7	Talam 1 cultivar	0.15
G3	Tk1/Mcn-12-C-2-11-146-231	0.14	G8	Takar 2 cultivar	0.17
G4	Tk1/Mcn-12-C-2-5-140-163	0.19	G9	Domba cultivar	0.15
G5	Tasia 1 cultivar	0.17	G10	Singa cultivar	0.16
Average		0.16 ^{tn}			
LSD 5%			-		
CV(%)		10.62			

Note: ns = no significant different. LSD = Least Significant Different

Table 6. Trichome density and shape of peanut genotypes. ILETRI greenhouse, November 2019-January 2020

Code	Genotype	Trichome density/view area	Trichome length (mm)	Trichome type
G1	TI/T3-12-C-174-85-30-20	2.33	0.783	Glandular
G2	GH5-116-21	3.00	0.765	Glandular
G3	Tk1/Mcn-12-C-2-11-146-231	3.67	0.783	Glandular
G4	Tk1/Mcn-12-C-2-5-140-163	4.00	0.802	Glandular
G5	Tasia 1 cultivar	1.33	0.795	Glandular
G6	Tasia 2 cultivar	2.33	0.800	Glandular
G7	Talam 1 cultivar	2.33	0.761	Glandular
G8	Takar 2 cultivar	1.33	0.796	Glandular
G9	Domba cultivar	2.00	0.837	Glandular
G10	Singa cultivar	3.67	0.779	Glandular
Average		1.68	0.790	
CV (%)		30.71	5.709	

to get nutrition. After landing in leaf surface, stylet sucks epidermis tissue until reaches the phloem. During this process, whitefly stylet makes watery saliva that arranged from effectors consists of COO₂. Effectors were placed in mesophyll tissue, therefore thick mesophyll tissue has a lot of COO₂ that preferred by the whitefly. Watery saliva has a function to strengthen the stylet as well as for stylet protection (Hogenhout and Bos 2011). Mesophyll also important in photosynthesis process because has function as a diffusion site for CO₂ from substomatal organ to carboxylase in the chloroplast. Thicker mesophyll resulted in higher CO₂ diffusion compared to thin mesophyll that affecting the photosynthesis result and whitefly preferences.

Leaves also contain many guard cells that has dense cytoplasm that are formed from abundant little vacuoles (Slewiniski *et al.* 2013). In the thinner leaf, the vacuoles become denser that will form harder leaf because it contained sclerophyll, and it plays an important role in plant defence against herbivore by reducing leaf palatability and digestion therefore reducing the tissue damage (War *et al.* 2012).

Wax surface affected the whitefly population through decline the water loss on nonstomatal tissue, as a guard in transpiration process, and as a part to defence insect/pathogen attack (Guhling *et al.* 2005; •nidarèiè *et al.* 2008). Wax surface content was affected by plant species, ontogeny, and environmental growth condition. Wax surface contents were derivated from fatty acid, alkaline, aldehyde, alcohol, acetone and ester. In other species, wax surface derived from secondary metabolites *i.e.* pentacyclic terpenoid, flavanoid, and tocopherol (•nidarèiè *et al.* 2008; Yeats dan Rose 2013). This present study showed that wax surface on leaf had positive correlation with trichome length therefore, it affected the whitefly population. Path analysis showed that direct effect from the wax surface was supported by indirect effect trichome length and the value is 0—393>0—255. Therefore, trichome length was dominantly affected the whitefly population. Longer trichome helps the adult whitefly to laying eggs. Longer trichomes also protect eggs from natural enemies attack and maintain the high temperature for eggs hatching. This condition is favourable for whitefly where longer trichome is preferred for laying eggs (Al Bitar *et al.* 2014;

Table 8. Vein distance, vein number and leaf area of 10 peanut genotypes. ILETRI greenhouse, November 2019-January 2020

Code	Genotype	Vein distance(mm)	Vein number	Leaf area (cm ²)
G1	TI/T3-12-C-174-85-30-20	13.62 a	16.67	6.39 g
G2	GH5-116-21	8.47 c	19.00	8.39 de
G3	Tk1/Mcn-12-C-2-11-146-231	12.22 ab	17.33	6.71 fg
G4	Tk1/Mcn-12-C-2-5-140-163	9.58 bc	19.67	7.53 ef
G5	Tasia 1 cultivar	10.55 abc	17.67	6.08 g
G6	Tasia 2 cultivar	8.86 bc	18.00	8.45 de
G7	Talam 1 cultivar	13.43 a	18.00	11.20 b
G8	Takar 2 cultivar	9.01 bc	18.67	13.40 a
G9	Domba cultivar	7.75 c	20.66	8.87 cd
G10	Singa cultivar	9.33 bc	17.00	9.66 c
Average		10.28	18.26	8.67
Effect of genotype		*	ns	**
LSD		3.722	-	0.96
CV (%)		9.66	9.65	12.56

Note: number followed by different letters were significantly different ($p > 0.05$). *, ** = significantly different at $p = 0.05$; $p = 0.01$; ns = no significant. LSD = Least Significant Different

Table 9. Correlation between leaf morphology characters of peanut genotypes with whitefly population. ILETRI greenhouse, November 2019-January 2020

Character	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	Y
X1	1.00	0.346	0.120	0.695**	-0.030	-0.100	-0.034	-0.305	0.465**	0.257	0.427*
X2		1.00	0.128	0.229	0.032	0.165	0.393*	-0.117	0.200	-0.026	0.18*
X3			1.00	-0.019	0.213	0.274	0.076	-0.183	-0.403*	-0.082	0.044
X4				1.00	0.151	0.139	0.096	-0.314	0.449*	-0.106	0.398*
X5					1.00	0.188	0.264	-0.220	0.103	-0.272	0.122
X6						1.00	0.092	0.035	-0.026	-0.369*	-0.185
X7							1.00	-0.378*	0.265	0.060	0.380*
X8								1.00	-0.332	0.91	-0.282
X9									1.00	0.169	0.198
X10										1.00	0.162
Y											1.00

Note: X1 = leaf thickness, X2 = wax surface, X3 = epidermal thickness, X4 = mesophyll thickness, X5 = leaf hardness, X6 = trichome number, X7 = trichome length, X8 = vein space, X9 = vein number, X10 = leaf area, Y = whitefly population, ** = significant at 0.01 level, * = significant at 0.05 level.

Wagner dan Doak 2017). In otherwise, length trichome has negative correlation with light absorbance. The longer the trichome, the lower the light absorption and whitefly preferred to low light intensity (Bickford 2016). In addition, trichome length has negative correlation with vein number. It means narrow space vein then vein number is high 20.66 (G9). The whitefly population on genotypes that had many veins also higher because veins were used to egg-laying.

Trichome length was negatively correlated with the vein number and vein space. Sharma and Singh, (2002) reported that trichome density has negative correlation with vein number and not correlated with leaf hopper eggs-laying. In this research, peanut

genotypes showed narrow vein space and then the vein number was high. At peanut genotype that showed higher whitefly population, the vein numbers were higher too. This indicate that vein number was important for whitefly for laying eggs. The similar argument supported by Sharma and Singh (2002), that main vein number, lateral vein, and sub lateral vein have positive correlation with leaf hopper eggs-laying.

Longer trichome and narrow leaf also supported with the glandular type of trichome. Glandular type showed by trichome that growing at out epidermis tissue. This type consists of two or more cells and has variation in its shape and size. Glandular type trichome has three variations shape *i.e.* peltate,

Table 10. Path analysis direct and indirect effect of leaf morphology of leaf peanut and whitefly population. ILETRI greenhouse, November 2019-January 2020

Character	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	Y
X1	0.215	0.346	0.120	0.695	-0.030	-0.100	-0.034	-0.305	0.465	0.257	0.427*
X2	0.346	0.255	0.128	0.229	0.032	0.165	0.393	-0.117	0.200	-0.026	0.418*
X3	0.120	0.128	-0.97	-0.019	0.213	0.274	0.076	-0.183	-0.403	-0.082	0.044
X4	0.695	0.229	-0.019	0.279	0.151	0.139	0.096	-0.314	0.449	-0.106	0.398*
X5	-0.030	0.032	0.213	0.151	0.105	0.118	0.264	-0.220	0.103	-0.272	0.122
X6	-0.100	0.165	0.274	0.139	0.188	-0.228	0.092	0.035	-0.026	-0.369	-0.185
X7	-0.034	0.393	0.076	0.096	0.264	0.092	0.296	-0.378	0.265	0.060	0.380*
X8	-0.305	-0.117	-0.183	-0.314	-0.220	0.035	-0.378	-0.068	-0.32	0.091	-0.282
X9	0.465	0.200	-0.403	0.449	0.103	-0.026	0.265	-0.332	-0.253	0.169	0.198
X10	0.257	-0.026	-0.082	-0.106	-0.272	-0.369	0.060	0.091	0.169	0.110	0.162
Pye	V1-0.459 = V0.541 = 0.736										

Note: X1= leaf thickness, X2= wax surface, X3= epidermal thickness, X4= mesophyll, X5= leaf hardness, X6= trichome number, X7= trichome length, X8= vein space, X9= vein number, X10= leaf area, Y= whitefly population, **= significant at 0.01 level, * = significant at 0.05 level, Pye = external effect. Bold numbers showed direct effect and other side number showed indirect effect.

capitates, and patelliform. The peltate-type trichome possesses a stalk, which is usually formed by two cells, and a large multicellular secretory head. Capitates and stipitate type usually consists of stalk and head. The stalk usually consists of two cells, but a head usually consists of eight cells. In otherwise, trichomes were homogenous along and was axillaries bud at first cell (Froes *et al.* 2015). Stipitate type of trichome was found in all peanut genotypes (Figure 3). Glandular trichome consist of some metabolite compounds i.e. flavonoids, terpenoids, and alkaloids. It has functioning to insect poison, repellent or traps to another organism.

CONCLUSIONS

Whitefly prefers thick leaves, thick mesophyll, long trichome, and tight vein space to laying the eggs. This study provided important information about leaf characters for the future whitefly resistant breeding. Genotypes Tl/T3-12-C-174-85-30-20 (G1); Tk1/Mcn-12-C-2-11-146-231 (G3), Tasia 1 cultivar (G5) and Tasia 2 cultivar (G6) are merit to be used as parent materials in breeding for whitely resistant varieties.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge Indonesian Agency for Agricultural Research and Development for scholarship and research funding, and also to Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute for all facilities in doing research. We would like to thanks to Dr. Agustina Asri Rahmianna for helping in translating the paper.

REFERENCES

- Al Bitar, L., Gorb, S. N., Zebitz, C. P. W., and Voigt, D. 2014. Egg adhesion of the codling moth *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae) to various substrates: II. Fruit surfaces of different apple cultivars. *Arthropod-Plant Interactions* 8(1): 57–77.
- APROSOJA (Associação dos Produtores de Soja e Milho do Mato Grosso). (2017). Mosca-branca causa perdas nas lavouras de soja no MT. Retrieved from <http://ruralcentro.uol.com.br/noticias/mosca-brancacausa-perdas-nas-lavouras-de-soja-no-mt-84060>
- Bacci L., A.L. Crespo, T.L. Galvan, E.J. Pereira, M.C. Picanço, G.A. Silva, and M. Chediak. 2007. Toxicity of insecticides to the sweetpotato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. *Pest Manag. Sci.* 63:699-706.
- Barbedo, J. G. A. 2014. Using digital image processing for counting whiteflies on soybean leaves. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 17(4): 685–694.
- Bickford, C. P. 2016. Digital Kenyon: Research, Scholarship, and Creative Exchange Ecophysiology of leaf trichomes Ecophysiology of leaf trichomes Running title: Leaf trichome ecophysiology. *Functional Plant Biology* 43(9): 807–814.
- Branch W.D and T.B. Brenneman. 2015. Stem Rot (White Mold) and *Tomato Spotted Wilt* Resistance among Peanut Genotypes. *Peanut science Journal* 42:18-22.
- CABI and EPPO. 1998. *Cowpea mild mottle 'carlavirus'*. <http://www.cowpeamildmottlevirus/cabi.com>. Accessed 24 Mei 2011.
- Cheng G.Xin, Ru-J Li, M. Wang, L.J. Huang, A. Khan, M. Ali, and Z.H. Gong. 2018. Variation in Leaf Color and Combine Effect of Pigments on Physiology and Resistance to Whitefly of Pepper (*Capsicum Annuum*

- L.). *Scientia Horticulturae* 229: 215–25.
- Froes, F. F. P. de C., Gama, T. do S. S., Feio, A. C., Demarco, D., and de Aguiar-Diass A. C. A. 2015. Structure and distribution of glandular trichomes in three species of Bignoniaceae. In *Acta Amazonica* Vol. 45: 347–354.
- Gerling D. 1990. Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept Limited.
- Guo-Xin Cheng, Ru-Jian Li, Min Wang, Liu-Jun Huang, Abid Khan, Muhammad Ali, and Zhen-Hui Gong. 2018. Variation in leaf color and combine effect of pigments on physiology and resistance to whitefly of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae* 229 : 215–225.
- Guhling, O., Kinzler, C., Dreyer, M., Bringmann, G., and Jetter, R. 2005. Surface Composition of Myrmecophilic Plants: Cuticular Wax and Glandular Trichomes on Leaves of *Macaranga tanarius*. *Journal of Chemical Ecology* 31(10): 2323–2341.
- Gulluoglu L, H. Arioglu, and C. Kurt. 2010. Field evaluation of soybean cultivars for resistance to whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) infestations. *Afr. J. Agric. Res.* 5 (7): 555–560.
- Hilje L. and P. A. Stansly. 2008. Living ground covers for management of *Bemisia tabaci* (Gennadius)(Homoptera: Aleyrodidae) and *tomato yellow mottle virus* (ToYMoV) in Costa Rica. *Crop Protec.* 27:10–16.
- Hilje L, F. and J. Morales. 2008. Whitefly bioecology and management in Latin America. In: Capinera J, editor. *Encyclopedia of Entomology*. Springer, New York.
- Hoddle M. 2013. The biology and management of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii* Bellows and Perring (Homoptera: Aleyrodidae) on greenhouse grown ornamentals. <http://www.biocontrol.ucr.edu/bemisia.html>.
- Hogenhout, S. A. and Bos, J. I. B. 2011. Effector proteins that modulate plant–insect interactions. *Current Opinion in Plant Biology* 14(4): 422–428.
- Inayati, A. dan Marwoto. 2012. Combination of insecticide application and superior variety to whitefly attack and yield soybean. *J. Pen. Pert.* 31:13–21. [In Indonesian]
- Inbar M. and D. Gerling. 2008. Plant-Mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. *Ann. Rev. of Entomol.* 53:431–448.
- Kasno A, Suharsono, Trustinah. 2015. Response of groundnut genotypes to whitefly. *Buletin Palawija* 13 (1): 64–73 [in Indonesian]
- Khalil H., A. B. M. Raza, M. Afzal, M. A. Aqueel, M. S. Khalil, and M. M. Mansoor. 2017. “Effects of Plant Morphology on the Incidence of Sucking Insect Pests Complex in Few Genotypes of Cotton.” *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 16 (4): 344–49.
- Lassiter B.R., D.L. Jordan, G.G. Wilkerson, B.B. Shew, and R.L. Brandenburg. 2016. Influence of Planting Pattern on Pest Management in Virginia Market Type Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Peanut science Journal* 43: 59–66.
- Leroy PD, Wathelet B, Sabri A, Francis F, Verheggen FJ, Capella Q, Thonart P, Haubruge E. 2011. Aphis-host plant interactions: does aphid honeydew exactly reflect the host plant amino acid composition? *Arthropod-Plant Interactions* 5: 193–199.
- Lichtenthaler, H. K., and Buschmann, C. 1987. Chlorophylls and carotenoids: measurement UNIT F4. 3 and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Curr. Protoc. Food Anal. Chem* (4): 1–3.
- López-Castillo, M. Laura, S. E. Silva-Fernández, R. Winkler, D. J. Bergvinson, J. T. Arnason, and S. García-Lara. 2018. Postharvest Insect Resistance in Maize. *Journal of Stored Products Research* 77: 66–76.
- Lynch R.E., A.M Simmons. 1993. Distribution of Immatures and Monitoring of Adult Sweetpotato Whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), in Peanut, *Arachis hypogaea*. *Environ. Entomol.* 22:375–380.
- Marabi RS, SB Das, AK Bowmick, R Pachori, Vibha dan HL Sharma. 2017. Seseonal Population Dynamics of Whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius) on Soybean. *J of Entomolgy and Zoology Studies* 5(2) : 169–173.
- McAuslane H.J., D.A Knauft, dan F A Johnson. 1995. Evaluation of Peanut Breeding Lines for Resistance to Silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *The Florida Entomol.* 78:75–81.
- McAuslane H.J. and H.A Smith. 2018. Sweetpotato whitefly B Biotype *Bemisia tabaci* (Genadius) (Insecta:Hemiptera:Aleyrodidae). *Univ. of Florida*. pp 8.
- Mizaki, J., W.N Stiller, and L.J Wilson. 2013. Identification of host plant resistance to silverleaf whitefly in cotton: Implications for breeding. *Field Crops Res.* 154:145–152.
- Mohammed A. Al-Saleh, Hassan A. Melouk, dan Phillip Mulder. 2007. Reaction of Peanut Cultivars to *Tomato Spotted Wilt Virus* (TSWV) Under Field Conditions and Their Response to Mechanical Inoculation by TSWV Under Greenhouse Conditions. *Peanut science Journal* 34:44–52.
- Murgianto, F dan P.Hidayat. 2017. Whitefly Infestation and Economic Comparison of Two Different Pest Control Methods on Soybean Production. *Planta Tropika* 5 (2): 110–115.

- Perring, T., A. D. Cooper, R. J. Rodriguez, C. A. Farrar, and T. S. Bellows JR. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science* 259: 74-77.
 - Slewinski, T., Zhang, C., and Turgeon, R. 2013. Structural and functional heterogeneity in phloem loading and transport . In *Frontiers in Plant Science* (4): 244.
 - Tsueda, H., T. Tsuduki, and K. Tsuchida. 2014. Factors that affect the selection of tomato leaflets by two whiteflies, *Trialeurodes vaporariorum* and *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Appl. Entom. and Zoo.* 49(4):561–570.
 - Wagner, D. and Doak P 2017. Oviposition, larval survival and leaf damage by the willow leaf blotch miner, *Micrurapteryx salicifoliella*, in relation to leaf trichomes across 10 *Salix* species. *Ecological Entomology* 42(5): 629–635.
 - Walker, G.P., T. M. Perring, T.P Freeman. 2010. Life History, Functional Anatomy, Feeding and Mating Behavior. P.A Stansly and S.E Naranjo (eds), *Bemisia: Bionomics and Management a Global Pest*. Springer Science+Business Media B.V.
 - Wang, X. Wei, P. Li, and S. S. Liu. 2017. Whitefly Interactions with Plants. *Current Opinion in Insect Science* 19: 70–75.
 - War, A. R., Paulraj, M. G., Ahmad, T., Buhroo, A. A., Hussain, B., Ignacimuthu, S., and Sharma, H. C. 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling & Behavior* 7(10): 1306–1320.
 - Yeats, T. H. and Rose, J. K. C. 2013. The Formation and Function of Plant Cuticles. *Plant Physiology*,163(1): 5 – 20.
 - nidarèiè, D., Valiè, N. and Trdan, S. 2008. Epicuticular wax content in the leaves of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) as a mechanical barrier against three insect pests. *Acta Agric. Slov* 91(2): 361–370.
-

Serapan Nitrogen dan Fosfor serta Hasil Kedelai Edamame (*Glycine Max* (L.) Merrill) pada Tanah Alfisol akibat Aplikasi Biochar dan Vermikompos

Nitrogen and Phosphorus Uptake, and Yield of Edamame (Glycine Max (L.) Merrill) on Alfisol Soil due to Biochar and Vermicompost Application

Allaganur Rochman¹⁾, Joko Maryanto²⁾, Okti Herliana^{3*)}

¹⁾Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman

²⁾ Laboratorium Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman

³⁾ Laboratorium Agroekologi Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman

Universitas Jenderal Soedirman JL. Dr Suparno no.61 Karangwangkal Purwokerto

*E-mail: okti.herliana@unsoed.ac.id

NASKAH DITERIMA 8 NOVEMBER 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 17 MEI 2021

ABSTRAK

Alfisol merupakan jenis tanah dengan kesuburan rendah, namun memiliki potensi untuk perluasan lahan bagi budidaya tanaman kedelai edamame. Aplikasi biochar dan vermikompos digunakan untuk memperbaiki nutrisi tanah dan mensuplai unsur hara pada tanah Alfisol. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi biochar dan vermikompos terhadap serapan nitrogen dan fosfor, serta hasil tanaman kedelai edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) pada tanah Alfisol. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Desember 2019 di kebun percobaan dan Laboratorium Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman. Penelitian menggunakan rancangan faktorial terdiri dari 2 faktor. Faktor I adalah aplikasi biochar, terdiri dari empat taraf yaitu B0: tanpa biochar, B1: 10 t/ha, B2: 20 t/ha, B3: 30 t/ha. Faktor II adalah aplikasi vermikompos, terdiri dari 3 taraf yaitu V0: tanpa vermikompos, V1: 10 t/ha, V2: 20 t/ha. Variabel yang diamati adalah sifat kimia tanah awal, kadar N dan P tersedia, laju pertumbuhan tanaman (LPT), laju asimilasi bersih (LAB), bobot polong segar per tanaman, jumlah polong per tanaman, serta analisis kadar N dan P jaringan tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis biochar hingga 30 t/ha tidak meningkatkan serapan nitrogen, fosfor, dan hasil tanaman, sedangkan vermikompos hingga 20 t/ha meningkatkan kadar P jaringan, P tersedia, dan hasil tanaman, tetapi tidak meningkatkan kadar N jaringan, N tersedia, LPT, dan LAB. Hasil tertinggi diperoleh pada aplikasi biochar 30 t/ha dan 20 t/ha vermikompos. Tidak terdapat interaksi antara vermikompos dengan biochar terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman, sehingga dapat diaplikasikan secara terpisah.

Kata kunci: Alfisol, biochar, kedelai edamame, serapan N dan K, vermikompos

ABSTRACT

Alfisol is a soil type with low nutrient availability, however it is potential for land expansion of edamame soybean cultivation. The application of biochar and

vermicompost are useful for improving the fertility of Alfisol soil. This experiment was aimed to determine the effect of biochar and vermicompost applications on nitrogen and phosphorus uptake, and the yield of edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) grown in Alfisol soils. The experiment was conducted in August to December 2019 in both of the experimental farm and Agronomy and Horticulture Laboratory, Faculty of Agriculture, Jenderal Soedirman University. The experiment used a randomized factorial design with two factors. The first factor was four levels of biochar application: (1) B0: without biochar, (2) B1: 10 t/ha, (3) B2: 20 t/ha, and (4) B3: 30 t/ha. The second factor was three levels of vermicompost application (V0: without vermicompost, V1: 10 t/ha, and V2: 20 t/ha). The variables observed were soil chemical properties, the availability of N and P, crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), fresh pod weight per plant, number of pods per plant, N and P plant availability. The results showed that the application of biochar up to 30 t/ha did not increase the nitrogen and phosphorus uptake, as well as the yield, whereas the application of vermicompost up to 20 t/ha increased the P tissue content, P availability, and yield, but did not increase the N tissue content, N availability, CGR and NAR. The highest yield was obtained at the application of 30 t/ha biochar and 20 t/ha vermicompost that was about, respectively. There was no interaction between application of vermicompost and biochar on plant growth and yield, thus they can be used separately or individually.

Keywords: Alfisol, biochar, edamame soybean, N and P uptake, vermicompost

PENDAHULUAN

Edamame merupakan jenis kedelai yang dipanen muda, berbiji lebih besar, dan rasa lebih manis dibanding kedelai biasa, tekstur lembut, dan aroma kacang-kacangan yang lebih terasa (Tjahjani 2015). Edamame potensial dikembangkan karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi, disukai

konsumen, mengandung antioksidan dan isoflavon tinggi (Kim *et al.* 2012). Konsumsi makanan yang kaya antioksidan dapat menguatkan sistem imun tubuh dan mengurangi risiko kanker (Hakim 2013). Konsumsi isoflavon kedelai dapat mencegah dan mengobati penyakit jantung, diabetes dan penyakit Kawasaki (Wang *et al.* 2013), serta aktivitas antikanker (Raffa *et al.* 2017). Permintaan konsumen terhadap kedelai edamame terus meningkat sehingga perlu diimbangi dengan peningkatan produksi. Pemanfaatan lahan sub optimal sebagai area budidaya kedelai edamame diharapkan dapat meningkatkan produksi kedelai edamame. Tanah Alfisol atau tanah mediteran merupakan kelompok tanah merah berbatu induk kapur sehingga mempunyai sifat basis yang kuat. Hasil telaah percobaan di rumah kaca maupun lapangan menunjukkan bahwa lahan Alfisol berpotensi miskin hara P, K, S, Mg, Fe, Zn dan Cu, nir-imbang (inbalance) K/Ca+Mg, dan miskin bahan organik tanah (Sudaryono 2002).

Tanah Alfisol mempunyai keragaman sifat kimia yang tinggi. Hasil analisis tanah Alfisol asal Jakenan (Jawa Tengah) mempunyai kisaran pH H₂O dari 4,8-6,8. Kandungan P dari rendah hingga tinggi (5-13 $\mu\text{g/g}$ P); kandungan K, Ca, dan Mg pada umumnya rendah; dan kandungan unsur mikro (Cu, Zn, Fe, Mn) bervariasi dari rendah hingga sedang. Keragaman sifat kimia tersebut mempunyai konsekuensi bahwa rekomendasi takaran dan macam pupuk akan beragam pula. Karakteristik utama Alfisol adalah banyak mengalami penimbunan liat (*clay*) dari horison-horison di atasnya sehingga memiliki kepadatan tanah tinggi yang sulit ditembus perakaran tanaman, kandungan bahan organik, pori aerasi, dan kapasitas memegang air rendah (Wijanarko 2007; Indah *et al.* 2013; Pathak *et al.* 2013). Oleh karena itu, diperlukan bahan pembenah tanah untuk memperbaiki kemampuan tanah Alfisol dalam menyerap unsur hara, terutama unsur N dan P yang dibutuhkan tanaman.

Bahan pembenah tanah seperti kompos dan biochar dapat memperbaiki sifat tanah namun mudah terdekomposisi oleh mikroba tanah sehingga membutuhkan dosis yang cukup tinggi (Nurida 2014). Sekam padi merupakan limbah pertanian yang keberadaannya melimpah saat musim panen. Sekam dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan biochar. Biochar merupakan padatan berupa arang yang kaya karbon (C) hasil konversi dari biomas melalui proses pembakaran tidak sempurna dengan minimum oksigen (pirolisis) (Hartatik *et al.* 2015). Biochar memiliki sifat lebih stabil dalam tanah dan sukar teroksidasi (Mawardiana *et al.* 2013). Biochar sebagai pembenah tanah

mampu memperbaiki sifat tanah seperti meningkatkan stabilitas agregat tanah, meningkatkan permeabilitas, memperbaiki aerasi tanah, meningkatkan kandungan C-organik tanah, mampu meretensi hara dan air agar tersedia untuk tanaman (Widowati *et al.* 2013).

Vermikompos merupakan pupuk organik yang dihasilkan dari proses pencernaan dalam tubuh cacing (Thamaraj *et al.* 2011), yaitu berupa kotoran yang telah terfermentasi sehingga menghasilkan produk sampingan dari budidaya cacing tanah berupa pupuk organik sangat cocok untuk pertumbuhan tanaman (Suparno *et al.* 2013). Proses dekomposisi media budidaya cacing tanah tergolong cepat dan kompos yang dihasilkan mengandung unsur hara esensial (Suparno *et al.* 2013). Hasil penelitian Astari *et al.* (2016) menunjukkan bahwa aplikasi vermikompos yang dikombinasikan dengan pupuk N, P, K berpengaruh terhadap peningkatan kandungan C-Organik, N Total, C/N, dan hasil kedelai *edamame*. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian biochar dan Vermikompos terhadap serapan N dan P serta hasil kedelai *edamame* pada tanah Alfisol.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Desember 2019 di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman di Desa Grendeng Kecamatan Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah, dengan ketinggian tempat 110 meter di atas permukaan laut. Analisis serapan N dan P jaringan tanaman, N dan P tersedia dilakukan di laboratorium BPTP Jawa Tengah. Penelitian dilaksanakan di dalam *screen house* menggunakan polybag ukuran 35 × 35 cm. Media tanam berupa tanah Alfisol diperoleh dari Desa Suro, Kecamatan Kalibagor, Kabupaten Banyumas. Tanah Alfisol dikeringkan kemudian diayak menggunakan saringan berukuran 2 mm. Benih kedelai *edamame* yang digunakan adalah varietas Ryokkoh. Biochar yang digunakan sebagai bahan pembenah tanah adalah biochar sekam padi hasil pembakaran secara *pyrolysis*. Sekam padi diperoleh dari hasil penggilingan gabah setelah panen padi. Sekam tersebut kemudian dimasukkan ke dalam alat pirolisis terdiri dari reaktor tahan karat berukuran panjang 500 mm dengan diameter dalam 15 cm. Biochar dibuat dengan membakar sekam padi dalam bejana tertutup dan kondisi oksigen yang terbatas di atas muffle furnace pada suhu 350°C selama 5 jam atau proses ini disebut *phyrolysis* (Nisak dan Supriyadi 2019).

Vermikompos yang digunakan merupakan sisa budidaya *Lumbricus rubellus* (cacing tanah merah). Hasil perombakan bahan organik yang dilakukan oleh cacing tanah. Vermikompos merupakan campuran kotoran cacing tanah dengan sisa media atau pakan dalam budidaya cacing tanah. Oleh karena itu, verмикompos merupakan pupuk organik yang ramah lingkungan. Penanaman dilakukan setelah media tanah diaplikasikan biochar dan verмикompos pada tujuh hari sebelumnya. Pemupukan Urea, SP36, dan KCl dilakukan pada 10 dan 30 hari setelah tanam (HST), masing-masing setengah dosis rekomendasi pada tanaman kedelai.

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial, tiga ulangan. Faktor ke-1 adalah empat dosis biochar (B) yaitu B₀: tanpa biochar, B₁: 10 t/ha, B₂: 20 t/ha, B₃: 30 t/ha, dan faktor ke-2 tiga dosis verмикompos (V) V₀: tanpa verмикompos, V₁: 10 t/ha, V₂: 20 t/ha. Variabel yang diamati adalah serapan N dan P jaringan tanaman pada fase vegetatif akhir (umur 42 HST), N dan P tersedia di dalam tanah setelah panen (umur 65 HST), laju pertumbuhan tanaman (LPT), laju asimilasi bersih (LAB) pada saat tanaman berumur 42 dan 49 HST, jumlah polong dan bobot polong segar saat panen (umur 65 HST).

$$LPT = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

$$LAB = \frac{1}{A} \times \frac{dW}{dt}$$

$$= \frac{\log W_2 - \log W_1}{t_2 - t_1} \times \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

Keterangan:

W₂ = bobot kering per tanaman pada t₂

W₁ = bobot kering per tanaman pada t₁

A₂ = luas daun per tanaman pada t₂

A₁ = luas daun per tanaman pada t₁

t₁ = pengamatan berikutnya dari periode pengamatan mingguan

t₂ = pengamatan awal dari periode pengamatan mingguan

Bobot kering tanaman diambil dengan metode destruksi pada 42 dan 49 HST (t₁ dan t₂) kemudian dikeringanginkan dan di oven pada suhu 60°C selama 3 hari. Luas daun diukur menggunakan leaf area meter.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (uji F) pada taraf kesalahan 5% dan

1%. Ketika menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan *Duncan Multiple Range Test* untuk membandingkan pengaruh antarperlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah sub optimal, seperti Alfisol, dengan tingkat kesuburan rendah dapat dimanfaatkan untuk kegiatan budidaya dengan meningkatkan daya dukungnya yaitu memberikan bahan pembenah tanah berupa bahan organik. Pemberian biochar dan verмикompos pada tanah Alfisol diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara N dan P bagi pertumbuhan dan hasil kedelai edamame. Berdasarkan hasil analisis, tanah Alfisol yang digunakan memiliki karakteristik rendah unsur hara dan liat, sehingga kurang mendukung kegiatan budidaya tanaman (Tabel 1).

Aplikasi biochar dan verмикompos menunjukkan pengaruh beragam terhadap N dan P tersedia maupun N dan P jaringan tanaman, serta hasil tanaman edamame. Pemberian biochar tidak berpengaruh terhadap semua variabel yang diamati (Tabel 2). Penambahan verмикompos memberikan pengaruh nyata terhadap serapan P, P tersedia, jumlah polong per tanaman, dan bobot polong per tanaman. Interaksi antara biochar dan verмикompos juga tidak berpengaruh nyata terhadap semua variabel.

Pengaruh Biochar terhadap Serapan N dan P, serta Hasil Tanaman Kedelai Edamame

Pemberian biochar hingga dosis 20 t/ha tidak berpengaruh nyata terhadap semua variabel yang diamati (Tabel 3). Kandungan unsur N pada hasil analisis tanah awal sangat rendah yaitu 0,10%, dan biochar sekam padi yang digunakan memiliki kadar

Tabel 1. Hasil analisis kandungan tanah Alfisol Desa Suro Kecamatan Kalibagor, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah

Variabel	Kandungan	Kategori
Fraksi pasir (%)	10,32	
Fraksi debu (%)	20,99	
Fraksi liat (%)	68,68	
Kelas tekstur		Liat
C-organik (%)	0,83	Sangat rendah
N total (%)	0,10	Sangat rendah
P ₂ O ₅ HCl Total (mg/kg)	51,34	Tinggi
K ₂ O HCl Total (mg/kg)	10,12	Sedang
C/N rasio	8,60	Rendah
Kejenuhan basa (%)	48,67	Tinggi
KTK (me/100 g)	16,67	Rendah

Tabel 2. Hasil sidik ragam variabel pengamatan

No	Variabel	Perlakuan			
		B	V	B×V	KK (%)
1	N jaringan	tn	tn	tn	19,68
2	P jaringan	tn	*	tn	23,56
3	N-tersedia	tn	tn	tn	14,12
4	P-tersedia	tn	**	tn	23,61
5	Laju Pertumbuhan Tanam (LPT)	tn	tn	tn	21,84
6	Laju Analisis Bersih (LAB)	tn	tn	tn	15,17
7	Bobot polong segar per tanaman	tn	**	tn	17,90
8	Jumlah polong per tanaman	tn	**	tn	16,02

Keterangan: tn = tidak berbeda nyata, * = berbeda nyata pada uji F 5%, ** = berbeda sangat nyata pada uji F 1%. B = biochar, V = vermikompos, B × V = interaksi biochar dan vermikompos.

Tabel 3. Pengaruh biochar dan vermikompos terhadap serapan N dan P, serta hasil tanaman kedelai Edamame. Kab. Banyumas, MT Agustus-Desember 2019

Perlakuan	Variabel							
	NJ (ppm)	PJ (ppm)	NT (%)	PT (%)	LPT (g/hari)	LAB (g/m ² /hari)	BPS (g)	JP (buah)
Biochar								
B0	2,45	0,24	29,27	17,83	0,92	0,92	13,43	9,06
B1	2,51	0,23	28,69	15,75	1,29	0,99	15,30	10,22
B2	2,42	0,22	34,16	21,28	0,95	0,95	13,08	10,83
B3	2,34	0,26	28,71	21,57	0,70	0,93	16,44	10,50
Vermikompos								
V0	2,50	0,20 a	31,52	7,98 a	0,72	0,95	8,77 a	6,29 a
V1	2,33	0,23 ab	26,41	15,15 ab	0,98	0,95	14,32 ab	10,46 ab
V2	2,45	0,28 b	32,70	34,19 b	1,19	0,95	20,58 b	13,71 b
KK (%)	19,68	23,56	14,12	23,61	21,84	15,17	17,90	16,02

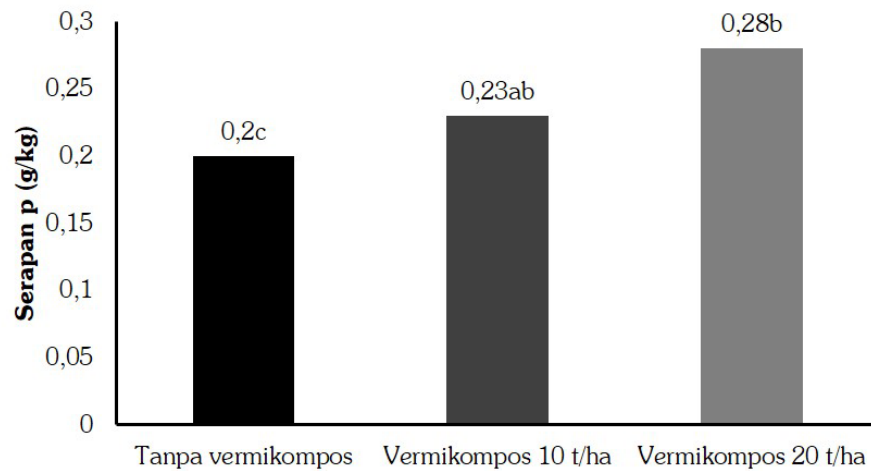
Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf berbeda pada variabel dan perlakuan yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji jarak Duncan 5%, NJ = N jaringan, PJ = P jaringan, NT = N-tersedia, PT = P-tersedia, LPT = laju pertumbuhan tanaman, LAB = laju asimilasi bersih, BPS = bobot polong segar per tanaman, JP = jumlah polong per tanaman, KK = koefisien keragaman.

air 4,96%, pH 8,7, C 18,72%, N 0%, P 0,12% dan KTK 17,57 (Laboratorium Sumber Daya Lahan 2019). Aplikasi biochar dalam tanah umumnya dapat berperan untuk meningkatkan pH tanah masam, meningkatkan KTK tanah, menyediakan unsur hara N, P, K, dan pada akhirnya meningkatkan hasil (Putri *et al.* 2017). Pemberian biochar juga dapat menambah unsur hara pada tanah, meningkatkan retensi hara, dan mempengaruhi dinamika mikroba dalam tanah (Annisa *et al.* 2017). Namun kandungan hara di dalam biochar yang digunakan termasuk kategori rendah dan belum sesuai dengan kategori bahan pembenah tanah yang disyaratkan Permentan No 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 mengenai persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati dan bahan pembenah tanah. Biochar juga hampir tidak mengandung N sehingga kondisi ini tidak mampu meningkatkan serapan N dan hasil kedelai edamame. Di samping itu, biochar yang digunakan membutuhkan waktu untuk dapat langsung digunakan pada tanah dan dimanfaatkan

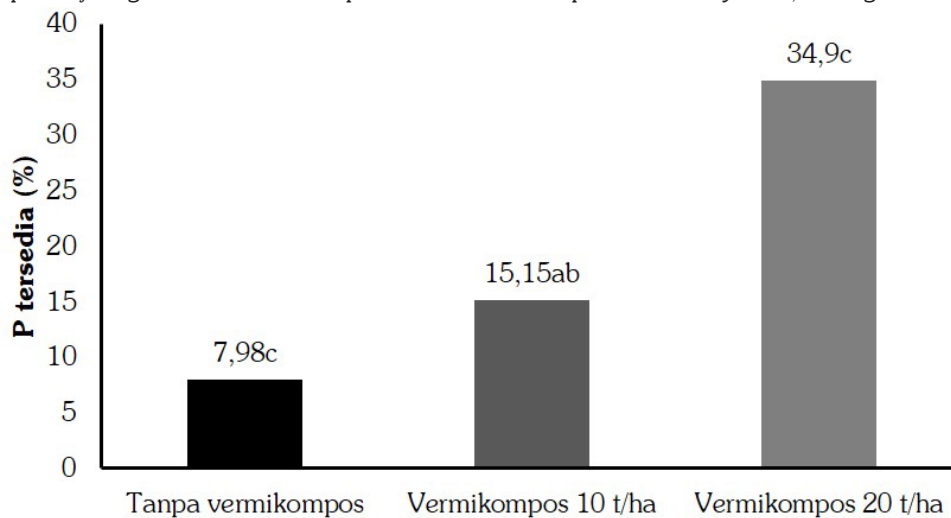
oleh tanaman sebagai pupuk organik (Glaser *et al.* 2002). Menurut Steiner *et al.* (2007), pemberian biochar meningkatkan kualitas fisik dan kimia tanah dibandingkan tanpa biochar, dan pengaruh peningkatan kualitas fisik dan kimia baru terjadi dalam jangka waktu lama, terlebih bahan yang digunakan berupa sekam termasuk bahan yang agak lama terurai. Menurut Widyantika *et al.* (2019) biochar sekam padi memiliki kandungan lignin yang tinggi sehingga memerlukan waktu dekomposisi yang lama. Kandungan nutrisi biochar juga tergantung pada bahan baku dan kondisi pembakaran (pirolisis), menghasilkan hara khususnya Ca, Mg, N, P dan K (Lashari *et al.* 2013).

Pengaruh Vermikompos terhadap Serapan N dan P, serta Hasil Tanaman Kedelai Edamame

Pemberian vermikompos tidak berpengaruh nyata terhadap kadar N jaringan tanaman kedelai



Gambar 1. Serapan P jaringan tanaman akibat pemberian vermikompos. Kab. Banyumas, MT Agustus-Desember 2019



Gambar 2. P tersedia di tanah pada tiga dosis pemberian vermikompos. Kab. Banyumas, MT Agustus-Desember 2019

(Tabel 3). Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa vermikompos memiliki kandungan C organik 6,01%, N total 0,63%, C/N 10, P_2O_5 0,97%, dan K_2O 0,07%. Ketersediaan unsur hara, khususnya N, pada tanah Alfisol yang rendah (0,10%) dan N total pada vermikompos belum cukup untuk membantu pembentukan bagian vegetatif pada tanaman kedelai edamame. Selain itu, pada umumnya nitrogen di atmosfer secara kimiawi bersifat “innert” dan tidak bisa langsung digunakan oleh tanaman (Seadh *et al.* 2009). Sebagai pengganti, tanaman harus bergantung pada sejumlah kecil senyawa yang terdapat di dalam tanah, terutama yang berbentuk ion nitrit dan ammonium, serta N fiksasi hayati oleh berbagai jenis organisme yang hidup bebas maupun yang bersimbiosis dengan tanaman tingkat tinggi terutama jenis legume (Sugito 2012).

Vermikompos tidak berpengaruh nyata terhadap kadar N-total. Hal ini diduga karena kadar unsur N

pada vermikompos yang rendah. Hal ini sesuai dengan laporan Sofyan *et al.* (2009) bahwa kadar N total dari setiap jenis vermikompos berbeda-beda. Kadar N tertinggi dimiliki oleh *Amyntas gracilis* sebesar 0,40% dan terendah oleh *Pheretima* sebesar 0,17%. Rendahnya kandungan N total tanah akibat pemberian vermikompos ini diduga karena digunakan oleh mikroorganisme sehingga hara N berkurang. Patti *et al.* (2013) menjelaskan bahwa proses hilangnya N yang ada di dalam tanah karena diserap oleh tanaman, digunakan oleh mikroorganisme, dan tercuci.

Vermikompos berpengaruh nyata terhadap kadar P jaringan tanaman dan P tersedia dalam tanah (Gambar 1 dan 2). Aplikasi vermikompos 20 t/ha dapat meningkatkan serapan P tanaman 40%, dan vermikompos 10 t/ha meningkatkan 15% dengan nilai sebesar 0,28 g/kg, dibandingkan tanpa pemberian vermikompos (0,20 g/kg). Vermikompos memberikan pengaruh sangat nyata terhadap P-

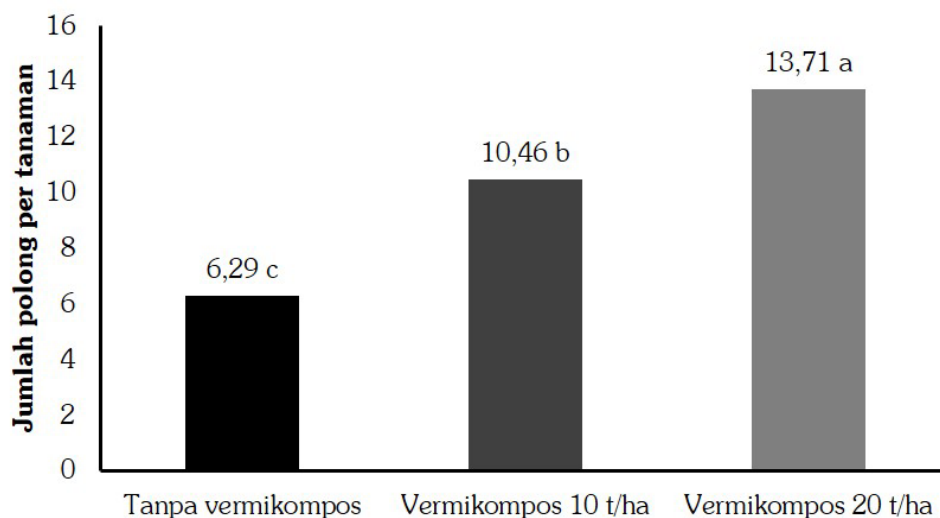
tersedia dalam tanah. Rerata P-tersedia pada tanah tertinggi terdapat pada aplikasi vermikompos 20 t/ha yaitu 34,19 ppm, berbeda nyata dengan vermikompos dosis 10 t/ha (P-tersedia 15,5 ppm), dan P tersedia terendah pada perlakuan tanpa vermikompos yaitu 7,98 ppm. Peningkatan serapan P jaringan tanaman kedelai edamame terjadi karena unsur fosfor yang terkandung dalam tanah tergolong tinggi, dan vermikompos memiliki kandungan P_2O_5 sebesar 0,97% sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan Zulfaniah (2020), yang menyatakan bahwa P dapat memacu pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran yang baik pada tanaman muda. Jika sistem perakaran baik, maka penyerapan hara juga baik, sehingga proses metabolisme berjalan sempurna. Kandungan hara pada vermikompos diduga telah menyumbangkan unsur P pada tanah sehingga P total pada tanah cenderung meningkat bila dibanding dengan tanpa pemberian vermikompos. Hal ini didukung oleh Anjangsari (2010) yang menyatakan bahwa ketika bahan organik dimakan oleh cacing, melalui pencernaan cacing sebagian dari fosfor akan diubah menjadi bentuk P terlarut oleh enzim fosfatase dan alkalin fosfatase dalam pencernaan cacing. Selanjutnya unsur P akan dibebaskan oleh mikroorganisme dalam kotoran cacing sehingga P dalam kasing akan lebih tinggi.

Laju pertumbuhan tanaman (LPT) dan laju asimilasi bersih (LAB) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hal ini diduga karena nilai luas daun dan bahan kering yang dihasilkan dari periode tertentu dipengaruhi oleh jumlah unsur hara yang diserap tanaman. Terhambatnya perkembangan luas daun akan berdampak pada menurunnya kapasitas daun untuk menyerap cahaya. Menurut

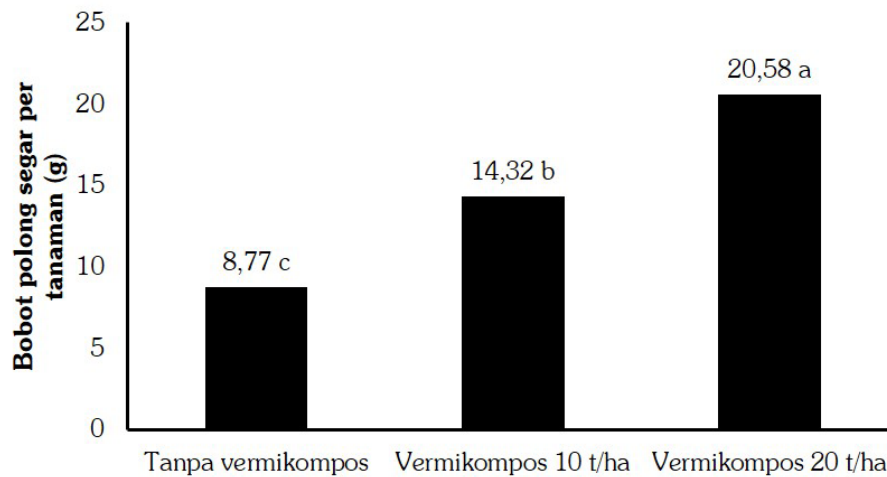
Hapsah (2019), pertumbuhan vegetatif tanaman tidak lepas dari unsur nitrogen yang berpengaruh terhadap pembentukan daun dengan helaian lebih luas dan kandungan klorofil lebih tinggi. Menurut Bachtiar (2016), nitrogen berfungsi untuk membentuk daun, karena tersedianya nitrogen menyebabkan bertambahnya pertumbuhan daun. Nitrogen berfungsi sebagai penyusun enzim dan molekul klorofil, radium berfungsi sebagai aktivator berbagai enzim sintesa protein maupun metabolisme karbohidrat, fosfor berperan aktif mentransfer energi di dalam sel tanaman, dan magnesium sebagai penyusun klorofil dan membantu translokasi fosfor dalam tanaman (Mulyanti *et al.* 2015).

Bagian tanaman kedelai edamame yang dipanen adalah polong muda berumur 60- 63 hari. Kedelai yang berkualitas harus memiliki setidaknya 90% polong yang berisi 2 atau 3 biji, berwarna hijau muda, dan tidak ada kerusakan akibat serangan hama atau penyakit (Setiyawati 2017). Aplikasi vermikompos berpengaruh terhadap sifat fisik tanah, kimia tanah, dan biologi tanah sehingga persyaratan tumbuh tanaman terpenuhi dan menjadikan tanaman tumbuh bertambah tinggi. Vermikompos memiliki potensi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman saat ditambahkan ke tanah (Atiyeh *et al.* 2000).

Hasil analisis menunjukkan bahwa vermikompos dapat meningkatkan jumlah polong dan bobot polong per tanaman. Rerata jumlah polong per tanaman tertinggi terdapat pada vermikompos 20 t/ha, yaitu 13,7 buah (Gambar 3) atau meningkat 12,71% dibandingkan dengan aplikasi vermikompos 10 t/ha (10,5 polong) dan tanpa vermikompos (6,3 polong).



Gambar 3. Jumlah polong per tanaman pada tiga taraf aplikasi vermikompos. Kab. Banyumas, MT Agustus-Desember 2019



Gambar 4. Bobot polong segar kedelai edamame pada tiga taraf aplikasi vermikompos. Kab. Banyumas, MT Agustus-Desember 2019

Perbedaan yang nyata pada variabel jumlah polong berkaitan dengan variabel bobot polong per tanaman. Semakin banyak polong yang dihasilkan semakin meningkat pula bobot polong yang dihasilkan. Perlakuan vermikompos 20 t/ha menghasilkan bobot polong tertinggi 20,58 g, meningkat sebesar 43,71% dibanding perlakuan vermikompos 10 t/ha dengan bobot polong sebesar 14,32 g. Tanpa aplikasi vermikompos menghasilkan rerata bobot polong terendah yaitu 8,77 g (Gambar 4).

Semakin banyak unsur hara yang terserap tanaman, dilihat dari nilai serapan P, maka semakin meningkat jumlah dan bobot polong yang dihasilkan. Hal ini selaras dengan Taufiq dan Sundari (2012) dan Hanum (2013) bahwa unsur P berperan dalam proses generatif dan memaksimalkan proses pembentukan dan pengisian polong kedelai, sehingga pemberian P yang tepat akan menghasilkan jumlah polong dan biji secara maksimal. Ditambahkan oleh Kurniawan *et al.* (2014) bahwa unsur P berfungsi pada fase pembentukan polong sampai perkembangan biji. Menurut Sumarni (2012) hasil dekomposisi bahan organik menghasilkan koloid-koloid tanah mengandung ion bermuatan positif maupun negatif sehingga dapat mengikat ion-ion logam bermuatan positif yang terdapat bebas dalam tanah, misalnya Al dan Fe. Terikatnya ion-ion logam tersebut mengakibatkan unsur P menjadi tersedia bagi tanaman.

Sihaloho *et al.* (2015) menyatakan bahwa pemberian pupuk vermikompos 0,75 g per polibag pada tanaman kedelai meningkatkan jumlah polong per tanaman 23,57% dan produksi per tanaman 29,97% dibandingkan dengan tanpa vermikompos. Vermikompos mengandung banyak hormon pertumbuhan yang dihasilkan oleh aktivitas cacing

tanah dengan mikrobiota tanah lain, sehingga mengandung banyak hormon pertumbuhan tanaman, enzim tanah, dan kaya hara yang bersifat lambat lepas (*slow release*) yang dapat memperbaiki pertumbuhan dan kualitas hasil pertanian.

KESIMPULAN

Pemberian biochar tidak dapat meningkatkan serapan N dan P, serta hasil kedelai Edamame pada tanah Alfisol. Pemberian vermikompos 20 t/ha meningkatkan serapan P sebesar 40% dan P tersedia sebesar 337%, jumlah polong sebesar 117%, dan bobot polong sebesar 226% dibanding tanpa vermikompos, namun tidak meningkatkan serapan N, N total, laju pertumbuhan tanaman, dan laju asimilasi bersih.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjarsari E. 2010. Komposisi nutrisi (NPK) hasil vermikomposting campuran feses gajah (*Elephas maximus sumatrensis*) dan serasah menggunakan cacing tanah (*Lumbricus terrestris*). Skripsi. ITS: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 18 hlm.
- Astari K, Yuniarti A, Emma SET, Setiyawati MR. 2016. Pengaruh kombinasi pupuk N, P, K dan vermikompos terhadap kandungan C-organik, N total, C/N dan hasil
- Atiyeh RM, Subler S, Edwards CA, Bachman G, Metzger JD, Shuster W. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Journal of Pedology* 44(1): 579–590.
- Bachtiar, Ghulamahdi M, Melati M, Guntoro D, Sutandi A. 2016. Kebutuhan Nitrogen Tanaman Kedelai pada

- Tanah Mineral dan Mineral Bergambut dengan Budi Daya Jenuh Air. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 35(3): 217-228.
- Glaser B, Lehmann J, Zech W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biol. Fertil. Soils*. 35: 219–230.
- Hakim NA. 2013. Perbedaan kualitas dan pertumbuhan benih edamame varietas Ryoko yang diproduksi di ketinggian tempat yang berbeda di Lampung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 13(1): 8-12.
- Hanum C. 2013. Pertumbuhan, hasil, dan mutu biji kedelai dengan pemberian pupuk organik dan fosfor.
- Hapsoh, Wardati, Hairunisa. 2019. Pengaruh pemberian kompos dan pupuk NPK terhadap produktivitas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *J. Agron. Indonesia* 47(2): 149-155.
- Hartatik W, Husnain, Widowati LR. 2015. Peranan pupuk organik dalam peningkatan produktivitas tanah dan tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 9(2): 107-120.
- Indah NS, Tricandra S, Cahyoadi B. 2018. Biochar dan kompos untuk peningkatan sifat fisika tanah dan efisiensi penggunaan air. *Techno Jurnal Penelitian* 7(01): 116- 127. *J. Agron. Indonesia* 41: 209 – 214. kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) kultivar edamame pada Inceptisols Jatinangor. *Jurnal Agroekoteknologi* 8(2): 95 – 103.
- Kim EH, Kim SL, Kim SH, Chung IM. 2012. Comparison of isoflavones and anthocyanins in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) seeds of different planting dates. *J Agric Food Chem* 60(10): 196-202.
- Kurniawan S, Rasyad A, Wardati. 2014. Pengaruh pemberian pupuk pospor terhadap pertumbuhan beberapa varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau* 1(2): 12–22.
- Lashari MS, Liu Y, Li L, Pan W, Fu J, Pan G, Zheng J, Zhang X, Yu X. 2013. Effects of amendment of biochar-manure compost in conjunction with pyrolytic solution on soil quality and wheat yield of a saltstressed cropland from central China great plain. *Field Crops Research* 144: 113 - 118.
- Mawardiana, Sufardi, Husen E. 2013. Pengaruh residu biochar dan pemupukan npk terhadap dinamika nitrogen, sifat kimia tanah dan hasil tanaman padi (*Oryza sativa* l.) musim tanam ketiga. *Jurnal Manajemen Sumber Daya Lahan* 2(3): 255-260.
- Mulyanti SS, Made U, Wahyudi I. 2015. Pengaruh pemberian berbagai jenis bokashi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* S.). *J. Agrotekbis*. 3(5): 592-601.
- Nisak SK, Supriyadi S. 2019. Biochar sekam padi meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai di tanah salin. *Jurnal Pertanian Presisi* 3(2): 165-176.
- Nurida NL. 2014. potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. *A Review. Jurnal Sumberdaya Lahan* 8(3): 57-68.
- Pathak P, Sudi R, Wani SP, Sahrawat KL. 2013. Hydrological behavior of alfisols and vertisols in the semi-arid zone: implications for soil and water management. *Agricultural Water Management* 118(1): 12-21.
- Patti PS, Kaya E, Silahooy CH. 2013. Analisis status Nitrogen tanah dalam kaitannya dengan serapan N oleh tanaman padi sawah di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Agrologia* 2(1): 51-58.
- Putri VI, Mukhlis, Hidayat B. 2017. Pemberian beberapa jenis biochar untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Online Agroteknologi* 5(4): 824-828.
- Raffa D, Maggio B, Raimondi MV, Plescia F, Daidone G. 2017. Recent discoveries of anticancer flavonoids. *Eur. J. Med. Chem.* 2017: 1-49.
- Seadh SE, EL-Abady MI, El-Ghamry AM, Farouk S. 2009. Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed. *Journal of Biological Science* 9 (8): 851-858.
- Setiawati MR, Sofyan ET, Nurbaity A, Suryatmana P, Marihot GP. 2017. pengaruh aplikasi pupuk hayati, vermikompos dan pupuk anorganik terhadap kandungan N, populasi *Azotobacter* sp. dan hasil kedelai edamame (*Glycine max* L. Meril) pada Inceptisols Jatinangor. *Agrologia* 6(1): 1-10.
- Sihaloho, Sari N, Rahmawati N, Putri LA. 2015. Respons pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai varietas detam 1 terhadap pemberian vermikompos dan pupuk P. *Jurnal Agroekoteknologi* 3(4): 1591-1600.
- Siregar DA, Lahay RR, Rahmawati N. 2017. Respon pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* L. Merrill) terhadap pemberian biochar sekam padi dan pupuk P. *Jurnal Online Agroteknologi* 5(3): 722- 728.
- Sofyan AE, Damayanti, Julendra. 2009. Aktivitas antibakteri dan retensi protein tepuncacing tanah (*Lumbricus rubellus*) sebagai pakan imbuhan dengan taraf penambahan kitosan. *JITV* 13 (3): 182-187.
- Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, de Macêdo JLV, Blum WEH, Zech W. 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant Soil* 291(1): 275- 290.
- Sudaryono. 2002. Pemberdayaan alfisol untuk pengembangan sentra area tanam dan agribisnis kacang tanah di Indonesia. *Buletin Palawija* 4(1): 84–99.

- Sugito Y. 2012. Ekologi Tanaman; Pengaruh faktor lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman dan beberapa aspeknya. Universitas Brawijaya Press. Cetakan Kedua.
- Sumarni T, Fajriani S, Effendi OW. 2012. Respon tanaman kedelai terhadap pemberian pupuk fosfor dan pupuk hijau paitan. hlm. 183-189. Dalam: Rahmianna AA, Yusnawan E, Taufiq A, Sholihin, Suharsono, Sundari T, dan Hermanto. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2011. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Suparno, Prasetya B, Talkah A, Soemarno. 2013. Aplikasi vermikompos pada budidaya organik tanaman ubijalar (*Ipomoea batatas* L.). The Indonesian Green Technology Journal 2(1): 38-44.
- Taufiq A, Sundari T. 2012. Respons tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh. Buletin Palawija 23: 13-26.
- Tharmaraj K, Ganesh P, Kolanjinathan K, Kumar RS, Anandan A. 2011. Influence of vermicompost and vermiwash on physic-chemical properties of rice cultivated soil. Current Botany 2(3): 18-21.
- Tjahyani RWT, Herlina N, Sumiyati NE. 2015. Respon Pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai edamame (*Glycine Max* (L.) Merr.) pada berbagai macam dan waktu aplikasi pestisida. Jurnal Produksi Tanaman 3(6): 511-517.
- Wang Q, Ge X, Tian X, Zhang Y, Zhang J, Zhang P. 2013. Soy isoflavone: The multipurpose phytochemical (Review). Biomed Rep 1: 697-701.
- Widowati, Asnah, Sutoyo. 2012. Pengaruh penggunaan biochar dan pupuk kalium terhadap pencucian dan serapan kalium pada tanaman jagung. Buana Sains 12(1): 83-90.
- Widyantika SD, Prijono S. 2019. Pengaruh biochar sekam padi dosis tinggi terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung pada typic Kanhapludult. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan 6(1) : 1157-1163.
- Wijanarko A, Sudaryono, Sutarno. 2007. Karakteristik sifat kimia dan fisika tanah Alfisol di Jawa Timur dan Jawa Tengah. Iptek Tanaman Pangan 2(2): 214-216.
- Zulfaniah S, Darmawati A, Anwar S. 2020 Pengaruh dosis pemupukan P dan konsentrasi paclobutrazol terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai edamame (*Glycine max* (L.) Merrill). NICHE Journal of Tropical Biology 3(1): 8-17.

Pertumbuhan dan Produktivitas Beberapa Varietas Kedelai di Bawah Tegakan Kelapa

Growth and Productivity of Soybean Varieties Under Coconut Plantation

**Bayu Suwitono, Himawan Bayu Aji, Yayat Hidayat,
Hermawati Cahyaningrum, Fredy Lala, Kisey Bina Habehaan**

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Maluku Utara
Jl. Komplek Pertanian Kusu No.1 Kecamatan Oba Utara Kota Tidore Kepulauan 97852
*E-mail: : suwitonobayu9@gmail.com

NASKAH DITERIMA 25 AGUSTUS 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 24 MEI 2021

ABSTRAK

Di Maluku Utara, perkebunan kelapa umumnya ditanam secara monokultur. Menanam kedelai di antara tegakan kelapa diharapkan dapat meningkatkan pendapatan petani dan pemanfaatan lahan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat adaptasi beberapa varietas unggul kedelai pada sistem tanam tumpangsari di antara tegakan kelapa. Penelitian dilaksanakan di lahan perkebunan kelapa umur 10-15 tahun, jenis tanah inceptisols, Desa Bumi Restu, Kecamatan Wasile Timur, Kabupaten Halmahera Timur mulai bulan Juni hingga September 2018. Penelitian menggunakan RAK Faktorial, dengan lima ulangan. Faktor pertama adalah empat varietas kedelai (Dering 1, Demas 1, Devon 1 dan Burangrang). Faktor kedua adalah jenis pemupukan (pupuk organik, pupuk organik + pupuk NPK phonska, dan pupuk organik + pupuk NPK phonska + pupuk Urea). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedelai dengan populasi 80% dapat ditanam secara monokultur di bawah tegakan kelapa dengan intensitas cahaya hingga 40%. Kombinasi perlakuan varietas Dering 1 dengan pupuk organik 2 t/ha mampu menghasilkan biji 1,52 ton/ha, lebih tinggi dibandingkan varietas kedelai lainnya. Jumlah polong tertinggi dihasilkan oleh varietas Demas 1 yaitu 114 polong/tanaman. Varietas Dering 1 dan Demas 1 berpotensi untuk dikembangkan di lorong-lorong lahan perkebunan kelapa umur 10-15 tahun dengan intensitas cahaya hingga 40%. Penanaman kedelai tersebut layak untuk dikembangkan, karena petani kelapa dapat tambahan keuntungan sebesar Rp. 4.402.000/panen kedelai dengan nilai R/C 1,55.

Kata kunci: kedelai, kelapa, tumpangsari, varietas

ABSTRACT

Coconut plantation in North Maluku are normally planted in monoculture, therefore using the land in between the coconut plants by growing seasonal crops, such as soybeans can increase the income of farmers. The aim of this study was to determine the adaptation of selected improved varieties of soybeans in the intercropping system between coconut plants. The research activity was carried out in the coconut plantations aged 10-15 years belonged to inceptisols soil in Bumi Restu Village, East Wasile District, North Maluku from

June to September 2018. The study used a factorial randomized block design with two factors and five replicates. The first factor was four varieties of soybeans (Dering 1, Demas 1, Devon 1 and Burangrang). The second factor was the type of fertilization (organic fertilization, organic fertilizer + NPK fertilizer, and organic fertilizer + NPK fertilizer + Urea fertilizer). The results showed that 80% of the monoculture cropping system could be planted under the coconut plants with a shading intensity of 40%. Dering 1 variety treated with 2 t/ha of organic fertilizer was able to produce 1.52 tons/ha that was higher than other varieties. The highest number of pods was produced by Demas 1, about 114 pods/plant. This indicates that Dering 1 and Demas 1 varieties have the potential to be developed as intercropping under the coconut plants. The increase in profits gained from this coconut farming intercropped with soybean was IDR 4,402,000/soybean harvest with a R/C value of 1.55, indicating that soybean cultivation in such cropping pattern is feasible to be developed.

Keywords: coconut, intercropping, soybean, varieties

PENDAHULUAN

Maluku Utara memiliki lahan kelapa cukup luas yang mencapai 217,141 ha, tersebar di Halmahera Utara, Halmahera Barat, Halmahera Timur, dan Halmahera Tengah dengan produksi 232.277 t/tahun (BPS 2018). Hasil utama dari perkebunan kelapa di Maluku Utara adalah kopra, di mana harganya sangat berfluktuasi sehingga ketika harga kopra turun dapat merugikan petani. Hal ini karena di sebagian besar areal perkebunan kelapa ditanam secara monokultur. Lahan di bawah tegakan kelapa lebih dimanfaatkan untuk tempat memelihara ternak sapi (lepas-ikat) dan dibiarkan tanpa digarap (bero). Pendapatan petani kelapa dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan lahan di antara tegakan kelapa yang selama ini hanya diberokan, salah satunya dengan penanaman kedelai.

Kedelai merupakan salah satu komoditas strategis nasional selain jagung yang menjadi prioritas Kementerian Pertanian untuk terus ditingkatkan

produksinya melalui intensifikasi dan ekstensifikasi (Purba 2016). Salah satu upaya ekstensifikasi adalah menanam kedelai di bawah tegakan kelapa. Selama ini petani kelapa di Maluku Utara hanya menanam kelapa secara monokultur dan belum memanfaatkan lahan di antara tegakan kelapa dengan tanaman semusim seperti jagung atau kedelai. Menurut Supriadi dan Luntungan (2002), lahan di bawah tegakan kelapa akan produktif apabila ditanami tanaman pangan sebab pengolahan tanah di antara tegakan tanaman kelapa tidak mengganggu perakaran tanaman. Pada perkebunan kelapa, tanaman kelapa memanfaatkan 80% lahan dan masih tersedia 20% yang dapat digunakan untuk tanaman sela, misalnya kedelai. Lahan di bawah tegakan kelapa umur 4-6 tahun mempunyai intersepsi cahaya sekitar 60-80% dan pada umur tanaman lebih dari 8 tahun intersepsi cahaya sebesar 43% (Yulius *et al.* 2009).

Budidaya tanaman kedelai secara tumpangsari dengan tanaman perkebunan, tanaman industri, tanaman hutan, dan tanaman pangan merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan produksi kedelai nasional (Chairudin *et al.* 2015). Namun permasalahan yang dihadapi dalam budidaya tumpangsari adalah adanya naungan dari tanaman pokok. Tanaman kedelai yang ternaungi mengalami penurunan hasil 6-25% pada tumpangsari kedelai-jagung 2-56% pada tingkat naungan 33%, dan 10-40% jika naungan sebesar 50% (Asadi 1991; Handayani 2003 *cit* Handriawan *et al.* 2016). Pada tahun 2017 luas panen kedelai di Provinsi Maluku Utara mencapai 453 ha, dengan produksi 475 ton dan produktivitas 1 t/ha (BPS 2018). Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan varietas unggul kedelai toleran naungan. Namun sebelum didiseminasikan kepada petani perlu dilakukan uji adaptasi varietas (Mehran *et al.* 2017).

Keberadaan naungan mempengaruhi tinggi tanaman, jumlah cabang, diameter cabang, umur berbunga, umur panen, jumlah polong, bobot biji, bobot kering tanaman, indeks luas daun, laju asimilasi bersih, dan laju pertumbuhan tanaman (Fikriati *et al.* 2009; Handriawan *et al.* 2016). Handriawan *et al.* (2016) menunjukkan bahwa intensitas naungan 25% menurunkan hasil biji 17,41% pada kedelai Dena 1, 22,87% pada Anjasmoro, dan 12,33% pada Grobogan. Sedangkan intensitas naungan 50% menurunkan hasil biji kedelai Dena 1, Anjasmoro, dan Grobogan berturut-turut 34,38%, 45,74%, dan 23,79%. Oleh karena itu, untuk mengatasi kendala tersebut diperlukan varietas yang adaptif dan toleran terhadap naungan.

Potensi pengembangan kedelai sebagai tanaman sela di bawah tegakan kelapa di Maluku Utara masih luas. Jenis tanah perkebunan kelapa di Maluku Utara mayoritas Inceptisol. Tanah Inceptisol umumnya memiliki tingkat kesuburan rendah, pH masam, kandungan liat tinggi dengan lapisan permukaan yang mudah tercuci (Sudirja *et al.* 2006, Nasution *et al.* 2019). Aplikasi pupuk organik dan anorganik diperlukan untuk menambah ketersediaan hara dalam tanah sehingga sesuai dengan kebutuhan tanaman kedelai. Ketersediaan hara adalah faktor penentu keberhasilan meningkatkan produksi tanaman kedelai. Pemberian pupuk anorganik seperti pupuk NPK juga diperlukan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara makro N, P dan K. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pemupukan NPK meningkatkan hasil kedelai. Menurut Hapsoh *et al.* (2019), pemberian pupuk NPK dosis 125-250 kg/ha meningkatkan produksi kedelai. Deden (2015) menunjukkan bahwa pemupukan NPK Phonska dosis 350 kg/ha menghasilkan kedelai 1,91 t/ha. Pemberian 50% pupuk NPK dan 50% pupuk organik guano memperbaiki pertumbuhan tanaman, hasil biji dan komponen hasil kedelai (Wahyudin *et al.* 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan dan hasil varietas unggul kedelai yang ditanam di bawah tegakan kelapa pada beberapa macam pemupukan. Hasil penelitian ini diharapkan memberi informasi penting bagi petani bahwa lahan di antara tegakan kelapa dapat dimanfaatkan untuk budidaya kedelai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di lahan perkebunan kelapa umur 10 s/d 15 tahun, Desa Bumi Restu Wasile, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara mulai bulan Juni-September 2018 dengan ketinggian tempat 0-50 m di atas permukaan laut. Jenis tanah Inceptisol. Curah hujan di Halmahera Timur rata-rata 2.500 mm/tahun, dengan kelembaban udara 80-90% (Talib 2010). Penanaman kelapa di lokasi kajian menggunakan pola segi empat dengan jarak 9 m × 9 m. Intensitas cahaya matahari di bawah tegakan kelapa sekitar 40% yang diukur selama tiga hari berturut-turut pada tiga kali waktu pengukuran.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok faktorial (RAKF), dua faktor dengan lima ulangan. Faktor pertama adalah empat varietas kedelai yaitu Dering 1 (tahan kondisi kering dan rebah), Demas 1 (tahan rebah, polong tidak mudah pecah), Devon 1 dan Burangrang (ukuran biji besar

dan tahan rebah). Faktor kedua adalah tiga macam pemupukan, yaitu 1) 2.000 kg pupuk organik, 2) 150 kg Phonska/ha + 50kg Urea/ha, dan 3) 2.000 kg pupuk organik + 150 kg phonska + 50 kg urea/ha.

Sebelum tanam, dilakukan pengolahan tanah di antara tegakan kelapa menggunakan hand traktor, kemudian diratakan dan dibuat parit dengan ukuran 50 cm sebagai drainase di antara blok tanaman kelapa. Penanaman kedelai dilakukan dengan cara tugal 2 biji per lubang dengan jarak tanam 40×15 cm. Pupuk kandang sesuai perlakuan diberikan bersamaan dengan saat tanam, Pupuk Phonska dan Urea diberikan pada 10-14 HST dan 35 HST masing-masing 50% dari dosis perlakuan. Penyiangan gulma dilakukan pada umur 4 minggu setelah tanam (MST). Pengendalian hama dan penyakit menggunakan insektisida dan fungisida yang diaplikasikan 3 hari sekali.

Parameter pengamatan adalah pertumbuhan dan hasil. Pengamatan variabel pertumbuhan meliputi tinggi tanaman pada 10 dan 35 HST, serta jumlah cabang produktif (cabang yang menghasilkan polong). Pengamatan variabel hasil meliputi jumlah polong isi, jumlah polong hampa, bobot 100 biji dan bobot brangkas. Panen kedelai dilakukan sesuai umur panen masing-masing varietas.

Analisis data menggunakan software SAS 9.1.3 untuk mendapatkan sidik ragam (ANOVA). Ketika berpengaruh nyata, maka untuk mengetahui perbedaan perlakuan dan interaksi lebih lanjut dilakukan uji Tukey pada taraf 5%. Analisis usaha tani dihitung dari perbandingan penerimaan dan biaya (R/C rasio). Penerimaan didapat dari hasil penjualan masing-masing komoditas yang dikaji dan total biaya dihitung dari jumlah total biaya yang dikeluarkan dalam kegiatan tersebut (Soekartawi 2002).

$$\text{R/C rasio} = \frac{\text{Total penerimaan}}{\text{Total biaya}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tanah di lokasi percobaan menunjukkan bahwa tanah memiliki pH (H_2O) 6,9 sehingga reaksi tanah tergolong netral, kadar C organik tinggi, kadar N-total (Kjeldahl) sedang, kadar P_2O_5 (Bray-1) kategori sedang, dan kadar K sangat rendah (Tabel 1). Berdasarkan hasil analisis tanah tersebut, tanah di lokasi kajian termasuk kategori kurang subur bagi pertumbuhan tanaman kedelai. Oleh karena itu

diperlukan penambahan unsur hara baik organik maupun anorganik untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Penambahan pupuk organik dan kombinasi antara pupuk organik dan anorganik meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil tanaman kedelai (Muzaiyanah *et al.* 2015).

Curah hujan dan kelembaban udara di lokasi percobaan mencukupi untuk pertumbuhan tanaman kedelai (Gambar 1). Menurut Sumarno (2016), kondisi yang baik bagi pertumbuhan kedelai adalah curah hujan yang merata 100-150 mm per bulan sejak dua bulan setelah tanam dan kelembaban udara optimal 75-90% untuk stadia tumbuh hingga pengisian polong.

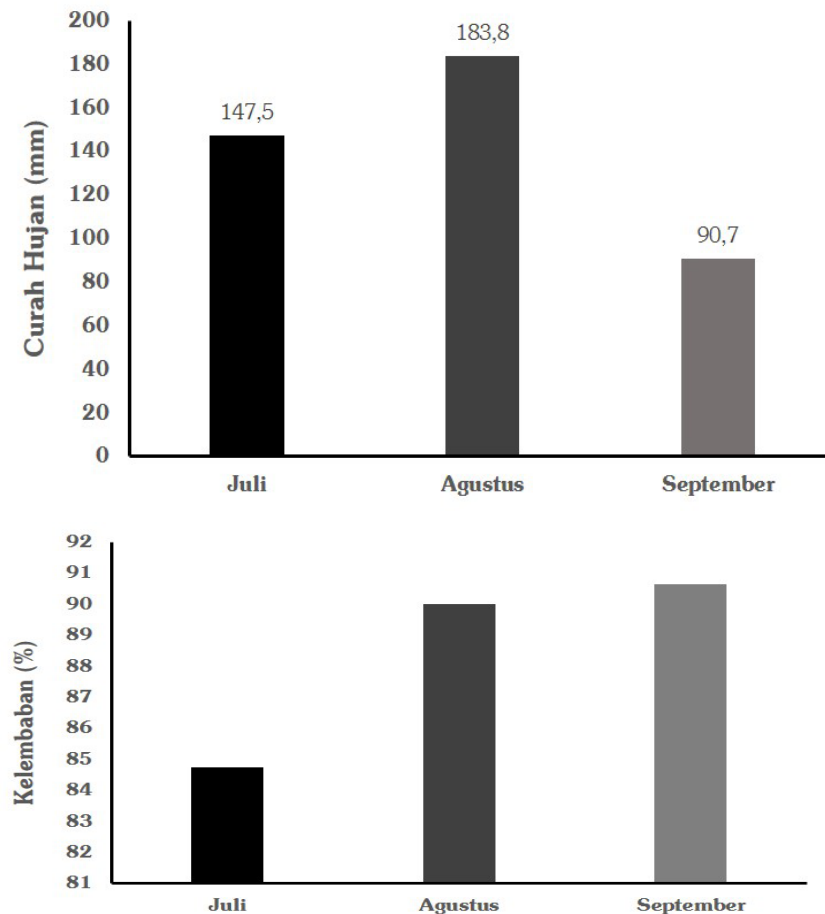
Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil analisis data diketahui bahwa tidak terdapat interaksi antara varietas dengan pemupukan terhadap tinggi tanaman kedelai (Tabel 2). Pada 10 HST, tinggi tanaman dipengaruhi oleh varietas dan tidak dipengaruhi oleh pemupukan. Varietas Dering 1 lebih tinggi dibandingkan Burangrang, meskipun dengan Demas 1 dan Devon 1 tidak berbeda nyata (Tabel 2). Pada 35 HST tinggi tanaman tidak dipengaruhi varietas maupun pemupukan. Kondisi ini menggambarkan kemampuan adaptasi yang tidak berbeda antar varietas kedelai (Dering 1, Demas 1, Devon 1 dan Burangrang) yang ditanam pada lahan kering di bawah tegakan kelapa. Pada 35 HST, tinggi tanaman antarvarietas beragam dan berkisar 54-57 cm. Keragaman tinggi tanaman tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Varietas Dering 1 menunjukkan adanya etiolasi karena faktor lingkungan yang ternaungi. Hal ini sejalan dengan Sundari (2016), bahwa cekaman naungan berakibat pada penurunan intensitas cahaya sehingga menyebabkan terjadinya etiolasi pada tanaman. Cahaya matahari merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan

Tabel 1. Hasil analisis tanah di Kecamatan Wasile, Kab. Halmahera Timur

Unsur (*)	Nilai	Kriteria
pH	6,90	Netral
C-org (%)	3,36	Tinggi
N (%)	0,29	Sedang
P_2O_5 (ppm)	8,00	Sedang
K (me/100 g)	0,06	Sangat rendah
Ca (me/100 g)	13,85	Tinggi
CTC	20,52	Sedang

Keterangan : * Dianalisis di Laboratorium Kimia Balai Penelitian Tanah. CTC : Kapasitas Tukar Kation.



Gambar 1. Curah hujan dan kelembaban udara selama periode pertumbuhan tanaman kedelai di bawah tegakan kelapa, Wasile, Halmahera Timur.

produktivitas tanaman terutama berkaitan dengan proses fotosintesis. Semakin besar naungan, maka intensitas cahaya matahari yang diperoleh semakin kecil. Naungan yang dihasilkan dari kanopi daun kelapa sebesar 40% masih memberikan ruang cahaya untuk tanaman kedelai yang berada di bawahnya. Semakin besar kanopi yang menaungi tanaman kedelai, maka akan mempengaruhi fotosintesis dan hasil tanaman kedelai. Adaptasi tanaman terhadap naungan pada dasarnya melalui dua cara yaitu a) mekanisme penghindaran (*avoidance*) yang berkaitan dengan respons perubahan anatomi dan morfologi daun untuk fotosintesis yang efisien, serta b) mekanisme toleran (*tolerance*) yang berkaitan dengan penurunan titik kompensasi cahaya serta respirasi yang efisien (Soepandi 2013).

Menurut Khalid *et al.* (2019) peningkatan naungan hingga 75% akan merusak karakteristik morfologi dan enzim rubisco (*ribulose biphosphat carboxylase*) pada tanaman kedelai karena berkurangnya cahaya akibat naungan akan menurunkan aktivitas enzim rubisco. Menurut Taiz dan Zeiger (2002), enzim Rubisco merupakan enzim yang paling

penting dalam proses reaksi gelap/siklus Calvin dalam mensintesis gula. Menurunnya aktivitas enzim ini akan menurunkan pula proses pembentukan gula/pati pada tanaman.

Menurut deskripsi, tinggi tanaman kedelai varietas Dering 1, Demas 1, Devon 1, dan Burangrang berturut-turut adalah 57 cm, 66,3 cm, 58,1 cm, dan 60-70 cm (Balitkabi 2016). Adanya penambahan tinggi yang berbeda jauh ini salah satunya disebabkan oleh adanya etiolasi. Etiolasi merupakan salah satu mekanisme yang dibangun tanaman agar dapat menangkap cahaya dalam jumlah yang banyak. Taiz dan Zeiger (2002) menyatakan bahwa naungan menyebabkan etiolasi pada tanaman karena penurunan kualitas cahaya yang diterima. Namun peningkatan tinggi tanaman secara berlebihan akan berdampak negatif seperti mudah rebah dan rentan terhadap serangan penyakit. Menurut Sundari dan Purwantoro (2014) perbedaan tinggi tanaman disebabkan oleh perbedaan tingkat naungan, semakin tinggi tingkat naungan maka akan semakin rendah tingkat penerimaan cahaya oleh tanaman kedelai sehingga memacu dominasi apikal yang menyebabkan

Tabel 2. Keragaan dan keragaman karakter generatif tanaman kedelai di bawah tegakan kelapa, Maluku Utara

Perlakuan	Tinggi tanaman 10 HST (cm)	Tinggi tanaman 35 HST (cm)	Jumlah daun 35 HST	Jumlah cabang
Varietas				
Dering-1	19,23a	57,47a	38,13a	4,00a
Demas-1	18,29ab	56,49a	36,43ab	4,06a
Devon-1	18,21ab	54,65a	36,70ab	3,96a
Burangrang	16,65b	56,65a	27,73b	3,53a
Jenis Pupuk				
Pupuk Organik 2000 kg/ha	18,47a	54,97a	32,67a	3,7a
150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	19,91a	57,60a	37,42a	4,1a
Pupuk Organik 2000 kg+150 kg Phonska +50 kg Urea/ha	17,90a	56,35a	34,15a	3,8a
KK (%)	11,30	17,42	29,75	25,53

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada perlakuan varietas dan jenis pemupukan tidak berbeda nyata pada uji Tukey 5%;
HST =Hari Setelah Tanam

pemanjangan ruas dan memperkecil diameter batang. Menurut Marlina *et al* (2015), pertumbuhan tanaman yang baik dapat tercapai apabila unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan berada dalam bentuk tersedia, seimbang, dan pada konsentrasi yang optimum, serta didukung oleh faktor lingkungannya.

Jumlah Cabang

Tidak terdapat pengaruh varietas, jenis pupuk maupun interaksinya terhadap jumlah cabang (Tabel 2). Keempat varietas kedelai menghasilkan jumlah cabang hampir sama yaitu empat cabang per tanaman. Ketiga jenis pupuk yang diberikan juga memberikan pengaruh jumlah cabang yang tidak berbeda sekitar empat cabang per tanaman. Menurut Baharsjah (1980), intensitas cahaya rendah mempengaruhi sifat morfologi dan anatomi tanaman. Tinggi tanaman semakin meningkat dengan meningkatnya persentase naungan, tetapi sebaliknya untuk jumlah buku, jumlah cabang, dan diameter cabang. Menurut Soepandie (2013), intensitas cahaya akan mempengaruhi bentuk dan anatomi tanaman seperti daun dan cabang termasuk sel epidermis dan tipe sel mesofil.

Jumlah Polong Tanaman

Jumlah polong semakin banyak terbentuk akan memungkinkan hasil semakin tinggi. Hal tersebut harus diimbangi dengan kemampuan polong yang telah terbentuk untuk mengisi biji. Hasil analisis ragam jumlah polong dan polong hampa kedelai di bawah tegakan kelapa di Kabupaten Halmahera Timur ditampilkan pada Tabel 3.

Terdapat interaksi antara varietas dengan jenis pupuk terhadap jumlah polong isi dan polong

hampa (Tabel 3). Jumlah rata-rata polong total varietas Dering 1, Demas 1, Devon 1, dan Burangrang berturut-turut adalah 73,3; 114,1; 67,0 dan 72,4 (Tabel 3). Jenis pemupukan kombinasi antara organik dan anorganik yaitu pemupukan organik + Urea + Phonska mampu menghasilkan jumlah polong total terbesar (88,8) dibandingkan hanya menggunakan pupuk organik saja (73,1) dan pupuk Urea + Phonska (83,1) namun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Jumlah polong total merupakan penjumlahan polong isi dan polong hampa. Paket pemupukan kombinasi Phonska + Urea dan Organik memberikan hasil terbaik untuk tanaman kedelai di lahan kering Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara (Wahab *et al.* 2019). Jumlah polong dari keempat varietas kedelai dengan pemupukan majemuk lebih besar (Tabel 3) karena tersedianya unsur N dan K yang membantu proses pembentukan polong. Menurut Puspasari *et al.* (2018) pemberian unsur N dalam tanah dalam jumlah cukup akan menghasilkan biji yang baik. Rataan jumlah polong hampa varietas Dering 1, Demas 1, Devon 1, dan Burangrang berturut-turut adalah 5,1; 7,1; 4,1 dan 5,0 (Tabel 3). Kombinasi antara varietas Dering 1 dengan pemupukan Phonska + Urea menghasilkan jumlah polong hampa tertinggi (9,8) dan berbeda nyata dengan perlakuan pemberian pupuk organik (2,8), dan kombinasi pupuk organik + urea + Phonska (2,6). Hal tersebut dikarenakan tidak adanya pupuk organik yang diterima oleh tanaman kedelai yang banyak mengandung unsur hara makro dan mikro. Menurut Zahrotun *et al.* (2019) pupuk organik kotoran sapi, ayam, kambing, dan bioslurry banyak mengandung unsur hara baik makro dan mikro walaupun dalam jumlah yang tidak banyak namun

bel 3. Pengaruh varietas dan jenis pemupukan terhadap jumlah polong isi dan polong hampa kedelai di bawah tegakan kelapa

Jenis Pupuk	Varietas			
	Dering 1	Demas 1	Devon 1	Burangrang
Jumlah Polong Hampa				
Pupuk Organik 2000 kg/ha	2,8b	8,2ab	4,6ab	3,9ab
150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	9,8a	7,9ab	3,5ab	4,7ab
Pupuk Organik 2000 kg + 150 kg Phonska +50 kg Urea/ha	2,6b	5,3ab	4,3ab	6,4ab
Rerata	5,1	7,1	4,1	5,0
KK (%)	55,02			
Jumlah Polong isi				
Pupuk Organik 2000 kg/ha	65,1b	96,9ab	65,6b	64,9b
150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	79,6b	105,9ab	78,1b	68,9b
Pupuk Organik 2000 kg + 150 kg Phonska +50 kg Urea/ha	75,0b	139,5a	57,3b	83,3ab
Rerata	73,3 B	114,1 A	67,0 B	72,4 B
KK (%)	32,68			

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada perlakuan varietas dan jenis pemupukan tidak berbeda nyata pada uji Tukey 5%

berguna bagi pertumbuhan tanaman. Penurunan jumlah polong dapat disebabkan adanya pengaruh naungan sehingga penerimaan cahaya oleh tanaman juga berkurang. Penyinaran cahaya matahari yang penuh dapat meningkatkan hasil fotosintesis sedangkan ketersediaan air diperakaran membantu menurunkan suhu daun yang berlebih. Peningkatan cahaya dan serapannya pada tajuk tanaman kedelai mengakibatkan ketersedian asimilat dan bobot biji kering lebih tinggi dari pada kedelai yang ternaungi. Menurut Soepandie (2013), tanaman yang tumbuh di lingkungan stres seperti adanya naungan sulit mengekspresikan kemampuan genetiknya secara penuh untuk tumbuh, berkembang dan memproduksi dengan baik, kemudian hasil kedelai juga menurun 30-60% pada kondisi stress naungan. Menurut Kuswanto *et al.* (2016) perbedaan respons genotip kedelai terhadap naungan juga dapat mempengaruhi hasil.

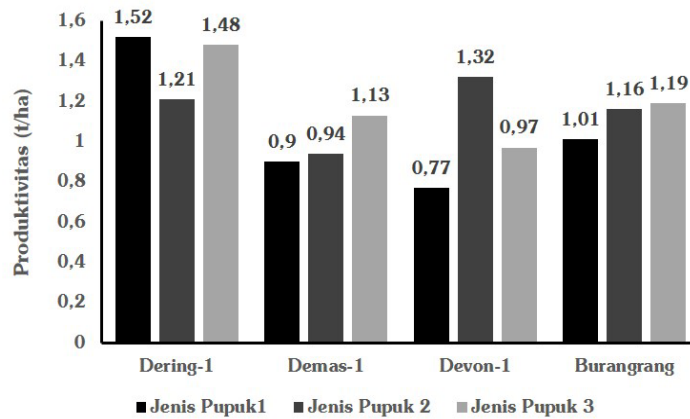
Hasil Biji dan Ukuran biji

Hasil biji dipengaruhi oleh varietas dan jenis pupuk yang diberikan (Gambar 2). Produksi biji kedelai varietas Dering 1 pada lahan di bawah tegakan kelapa dengan beberapa jenis pemupukan menghasilkan rata-rata 1,52 t/ha, 1,21 t/ha dan 1,48 t/ha.

Pada ukuran biji terdapat interaksi antara varietas dengan jenis pupuk yang diberikan (Tabel 4). Ukuran biji varietas Dering 1 dengan pupuk organik dan pupuk Organik + Phonska +Urea menghasilkan ukuran biji lebih besar dibandingkan

perlakuan lainnya. Rerata ukuran biji varietas Dering 1, Demas 1, Devon 1, dan Burangrang masing-masing 11,03 g; 9,87 g; 13,93 g; dan 15,13 g/100 biji. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pada tingkat naungan 40% di bawah tegakan kelapa, varietas Dering 1 dapat beradaptasi dengan kondisi cekaman intensitas cahaya rendah yang lebih toleran dibandingkan varietas Demas 1, Devon 1, dan Burangrang dengan kombinasi perlakuan pemupukan. Menurut Chairudin *et al.* (2015) varietas serta naungan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan agronomis maupun morfologis namun tidak untuk bobot 100 biji dan kandungan klorofil. Varietas Burangrang memiliki bobot 100 biji yang paling besar dikarenakan ukuran biji varietas Burangrang termasuk dalam kategori biji besar sehingga berbeda nyata dengan tiga varietas kedelai lainnya. Menurut Sundari dan Artari (2018), bobot biji per tanaman dipengaruhi oleh perlakuan naungan, genotipe, dan interaksi keduanya. Jumlah polong hampa varietas Dering 1 dengan perlakuan pemupukan organik dan campuran pupuk organik, Phonska dan Urea menunjukkan hasil yang terendah sehingga produktivitas yang dihasilkan juga semakin meningkat dibandingkan dengan varietas lain karena banyak terdapat polong hampa (Tabel 3). Menurut Harahap dan Siregar (2017), unsur hara dalam pupuk majemuk terdapat kandungan unsur mikro sehingga proses fisiologi berlangsung dengan baik.

Menurut Widiastuti dan Latifah (2016), setiap varietas tanaman kedelai memiliki ukuran biji yang berbeda-beda yang dipengaruhi oleh faktor



Gambar.2 Pengaruh varietas dan jenis pupuk terhadap produktivitas kedelai (t/ha) di bawah tegakan kelapa, Maluku Utara 2018. Keterangan : Pupuk 1 : 2000 kg pupuk organik/ha; Pupuk 2 : 150 kg pupuk Phonska/ha + 50 kg Urea/ha; Pupuk 3 : 2000 kg pupuk organik + 150 kg Phosnka/ha + 50 kg Urea/ha.

Tabel 4. Pengaruh varietas, pemupukan dan interaksinya terhadap berat brangkasan dan bobot 100 biji kedelai. Maluku Utara, MT 2018

Jenis Pupuk	Varietas			
	Dering 1	Demas 1	Devon 1	Burangrang
Bobot Brangkasan (gram)				
Pupuk Organik 2000 kg/ha	172,0c	361,0bc	176,0c	160,0c
150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	238,0bc	340,0bc	443,0b	229,0bc
Pupuk Organik 2000 kg+150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	198,0c	652,0a	273,0bc	264,0bc
Rata-rata	203,0	451,0	297,3	281,0
KK (%)	52,87			
Bobot 100 Biji (gram)				
Pupuk Organik 2000 kg/ha	11,50de	10,20de	12,60bc	16,40a
150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	9,40e	9,70e	14,70ab	13,10bc
Pupuk Organik 2000 kg+150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	12,20dc	9,70e	14,50ab	15,90a
Rata-rata	11,03	9,87	13,93	15,13
KK (%)			12,44	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata menurut uji Tukey 5%

genetik dan proses pengisian biji. Ukuran biji maksimum tiap tanaman ditentukan secara genetik, namun ukuran biji yang terbentuk ditentukan oleh lingkungan semasa pengisian biji. Bobot polong sangat dipengaruhi oleh penimbunan hasil fotosintesis. Penimbunan hasil fotosintesis pada polong dapat maksimal jika ketersediaan air dan hara tanaman tersedia optimal. Bobot biji sangat menentukan hasil kedelai (Wahyuningsih *et al.* 2017). Menurut Sundari dan Susanto (2016) dalam pemilihan kedelai toleran kondisi naungan, jumlah polong isi yang dihasilkan merupakan salah satu kriteria yang menentukan.

Kelayakan Usahatani Kedelai di bawah Tegakan Kelapa

Produksi kedelai pada penelitian ini umumnya tidak mencapai produksi potensial, disebabkan tanaman kedelai diusahakan di bawah naungan

kelapa. Hasil analisis usahatani introduksi kedelai di bawah tegakan kelapa ditampilkan pada Tabel 5. Perhitungan dilakukan untuk satu musim tanam kedelai dan satu kali panen kelapa berbentuk kopra. Harga jual kopra dan kedelai pada saat penelitian masing-masing Rp4000/kg kopra, dan Rp11.000/kg kedelai. Tabel 6 memperlihatkan bahwa usahatani tumpangsari kedelai di bawah tegakan kelapa meningkatkan keuntungan petani kelapa. Usahatani kelapa secara monokultur hanya menghasilkan keuntungan Rp1.080.000,-/panen dengan R/C 1,79 sedangkan bila ditumpangsarikan dengan kedelai (dengan varietas dan perlakuan pupuk penelitian) menghasilkan keuntungan Rp4.402.000,-/panen dengan R/C 1,55 yang berarti layak untuk diusahakan.

Hasil analisis R/C tumpangsari kelapa-kedelai terendah terdapat pada kombinasi kedelai varietas Devon 1 + pemupukan organik (1,09). Nilai R/C

Tabel 5. Analisis usahatani tumpangsari kedelai di bawah tegakan kelapa. Halmahera Utara, MT 2018

No Usahatani	Biaya (Rp)	Produksi (Kg)	Penerimaan (Rp)	Keuntungan (Rp)	R/C
1 Monokultur:					
- Kelapa	1.360.000	610	2.440.000	1.080.000	1,79
- Kedelai	7.640.000	2.010	22.110.000	14.470.000	2,89
2 Tumpangsari Kelapa					
Dering 1; pemupukan organik	7.640.000	1.521	16.731.000	9.091.000	2,19
Dering 1; Pemupukan Phonska + Urea	7.475.000	1.215	13.365.000	5.890.000	1,79
Dering 1; pemupukan organik + Phonska + Urea	8.975.000	1.485	16.335.000	7.360.000	1,82
Demas 1; pemupukan organik	7.640.000	909	9.999.000	2.359.000	1,31
Demas 1; pemupukan Phonska+ Urea	7.475.000	940	10.335.600	2.860.600	1,38
Demas 1; pemupukan organik + Phonska+ Urea	8.975.000	1.134	12.474.000	3.499.000	1,39
Devon 1; pemupukan organik	7.790.000	770	8.474.400	684.400	1,09
Devon 1; pemupukan Phonska+ Urea	7.625.000	1.323	14.553.000	6.928.000	1,91
Devon 1; pemupukan organik + Phonska + Urea	9.125.000	972	10.692.000	1.567.000	1,17
Burangrang; pemupukan organik	7.790.000	1.017	11.187.000	3.397.000	1,44
Burangrang; pemupukan Phonska + Urea	7.625.000	1.161	12.771.000	5.146.000	1,67
Burangrang; pemupukan organik + Phonska + Urea	9.125.000	1.197	13.167.000	4.042.000	1,44
Rata-rata	8.105.000	1.137	12.507.000	4.402.000	1,55

Keterangan: dihitung untuk satu musim tanam kedelai

tertinggi dihasilkan kombinasi kedelai varietas Dering 1 dan pemupukan organik (2,19). Hal tersebut menunjukkan bahwa pola tanam tumpang sari kelapa-kedelai varietas Dering dengan pemupukan organik paling layak diusahakan dibandingkan kombinasi varietas dan pemupukan yang lain, walaupun secara produksi kombinasi tersebut tidak memberikan hasil produksi yang lebih tinggi. Hal tersebut bisa disebabkan faktor kondisi kesuburan tanah sehingga berpengaruh terhadap produksi.

KESIMPULAN

Di bawah tegakan pohon kelapa yang ditanam dengan jarak tanam 9 m × 9 m umur 10-15 tahun, populasi kelapa sebesar 80% dari sistem tanam monokultur dapat ditanami kedelai sebagai tanaman sela. Pada kondisi dengan tingkat naungan rata-rata 40%, varietas Dering 1 dengan pupuk organik 2000 kg/ha mampu menghasilkan biji 1,52 t/ha, dan lebih tinggi dibandingkan dengan hasil varietas kedelai lainnya. Jumlah polong tertinggi dihasilkan oleh varietas Demas 1 (114 polong/tanaman). Varietas Dering 1 dan Demas 1 potensial dapat dikembangkan pada lahan dengan intensitas cahaya 40% di bawah tegakan kelapa, dengan menambah keuntungan usahatani kelapa sebesar Rp 4.402.000/panen kedelai dengan nilai R/C 1,55 sehingga layak untuk diusahakan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami sampaikan ucapan terimakasih kepada Bapak Dr. Ir. Bram Brahantiyo, M.Si, selaku Kepala BPTP Maluku Utara, Kang Untung, Kang Rame dan Bapak Rasidi selaku pemilih lahan perkebunan kelapa serta Bapak Sarjono yang telah membantu dalam proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asadi, Arsyad DM. 1991. Adaptasi varietas kedelai pada pertanaman tumpangsari dan naungan buatan. Dalam : Hardjosumadi S, Machmud M, Tjokrowinoto S, *et al.* (eds). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Bogor Tahun 1991. Vol II. Pusat Penelitian Tanaman Pangan.
- Baharsjah JS. 1980. Pengaruh Naungan pada Berbagai Tahap Perkembangan dan Populasi Tanaman terhadap Pertumbuhan, Hasil, dan Komponen Hasil Kedelai (*Glycine max* (L) Merr.). [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Balitkabi. [Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi]. 2016. Deskripsi Varietas Kedelai. www.balitkabi.litbang.pertanian.go.id. (Diakses 14 Mei 2019).
- BPS Maluku Utara [Badan Pusat Statistik Maluku Utara]. 2018. Maluku Utara dalam angka 2017. www.bps.go.id (Diakses 19 Februari 2019).
- BPS Maluku Utara [Badan Pusat Statistik Maluku Utara]. 2019. Maluku Utara dalam angka 2018. www.bps.go.id (Diakses 14 Mei 2019).

- Chairudin C, Efendi E, Sabarudin S. 2015. Dampak Naungan Terhadap Perubahan Karakter Agronomi dan morfo-fisiologi Daun Pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Floratek* 10(1): 26-35
- Deden. 2015. Pengaruh Jarak Tanam dan Aplikasi Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max L. Merrill*) Varietas Kaba. *Agrikultura* 26(2): 90-98.
- Fikriati M, Trikoesoemaningtyas, Wirnas D. 2009. Uji daya hasil lanjutan kedelai (*Glycine max L.*) toleran naungan di bawah tegakan karet rakyat di Kabupaten Sarolangun, Jambi. Makalah Seminar. Departemen Agronomi dan Hortikultura. Institut Pertanian Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/> (Diakses 28 Mei 2021)
- Handriawan, A., Respatie DW, Tohari, T. (2017). Pengaruh intensitas naungan terhadap pertumbuhan dan hasil tiga kultivar kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*) di lahan pasir Pantai Bugel, Kulon Progo. *Vegetalika* 5(3): 1-14.
- Hapsah, Hairunisa W. 2019. Pengaruh Pemberian Pupuk NPK terhadap Produktivitas Kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*). *J. Agron. Indonesia*. 47(2) : 149-155
- Harahap S M, Siregar I H. 2017. Uji Efektivitas Pupuk Majemuk NPK pada Tanaman Kacang Tanah di Sumatera Utara. Hlm. 428-435. Dalam: Pratiwi H, Sulistyio A, Lestari SAD, *et al.* (eds). *Prosiding Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Khalid M, Raza M, Yu H, Sun F, Zhang Y, Lu F, Li W C. 2019. Effect of shade treatments on morphology, photosynthetic and chlorophyll fluorescence characteristics of soybeans (*Glycine max L. Merr.*). *Applied Ecology and Environmental Research* 17(2): 2551-2569.
- Kuswantoro H, Magfiro L, Respatijarti, Susanto GWA, Artari R. 2016. Respons Beberapa Genotipe Kedelai Terhadap Naungan. Hlm 58-65. Dalam : Rahmianna AA, Sholihin, Nugraheni N, *et al.* (Eds). *Prosiding Hasil Penelitian Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2015*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Marlina E, Anom E, Yoseva S. 2015. Pengaruh Pemberian Pupuk NPK Organik Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*). *Jom Faperta* 2(1) : 1-13
- Mehran, Chairunas, Bakar BA, Azis A. 2017. Keragaan Empat varietas kedelai lahan sawah dan lahan kering di Aceh Timur. Hlm. 326-334. Dalam: Rahmiana AA, Harnowo D, Sholihin, *et al.* (eds). *Prosiding Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2016*. Balai Penelitian Aneka Kacang dan Umbi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Muzaiyanah S, Kristiono A, Subandi. 2017. Pengaruh Pupuk Organik Kaya Hara Santap NM1 dan Santap NM2 terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai pada Tanah Vertisol. *Buletin Palawija*. 13(1): 74-82
- Nasution RFY, Syamsudin S, Syafrudin S. 2019. Pengaruh Jenis Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Cabai (*Capsicum annum L*) pada tanah Inceptisol Krueng Raya Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 4(1): 108-117
- Purba R. 2016. Respon Pertumbuhan dan Produksi Kedelai terhadap Pemupukan Hayati pada Lahan Kering di Pandeglang, Banten. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Pertanian*. 19(3): 253-261
- Puspasari R, Karyawati A S, Sitompul SM. 2018. Pembentukan polong dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max L*) dengan pemberian nitrogen pada fase generatif. *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(6): 1096-1102
- Soekartawi. 2002. Analisis Usahatani. UI Press. Jakarta
- Sudirja R. 2007. Respon Beberapa Sifat Kimia Inceptisol asal Rajamandala dan Hasil Bibit Kakao Melalui Pemberian Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Lembaga Penelitian Universitas Padjajaran. Bandung
- Sumarno, Manshuri AG. 2013. Persyaratan Tumbuh dan Wilayah Produksi Kedelai di Indonesia. Dalam : Sumarno, Suyanto, A. Widjono, Hermanto dan H. Kasim (Eds.): *Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Sundari T. 2016. Penampilan galur-galur kedelai toleran naungan di dua lingkungan. *Buletin Palawija*. 14 (2): 63-70
- Sundari T, Artari R. 2018. Respon Galur-galur kedelai terhadap naungan. *Buletin Palawija*. 16(1): 27-35
- Sundari T, Purwantoro. 2014. Respon Galur-galur kedelai terhadap naungan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 33(1): 27-35
- Sundari T, Susanto GWA. 2016. Pertumbuhan dan hasil biji genotipe kedelai di berbagai intensitas naungan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 34(3): 203-217.
- Supriadi H, Luntungan HT. 2002. Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang tanah (*Arachis hypogea*) dan Sengon (*Paraserianthes falcataria*) di Antara Tanaman Kelapa di Sukabumi Jawa Barat. *Jurnal Littri*. 8(4): 126-131
- Taiz L, Zeiger E. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc., Pub. Sunderland, Massachusetts.
- Talib H. 2010. Analisis Kesenjangan Pembangunan Wilayah di Kabupaten Halmahera Timur. Program Studi Ilmu Perencanaan Wilayah. [Tesis]. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor

- Wahab A, Adnan AM, Sarjoni, Karimuna SR. 2019. Paket Pemupukan Kedelai pada Lahan Kering Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 3(1): 31-34
- Wahyudin A, Wicaksono FY, Irwan AW, Ruminta R, Fitriani R. 2017. Respons tanaman kedelai (*Glycine max*) varietas Wilis akibat pemberian berbagai dosis pupuk N, P, K, dan pupuk guano pada tanamn Inceptisol Jatinangor. *Jurnal Kultivasi* 16(2): 333 - 339
- Wahyuningsih S, Rianto SA, Kuntastyuti H, Taufiq A. 2016. Pupuk Kandang dan NPK pada Kedelai Biji Besar di Lahan Sawah Entisol Grobogan. Hlm.190-195. Dalam: Rahmiana AA, Sholihin, Nugraheni N, *et al.* (eds). *Prosiding Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi* 2015. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Widiastuti E, Latifah E. 2016. Keragaan Pertumbuhan dan Biomassa Varietas Kedelai (*Glycine max* (L)) di Lahan Sawah dengan Aplikasi Pupuk Organik Cair. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 21(2): 90-97.
- Yulius F, Bambang ET, Enny R. 2009. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Umur Panen Terhadap Pertumbuhan, Produksi dan Kualitas Hasil Temulawak Di Antara Tanaman Kelapa. *Bul. Littro*. 20(2): 131-140.
- Zahrotun N, Yafizham. Fuskah E. 2019. Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L) pada berbagai dosis dan jenis pupuk organik. *Jurnal Agro Complex*. 3(1): 8-14
-

Pertumbuhan dan Produktivitas Beberapa Varietas Kedelai di Bawah Tegakan Kelapa

Growth and Productivity of Soybean Varieties Under Coconut Plantation

**Bayu Suwitono, Himawan Bayu Aji, Yayat Hidayat,
Hermawati Cahyaningrum, Fredy Lala, Kisey Bina Habehaan**

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Maluku Utara
Jl. Komplek Pertanian Kusu No.1 Kecamatan Oba Utara Kota Tidore Kepulauan 97852
*E-mail: : suwitonobayu9@gmail.com

NASKAH DITERIMA 25 AGUSTUS 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 24 MEI 2021

ABSTRAK

Di Maluku Utara, perkebunan kelapa umumnya ditanam secara monokultur. Menanam kedelai di antara tegakan kelapa diharapkan dapat meningkatkan pendapatan petani dan pemanfaatan lahan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui tingkat adaptasi beberapa varietas unggul kedelai pada sistem tanam tumpangsari di antara tegakan kelapa. Penelitian dilaksanakan di lahan perkebunan kelapa umur 10-15 tahun, jenis tanah inceptisols, Desa Bumi Restu, Kecamatan Wasile Timur, Kabupaten Halmahera Timur mulai bulan Juni hingga September 2018. Penelitian menggunakan RAK Faktorial, dengan lima ulangan. Faktor pertama adalah empat varietas kedelai (Dering 1, Demas 1, Devon 1 dan Burangrang). Faktor kedua adalah jenis pemupukan (pupuk organik, pupuk organik + pupuk NPK phonska, dan pupuk organik + pupuk NPK phonska + pupuk Urea). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedelai dengan populasi 80% dapat ditanam secara monokultur di bawah tegakan kelapa dengan intensitas cahaya hingga 40%. Kombinasi perlakuan varietas Dering 1 dengan pupuk organik 2 t/ha mampu menghasilkan biji 1,52 ton/ha, lebih tinggi dibandingkan varietas kedelai lainnya. Jumlah polong tertinggi dihasilkan oleh varietas Demas 1 yaitu 114 polong/tanaman. Varietas Dering 1 dan Demas 1 berpotensi untuk dikembangkan di lorong-lorong lahan perkebunan kelapa umur 10-15 tahun dengan intensitas cahaya hingga 40%. Penanaman kedelai tersebut layak untuk dikembangkan, karena petani kelapa dapat tambahan keuntungan sebesar Rp. 4.402.000/panen kedelai dengan nilai R/C 1,55.

Kata kunci: kedelai, kelapa, tumpangsari, varietas

ABSTRACT

Coconut plantation in North Maluku are normally planted in monoculture, therefore using the land in between the coconut plants by growing seasonal crops, such as soybeans can increase the income of farmers. The aim of this study was to determine the adaptation of selected improved varieties of soybeans in the intercropping system between coconut plants. The research activity was carried out in the coconut plantations aged 10-15 years belonged to inceptisols soil in Bumi Restu Village, East Wasile District, North Maluku from

June to September 2018. The study used a factorial randomized block design with two factors and five replicates. The first factor was four varieties of soybeans (Dering 1, Demas 1, Devon 1 and Burangrang). The second factor was the type of fertilization (organic fertilization, organic fertilizer + NPK fertilizer, and organic fertilizer + NPK fertilizer + Urea fertilizer). The results showed that 80% of the monoculture cropping system could be planted under the coconut plants with a shading intensity of 40%. Dering 1 variety treated with 2 t/ha of organic fertilizer was able to produce 1.52 tons/ha that was higher than other varieties. The highest number of pods was produced by Demas 1, about 114 pods/plant. This indicates that Dering 1 and Demas 1 varieties have the potential to be developed as intercropping under the coconut plants. The increase in profits gained from this coconut farming intercropped with soybean was IDR 4,402,000/soybean harvest with a R/C value of 1.55, indicating that soybean cultivation in such cropping pattern is feasible to be developed.

Keywords: coconut, intercropping, soybean, varieties

PENDAHULUAN

Maluku Utara memiliki lahan kelapa cukup luas yang mencapai 217,141 ha, tersebar di Halmahera Utara, Halmahera Barat, Halmahera Timur, dan Halmahera Tengah dengan produksi 232.277 t/tahun (BPS 2018). Hasil utama dari perkebunan kelapa di Maluku Utara adalah kopra, di mana harganya sangat berfluktuasi sehingga ketika harga kopra turun dapat merugikan petani. Hal ini karena di sebagian besar areal perkebunan kelapa ditanam secara monokultur. Lahan di bawah tegakan kelapa lebih dimanfaatkan untuk tempat memelihara ternak sapi (lepas-ikat) dan dibiarkan tanpa digarap (bero). Pendapatan petani kelapa dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan lahan di antara tegakan kelapa yang selama ini hanya diberokan, salah satunya dengan penanaman kedelai.

Kedelai merupakan salah satu komoditas strategis nasional selain jagung yang menjadi prioritas Kementerian Pertanian untuk terus ditingkatkan

produksinya melalui intensifikasi dan ekstensifikasi (Purba 2016). Salah satu upaya ekstensifikasi adalah menanam kedelai di bawah tegakan kelapa. Selama ini petani kelapa di Maluku Utara hanya menanam kelapa secara monokultur dan belum memanfaatkan lahan di antara tegakan kelapa dengan tanaman semusim seperti jagung atau kedelai. Menurut Supriadi dan Luntungan (2002), lahan di bawah tegakan kelapa akan produktif apabila ditanami tanaman pangan sebab pengolahan tanah di antara tegakan tanaman kelapa tidak mengganggu perakaran tanaman. Pada perkebunan kelapa, tanaman kelapa memanfaatkan 80% lahan dan masih tersedia 20% yang dapat digunakan untuk tanaman sela, misalnya kedelai. Lahan di bawah tegakan kelapa umur 4-6 tahun mempunyai intersepsi cahaya sekitar 60-80% dan pada umur tanaman lebih dari 8 tahun intersepsi cahaya sebesar 43% (Yulius *et al.* 2009).

Budidaya tanaman kedelai secara tumpangsari dengan tanaman perkebunan, tanaman industri, tanaman hutan, dan tanaman pangan merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan produksi kedelai nasional (Chairudin *et al.* 2015). Namun permasalahan yang dihadapi dalam budidaya tumpangsari adalah adanya naungan dari tanaman pokok. Tanaman kedelai yang ternaungi mengalami penurunan hasil 6-25% pada tumpangsari kedelai-jagung 2-56% pada tingkat naungan 33%, dan 10-40% jika naungan sebesar 50% (Asadi 1991; Handayani 2003 *cit* Handriawan *et al.* 2016). Pada tahun 2017 luas panen kedelai di Provinsi Maluku Utara mencapai 453 ha, dengan produksi 475 ton dan produktivitas 1 t/ha (BPS 2018). Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan varietas unggul kedelai toleran naungan. Namun sebelum didiseminasikan kepada petani perlu dilakukan uji adaptasi varietas (Mehran *et al.* 2017).

Keberadaan naungan mempengaruhi tinggi tanaman, jumlah cabang, diameter cabang, umur berbunga, umur panen, jumlah polong, bobot biji, bobot kering tanaman, indeks luas daun, laju asimilasi bersih, dan laju pertumbuhan tanaman (Fikriati *et al.* 2009; Handriawan *et al.* 2016). Handriawan *et al.* (2016) menunjukkan bahwa intensitas naungan 25% menurunkan hasil biji 17,41% pada kedelai Dena 1, 22,87% pada Anjasmoro, dan 12,33% pada Grobogan. Sedangkan intensitas naungan 50% menurunkan hasil biji kedelai Dena 1, Anjasmoro, dan Grobogan berturut-turut 34,38%, 45,74%, dan 23,79%. Oleh karena itu, untuk mengatasi kendala tersebut diperlukan varietas yang adaptif dan toleran terhadap naungan.

Potensi pengembangan kedelai sebagai tanaman sela di bawah tegakan kelapa di Maluku Utara masih luas. Jenis tanah perkebunan kelapa di Maluku Utara mayoritas Inceptisol. Tanah Inceptisol umumnya memiliki tingkat kesuburan rendah, pH masam, kandungan liat tinggi dengan lapisan permukaan yang mudah tercuci (Sudirja *et al.* 2006, Nasution *et al.* 2019). Aplikasi pupuk organik dan anorganik diperlukan untuk menambah ketersediaan hara dalam tanah sehingga sesuai dengan kebutuhan tanaman kedelai. Ketersediaan hara adalah faktor penentu keberhasilan meningkatkan produksi tanaman kedelai. Pemberian pupuk anorganik seperti pupuk NPK juga diperlukan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara makro N, P dan K. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa pemupukan NPK meningkatkan hasil kedelai. Menurut Hapsoh *et al.* (2019), pemberian pupuk NPK dosis 125-250 kg/ha meningkatkan produksi kedelai. Deden (2015) menunjukkan bahwa pemupukan NPK Phonska dosis 350 kg/ha menghasilkan kedelai 1,91 t/ha. Pemberian 50% pupuk NPK dan 50% pupuk organik guano memperbaiki pertumbuhan tanaman, hasil biji dan komponen hasil kedelai (Wahyudin *et al.* 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan dan hasil varietas unggul kedelai yang ditanam di bawah tegakan kelapa pada beberapa macam pemupukan. Hasil penelitian ini diharapkan memberi informasi penting bagi petani bahwa lahan di antara tegakan kelapa dapat dimanfaatkan untuk budidaya kedelai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di lahan perkebunan kelapa umur 10 s/d 15 tahun, Desa Bumi Restu Wasile, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara mulai bulan Juni-September 2018 dengan ketinggian tempat 0-50 m di atas permukaan laut. Jenis tanah Inceptisol. Curah hujan di Halmahera Timur rata-rata 2.500 mm/tahun, dengan kelembaban udara 80-90% (Talib 2010). Penanaman kelapa di lokasi kajian menggunakan pola segi empat dengan jarak 9 m × 9 m. Intensitas cahaya matahari di bawah tegakan kelapa sekitar 40% yang diukur selama tiga hari berturut-turut pada tiga kali waktu pengukuran.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok faktorial (RAKF), dua faktor dengan lima ulangan. Faktor pertama adalah empat varietas kedelai yaitu Dering 1 (tahan kondisi kering dan rebah), Demas 1 (tahan rebah, polong tidak mudah pecah), Devon 1 dan Burangrang (ukuran biji besar

dan tahan rebah). Faktor kedua adalah tiga macam pemupukan, yaitu 1) 2.000 kg pupuk organik, 2) 150 kg Phonska/ha + 50kg Urea/ha, dan 3) 2.000 kg pupuk organik + 150 kg phonska + 50 kg urea/ha.

Sebelum tanam, dilakukan pengolahan tanah di antara tegakan kelapa menggunakan hand traktor, kemudian diratakan dan dibuat parit dengan ukuran 50 cm sebagai drainase di antara blok tanaman kelapa. Penanaman kedelai dilakukan dengan cara tugal 2 biji per lubang dengan jarak tanam 40×15 cm. Pupuk kandang sesuai perlakuan diberikan bersamaan dengan saat tanam, Pupuk Phonska dan Urea diberikan pada 10-14 HST dan 35 HST masing-masing 50% dari dosis perlakuan. Penyiangan gulma dilakukan pada umur 4 minggu setelah tanam (MST). Pengendalian hama dan penyakit menggunakan insektisida dan fungisida yang diaplikasikan 3 hari sekali.

Parameter pengamatan adalah pertumbuhan dan hasil. Pengamatan variabel pertumbuhan meliputi tinggi tanaman pada 10 dan 35 HST, serta jumlah cabang produktif (cabang yang menghasilkan polong). Pengamatan variabel hasil meliputi jumlah polong isi, jumlah polong hampa, bobot 100 biji dan bobot brangkas. Panen kedelai dilakukan sesuai umur panen masing-masing varietas.

Analisis data menggunakan software SAS 9.1.3 untuk mendapatkan sidik ragam (ANOVA). Ketika berpengaruh nyata, maka untuk mengetahui perbedaan perlakuan dan interaksi lebih lanjut dilakukan uji Tukey pada taraf 5%. Analisis usaha tani dihitung dari perbandingan penerimaan dan biaya (R/C rasio). Penerimaan didapat dari hasil penjualan masing-masing komoditas yang dikaji dan total biaya dihitung dari jumlah total biaya yang dikeluarkan dalam kegiatan tersebut (Soekartawi 2002).

$$\text{R/C rasio} = \frac{\text{Total penerimaan}}{\text{Total biaya}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tanah di lokasi percobaan menunjukkan bahwa tanah memiliki pH (H_2O) 6,9 sehingga reaksi tanah tergolong netral, kadar C organik tinggi, kadar N-total (Kjeldahl) sedang, kadar P_2O_5 (Bray-1) kategori sedang, dan kadar K sangat rendah (Tabel 1). Berdasarkan hasil analisis tanah tersebut, tanah di lokasi kajian termasuk kategori kurang subur bagi pertumbuhan tanaman kedelai. Oleh karena itu

diperlukan penambahan unsur hara baik organik maupun anorganik untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Penambahan pupuk organik dan kombinasi antara pupuk organik dan anorganik meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil tanaman kedelai (Muzaiyanah *et al.* 2015).

Curah hujan dan kelembaban udara di lokasi percobaan mencukupi untuk pertumbuhan tanaman kedelai (Gambar 1). Menurut Sumarno (2016), kondisi yang baik bagi pertumbuhan kedelai adalah curah hujan yang merata 100-150 mm per bulan sejak dua bulan setelah tanam dan kelembaban udara optimal 75-90% untuk stadia tumbuh hingga pengisian polong.

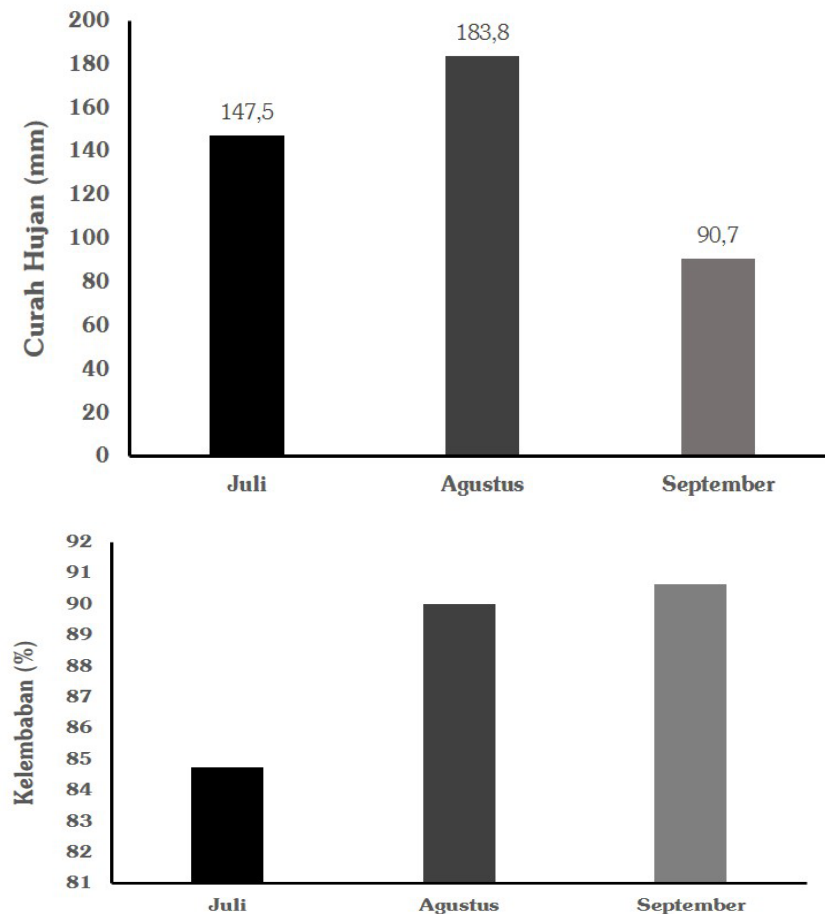
Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil analisis data diketahui bahwa tidak terdapat interaksi antara varietas dengan pemupukan terhadap tinggi tanaman kedelai (Tabel 2). Pada 10 HST, tinggi tanaman dipengaruhi oleh varietas dan tidak dipengaruhi oleh pemupukan. Varietas Dering 1 lebih tinggi dibandingkan Burangrang, meskipun dengan Demas 1 dan Devon 1 tidak berbeda nyata (Tabel 2). Pada 35 HST tinggi tanaman tidak dipengaruhi varietas maupun pemupukan. Kondisi ini menggambarkan kemampuan adaptasi yang tidak berbeda antar varietas kedelai (Dering 1, Demas 1, Devon 1 dan Burangrang) yang ditanam pada lahan kering di bawah tegakan kelapa. Pada 35 HST, tinggi tanaman antarvarietas beragam dan berkisar 54-57 cm. Keragaman tinggi tanaman tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Varietas Dering 1 menunjukkan adanya etiolasi karena faktor lingkungan yang ternaungi. Hal ini sejalan dengan Sundari (2016), bahwa cekaman naungan berakibat pada penurunan intensitas cahaya sehingga menyebabkan terjadinya etiolasi pada tanaman. Cahaya matahari merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan

Tabel 1. Hasil analisis tanah di Kecamatan Wasile, Kab. Halmahera Timur

Unsur (*)	Nilai	Kriteria
pH	6,90	Netral
C-org (%)	3,36	Tinggi
N (%)	0,29	Sedang
P_2O_5 (ppm)	8,00	Sedang
K (me/100 g)	0,06	Sangat rendah
Ca (me/100 g)	13,85	Tinggi
CTC	20,52	Sedang

Keterangan : * Dianalisis di Laboratorium Kimia Balai Penelitian Tanah. CTC : Kapasitas Tukar Kation.



Gambar 1. Curah hujan dan kelembaban udara selama periode pertumbuhan tanaman kedelai di bawah tegakan kelapa, Wasile, Halmahera Timur.

produktivitas tanaman terutama berkaitan dengan proses fotosintesis. Semakin besar naungan, maka intensitas cahaya matahari yang diperoleh semakin kecil. Naungan yang dihasilkan dari kanopi daun kelapa sebesar 40% masih memberikan ruang cahaya untuk tanaman kedelai yang berada di bawahnya. Semakin besar kanopi yang menaungi tanaman kedelai, maka akan mempengaruhi fotosintesis dan hasil tanaman kedelai. Adaptasi tanaman terhadap naungan pada dasarnya melalui dua cara yaitu a) mekanisme penghindaran (*avoidance*) yang berkaitan dengan respons perubahan anatomi dan morfologi daun untuk fotosintesis yang efisien, serta b) mekanisme toleran (*tolerance*) yang berkaitan dengan penurunan titik kompensasi cahaya serta respirasi yang efisien (Soepandi 2013).

Menurut Khalid *et al.* (2019) peningkatan naungan hingga 75% akan merusak karakteristik morfologi dan enzim rubisco (*ribulose biphosphat carboxylase*) pada tanaman kedelai karena berkurangnya cahaya akibat naungan akan menurunkan aktivitas enzim rubisco. Menurut Taiz dan Zeiger (2002), enzim Rubisco merupakan enzim yang paling

penting dalam proses reaksi gelap/siklus Calvin dalam mensintesis gula. Menurunnya aktivitas enzim ini akan menurunkan pula proses pembentukan gula/pati pada tanaman.

Menurut deskripsi, tinggi tanaman kedelai varietas Dering 1, Demas 1, Devon 1, dan Burangrang berturut-turut adalah 57 cm, 66,3 cm, 58,1 cm, dan 60-70 cm (Balitkabi 2016). Adanya penambahan tinggi yang berbeda jauh ini salah satunya disebabkan oleh adanya etiolasi. Etiolasi merupakan salah satu mekanisme yang dibangun tanaman agar dapat menangkap cahaya dalam jumlah yang banyak. Taiz dan Zeiger (2002) menyatakan bahwa naungan menyebabkan etiolasi pada tanaman karena penurunan kualitas cahaya yang diterima. Namun peningkatan tinggi tanaman secara berlebihan akan berdampak negatif seperti mudah rebah dan rentan terhadap serangan penyakit. Menurut Sundari dan Purwantoro (2014) perbedaan tinggi tanaman disebabkan oleh perbedaan tingkat naungan, semakin tinggi tingkat naungan maka akan semakin rendah tingkat penerimaan cahaya oleh tanaman kedelai sehingga memacu dominasi apikal yang menyebabkan

Tabel 2. Keragaan dan keragaman karakter generatif tanaman kedelai di bawah tegakan kelapa, Maluku Utara

Perlakuan	Tinggi tanaman 10 HST (cm)	Tinggi tanaman 35 HST (cm)	Jumlah daun 35 HST	Jumlah cabang
Varietas				
Dering-1	19,23a	57,47a	38,13a	4,00a
Demas-1	18,29ab	56,49a	36,43ab	4,06a
Devon-1	18,21ab	54,65a	36,70ab	3,96a
Burangrang	16,65b	56,65a	27,73b	3,53a
Jenis Pupuk				
Pupuk Organik 2000 kg/ha	18,47a	54,97a	32,67a	3,7a
150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	19,91a	57,60a	37,42a	4,1a
Pupuk Organik 2000 kg+150 kg Phonska +50 kg Urea/ha	17,90a	56,35a	34,15a	3,8a
KK (%)	11,30	17,42	29,75	25,53

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada perlakuan varietas dan jenis pemupukan tidak berbeda nyata pada uji Tukey 5%;
HST =Hari Setelah Tanam

pemanjangan ruas dan memperkecil diameter batang. Menurut Marlina *et al* (2015), pertumbuhan tanaman yang baik dapat tercapai apabila unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan berada dalam bentuk tersedia, seimbang, dan pada konsentrasi yang optimum, serta didukung oleh faktor lingkungannya.

Jumlah Cabang

Tidak terdapat pengaruh varietas, jenis pupuk maupun interaksinya terhadap jumlah cabang (Tabel 2). Keempat varietas kedelai menghasilkan jumlah cabang hampir sama yaitu empat cabang per tanaman. Ketiga jenis pupuk yang diberikan juga memberikan pengaruh jumlah cabang yang tidak berbeda sekitar empat cabang per tanaman. Menurut Baharsjah (1980), intensitas cahaya rendah mempengaruhi sifat morfologi dan anatomi tanaman. Tinggi tanaman semakin meningkat dengan meningkatnya persentase naungan, tetapi sebaliknya untuk jumlah buku, jumlah cabang, dan diameter cabang. Menurut Soepandie (2013), intensitas cahaya akan mempengaruhi bentuk dan anatomi tanaman seperti daun dan cabang termasuk sel epidermis dan tipe sel mesofil.

Jumlah Polong Tanaman

Jumlah polong semakin banyak terbentuk akan memungkinkan hasil semakin tinggi. Hal tersebut harus diimbangi dengan kemampuan polong yang telah terbentuk untuk mengisi biji. Hasil analisis ragam jumlah polong dan polong hampa kedelai di bawah tegakan kelapa di Kabupaten Halmahera Timur ditampilkan pada Tabel 3.

Terdapat interaksi antara varietas dengan jenis pupuk terhadap jumlah polong isi dan polong

hampa (Tabel 3). Jumlah rata-rata polong total varietas Dering 1, Demas 1, Devon 1, dan Burangrang berturut-turut adalah 73,3; 114,1; 67,0 dan 72,4 (Tabel 3). Jenis pemupukan kombinasi antara organik dan anorganik yaitu pemupukan organik + Urea + Phonska mampu menghasilkan jumlah polong total terbesar (88,8) dibandingkan hanya menggunakan pupuk organik saja (73,1) dan pupuk Urea + Phonska (83,1) namun tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Jumlah polong total merupakan penjumlahan polong isi dan polong hampa. Paket pemupukan kombinasi Phonska + Urea dan Organik memberikan hasil terbaik untuk tanaman kedelai di lahan kering Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara (Wahab *et al.* 2019). Jumlah polong dari keempat varietas kedelai dengan pemupukan majemuk lebih besar (Tabel 3) karena tersedianya unsur N dan K yang membantu proses pembentukan polong. Menurut Puspasari *et al.* (2018) pemberian unsur N dalam tanah dalam jumlah cukup akan menghasilkan biji yang baik. Rataan jumlah polong hampa varietas Dering 1, Demas 1, Devon 1, dan Burangrang berturut-turut adalah 5,1; 7,1; 4,1 dan 5,0 (Tabel 3). Kombinasi antara varietas Dering 1 dengan pemupukan Phonska + Urea menghasilkan jumlah polong hampa tertinggi (9,8) dan berbeda nyata dengan perlakuan pemberian pupuk organik (2,8), dan kombinasi pupuk organik + urea + Phonska (2,6). Hal tersebut dikarenakan tidak adanya pupuk organik yang diterima oleh tanaman kedelai yang banyak mengandung unsur hara makro dan mikro. Menurut Zahrotun *et al.* (2019) pupuk organik kotoran sapi, ayam, kambing, dan bioslurry banyak mengandung unsur hara baik makro dan mikro walaupun dalam jumlah yang tidak banyak namun

bel 3. Pengaruh varietas dan jenis pemupukan terhadap jumlah polong isi dan polong hampa kedelai di bawah tegakan kelapa

Jenis Pupuk	Varietas			
	Dering 1	Demas 1	Devon 1	Burangrang
Jumlah Polong Hampa				
Pupuk Organik 2000 kg/ha	2,8b	8,2ab	4,6ab	3,9ab
150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	9,8a	7,9ab	3,5ab	4,7ab
Pupuk Organik 2000 kg + 150 kg Phonska +50 kg Urea/ha	2,6b	5,3ab	4,3ab	6,4ab
Rerata	5,1	7,1	4,1	5,0
KK (%)	55,02			
Jumlah Polong isi				
Pupuk Organik 2000 kg/ha	65,1b	96,9ab	65,6b	64,9b
150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	79,6b	105,9ab	78,1b	68,9b
Pupuk Organik 2000 kg + 150 kg Phonska +50 kg Urea/ha	75,0b	139,5a	57,3b	83,3ab
Rerata	73,3 B	114,1 A	67,0 B	72,4 B
KK (%)	32,68			

Keterangan : Angka yang diikuti huruf sama pada perlakuan varietas dan jenis pemupukan tidak berbeda nyata pada uji Tukey 5%

berguna bagi pertumbuhan tanaman. Penurunan jumlah polong dapat disebabkan adanya pengaruh naungan sehingga penerimaan cahaya oleh tanaman juga berkurang. Penyinaran cahaya matahari yang penuh dapat meningkatkan hasil fotosintesis sedangkan ketersediaan air diperakaran membantu menurunkan suhu daun yang berlebih. Peningkatan cahaya dan serapannya pada tajuk tanaman kedelai mengakibatkan ketersediaan asimilat dan bobot biji kering lebih tinggi dari pada kedelai yang ternaungi. Menurut Soepandie (2013), tanaman yang tumbuh di lingkungan stres seperti adanya naungan sulit mengekspresikan kemampuan genetiknya secara penuh untuk tumbuh, berkembang dan memproduksi dengan baik, kemudian hasil kedelai juga menurun 30-60% pada kondisi stress naungan. Menurut Kuswanto *et al.* (2016) perbedaan respons genotip kedelai terhadap naungan juga dapat mempengaruhi hasil.

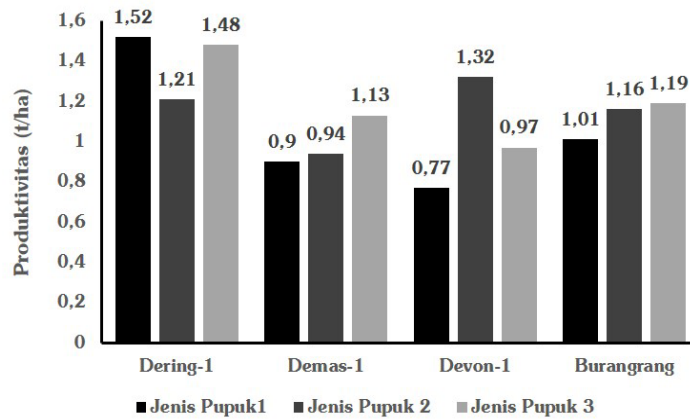
Hasil Biji dan Ukuran biji

Hasil biji dipengaruhi oleh varietas dan jenis pupuk yang diberikan (Gambar 2). Produksi biji kedelai varietas Dering 1 pada lahan di bawah tegakan kelapa dengan beberapa jenis pemupukan menghasilkan rata-rata 1,52 t/ha, 1,21 t/ha dan 1,48 t/ha.

Pada ukuran biji terdapat interaksi antara varietas dengan jenis pupuk yang diberikan (Tabel 4). Ukuran biji varietas Dering 1 dengan pupuk organik dan pupuk Organik + Phonska +Urea menghasilkan ukuran biji lebih besar dibandingkan

perlakuan lainnya. Rerata ukuran biji varietas Dering 1, Demas 1, Devon 1, dan Burangrang masing-masing 11,03 g; 9,87 g; 13,93 g; dan 15,13 g/100 biji. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pada tingkat naungan 40% di bawah tegakan kelapa, varietas Dering 1 dapat beradaptasi dengan kondisi cekaman intensitas cahaya rendah yang lebih toleran dibandingkan varietas Demas 1, Devon 1, dan Burangrang dengan kombinasi perlakuan pemupukan. Menurut Chairudin *et al.* (2015) varietas serta naungan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan agronomis maupun morfologis namun tidak untuk bobot 100 biji dan kandungan klorofil. Varietas Burangrang memiliki bobot 100 biji yang paling besar dikarenakan ukuran biji varietas Burangrang termasuk dalam kategori biji besar sehingga berbeda nyata dengan tiga varietas kedelai lainnya. Menurut Sundari dan Artari (2018), bobot biji per tanaman dipengaruhi oleh perlakuan naungan, genotipe, dan interaksi keduanya. Jumlah polong hampa varietas Dering 1 dengan perlakuan pemupukan organik dan campuran pupuk organik, Phonska dan Urea menunjukkan hasil yang terendah sehingga produktivitas yang dihasilkan juga semakin meningkat dibandingkan dengan varietas lain karena banyak terdapat polong hampa (Tabel 3). Menurut Harahap dan Siregar (2017), unsur hara dalam pupuk majemuk terdapat kandungan unsur mikro sehingga proses fisiologi berlangsung dengan baik.

Menurut Widiastuti dan Latifah (2016), setiap varietas tanaman kedelai memiliki ukuran biji yang berbeda-beda yang dipengaruhi oleh faktor



Gambar.2 Pengaruh varietas dan jenis pupuk terhadap produktivitas kedelai (t/ha) di bawah tegakan kelapa, Maluku Utara 2018. Keterangan : Pupuk 1 : 2000 kg pupuk organik/ha; Pupuk 2 : 150 kg pupuk Phonska/ha + 50 kg Urea/ha; Pupuk 3 : 2000 kg pupuk organik + 150 kg Phosnka/ha + 50 kg Urea/ha.

Tabel 4. Pengaruh varietas, pemupukan dan interaksinya terhadap berat brangkasan dan bobot 100 biji kedelai. Maluku Utara, MT 2018

Jenis Pupuk	Varietas			
	Dering 1	Demas 1	Devon 1	Burangrang
Bobot Brangkasan (gram)				
Pupuk Organik 2000 kg/ha	172,0c	361,0bc	176,0c	160,0c
150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	238,0bc	340,0bc	443,0b	229,0bc
Pupuk Organik 2000 kg+150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	198,0c	652,0a	273,0bc	264,0bc
Rata-rata	203,0	451,0	297,3	281,0
KK (%)	52,87			
Bobot 100 Biji (gram)				
Pupuk Organik 2000 kg/ha	11,50de	10,20de	12,60bc	16,40a
150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	9,40e	9,70e	14,70ab	13,10bc
Pupuk Organik 2000 kg+150 kg Phonska+50 kg Urea/ha	12,20dc	9,70e	14,50ab	15,90a
Rata-rata	11,03	9,87	13,93	15,13
KK (%)			12,44	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata menurut uji Tukey 5%

genetik dan proses pengisian biji. Ukuran biji maksimum tiap tanaman ditentukan secara genetik, namun ukuran biji yang terbentuk ditentukan oleh lingkungan semasa pengisian biji. Bobot polong sangat dipengaruhi oleh penimbunan hasil fotosintesis. Penimbunan hasil fotosintesis pada polong dapat maksimal jika ketersediaan air dan hara tanaman tersedia optimal. Bobot biji sangat menentukan hasil kedelai (Wahyuningsih *et al.* 2017). Menurut Sundari dan Susanto (2016) dalam pemilihan kedelai toleran kondisi naungan, jumlah polong isi yang dihasilkan merupakan salah satu kriteria yang menentukan.

Kelayakan Usahatani Kedelai di bawah Tegakan Kelapa

Produksi kedelai pada penelitian ini umumnya tidak mencapai produksi potensial, disebabkan tanaman kedelai diusahakan di bawah naungan

kelapa. Hasil analisis usahatani introduksi kedelai di bawah tegakan kelapa ditampilkan pada Tabel 5. Perhitungan dilakukan untuk satu musim tanam kedelai dan satu kali panen kelapa berbentuk kopra. Harga jual kopra dan kedelai pada saat penelitian masing-masing Rp4000/kg kopra, dan Rp11.000/kg kedelai. Tabel 6 memperlihatkan bahwa usahatani tumpangsari kedelai di bawah tegakan kelapa meningkatkan keuntungan petani kelapa. Usahatani kelapa secara monokultur hanya menghasilkan keuntungan Rp1.080.000,-/panen dengan R/C 1,79 sedangkan bila ditumpangsarikan dengan kedelai (dengan varietas dan perlakuan pupuk penelitian) menghasilkan keuntungan Rp4.402.000,-/panen dengan R/C 1,55 yang berarti layak untuk diusahakan.

Hasil analisis R/C tumpangsari kelapa-kedelai terendah terdapat pada kombinasi kedelai varietas Devon 1 + pemupukan organik (1,09). Nilai R/C

Tabel 5. Analisis usahatani tumpangsari kedelai di bawah tegakan kelapa. Halmahera Timur, MT 2018

No Usahatani	Biaya (Rp)	Produksi (Kg)	Penerimaan (Rp)	Keuntungan (Rp)	R/C
1 Monokultur:					
- Kelapa	1.360.000	610	2.440.000	1.080.000	1,79
- Kedelai	7.640.000	2.010	22.110.000	14.470.000	2,89
2 Tumpangsari Kelapa					
Dering 1; pemupukan organik	7.640.000	1.521	16.731.000	9.091.000	2,19
Dering 1; Pemupukan Phonska + Urea	7.475.000	1.215	13.365.000	5.890.000	1,79
Dering 1; pemupukan organik + Phonska + Urea	8.975.000	1.485	16.335.000	7.360.000	1,82
Demas 1; pemupukan organik	7.640.000	909	9.999.000	2.359.000	1,31
Demas 1; pemupukan Phonska + Urea	7.475.000	940	10.335.600	2.860.600	1,38
Demas 1; pemupukan organik + Phonska + Urea	8.975.000	1.134	12.474.000	3.499.000	1,39
Devon 1; pemupukan organik	7.790.000	770	8.474.400	684.400	1,09
Devon 1; pemupukan Phonska + Urea	7.625.000	1.323	14.553.000	6.928.000	1,91
Devon 1; pemupukan organik + Phonska + Urea	9.125.000	972	10.692.000	1.567.000	1,17
Burangrang; pemupukan organik	7.790.000	1.017	11.187.000	3.397.000	1,44
Burangrang; pemupukan Phonska + Urea	7.625.000	1.161	12.771.000	5.146.000	1,67
Burangrang; pemupukan organik + Phonska + Urea	9.125.000	1.197	13.167.000	4.042.000	1,44
Rata-rata	8.105.000	1.137	12.507.000	4.402.000	1,55

Keterangan: dihitung untuk satu musim tanam kedelai

tertinggi dihasilkan kombinasi kedelai varietas Dering 1 dan pemupukan organik (2,19). Hal tersebut menunjukkan bahwa pola tanam tumpang sari kelapa-kedelai varietas Dering dengan pemupukan organik paling layak diusahakan dibandingkan kombinasi varietas dan pemupukan yang lain, walaupun secara produksi kombinasi tersebut tidak memberikan hasil produksi yang lebih tinggi. Hal tersebut bisa disebabkan faktor kondisi kesuburan tanah sehingga berpengaruh terhadap produksi.

KESIMPULAN

Di bawah tegakan pohon kelapa yang ditanam dengan jarak tanam 9 m × 9 m umur 10-15 tahun, populasi kelapa sebesar 80% dari sistem tanam monokultur dapat ditanami kedelai sebagai tanaman sela. Pada kondisi dengan tingkat naungan rata-rata 40%, varietas Dering 1 dengan pupuk organik 2000 kg/ha mampu menghasilkan biji 1,52 t/ha, dan lebih tinggi dibandingkan dengan hasil varietas kedelai lainnya. Jumlah polong tertinggi dihasilkan oleh varietas Demas 1 (114 polong/tanaman). Varietas Dering 1 dan Demas 1 potensial dapat dikembangkan pada lahan dengan intensitas cahaya 40% di bawah tegakan kelapa, dengan menambah keuntungan usahatani kelapa sebesar Rp 4.402.000/panen kedelai dengan nilai R/C 1,55 sehingga layak untuk diusahakan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami sampaikan ucapan terimakasih kepada Bapak Dr. Ir. Bram Brahantiyo, M.Si, selaku Kepala BPTP Maluku Utara, Kang Untung, Kang Rame dan Bapak Rasidi selaku pemilih lahan perkebunan kelapa serta Bapak Sarjono yang telah membantu dalam proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asadi, Arsyad DM. 1991. Adaptasi varietas kedelai pada pertanaman tumpangsari dan naungan buatan. Dalam : Hardjosumadi S, Machmud M, Tjokrowinoto S, *et al.* (eds). Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Bogor Tahun 1991. Vol II. Pusat Penelitian Tanaman Pangan.
- Baharsjah JS. 1980. Pengaruh Naungan pada Berbagai Tahap Perkembangan dan Populasi Tanaman terhadap Pertumbuhan, Hasil, dan Komponen Hasil Kedelai (*Glycine max* (L) Merr.). [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Balitkabi. [Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi]. 2016. Deskripsi Varietas Kedelai. www.balitkabi.litbang.pertanian.go.id. (Diakses 14 Mei 2019).
- BPS Maluku Utara [Badan Pusat Statistik Maluku Utara]. 2018. Maluku Utara dalam angka 2017. www.bps.go.id (Diakses 19 Februari 2019).
- BPS Maluku Utara [Badan Pusat Statistik Maluku Utara]. 2019. Maluku Utara dalam angka 2018. www.bps.go.id (Diakses 14 Mei 2019).

- Chairudin C, Efendi E, Sabarudin S. 2015. Dampak Naungan Terhadap Perubahan Karakter Agronomi dan morfo-fisiologi Daun Pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Floratek* 10(1): 26-35
- Deden. 2015. Pengaruh Jarak Tanam dan Aplikasi Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max L. Merrill*) Varietas Kaba. *Agrikultura* 26(2): 90-98.
- Fikriati M, Trikoesoemaningtyas, Wirnas D. 2009. Uji daya hasil lanjutan kedelai (*Glycine max L.*) toleran naungan di bawah tegakan karet rakyat di Kabupaten Sarolangun, Jambi. Makalah Seminar. Departemen Agronomi dan Hortikultura. Institut Pertanian Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/> (Diakses 28 Mei 2021)
- Handriawan, A., Respatie DW, Tohari, T. (2017). Pengaruh intensitas naungan terhadap pertumbuhan dan hasil tiga kultivar kedelai (*Glycine max (L.) Merrill*) di lahan pasir Pantai Bugel, Kulon Progo. *Vegetalika* 5(3): 1-14.
- Hapsoh, Hairunisa W. 2019. Pengaruh Pemberian Pupuk NPK terhadap Produktivitas Kedelai (*Glycine max (L) Merrill*). *J. Agron. Indonesia*. 47(2) : 149-155
- Harahap S M, Siregar I H. 2017. Uji Efektivitas Pupuk Majemuk NPK pada Tanaman Kacang Tanah di Sumatera Utara. Hlm. 428-435. Dalam: Pratiwi H, Sulistyio A, Lestari SAD, *et al.* (eds). *Prosiding Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Khalid M, Raza M, Yu H, Sun F, Zhang Y, Lu F, Li W C. 2019. Effect of shade treatments on morphology, photosynthetic and chlorophyll fluorescence characteristics of soybeans (*Glycine max L. Merr.*). *Applied Ecology and Environmental Research* 17(2): 2551-2569.
- Kuswantoro H, Magfiro L, Respatijarti, Susanto GWA, Artari R. 2016. Respons Beberapa Genotipe Kedelai Terhadap Naungan. Hlm 58-65. Dalam : Rahmianna AA, Sholihin, Nugraheni N, *et al.* (Eds). *Prosiding Hasil Penelitian Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2015*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Marlina E, Anom E, Yoseva S. 2015. Pengaruh Pemberian Pupuk NPK Organik Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (*Glycine max (L) Merrill*). *Jom Faperta* 2(1) : 1-13
- Mehran, Chairunas, Bakar BA, Azis A. 2017. Keragaan Empat varietas kedelai lahan sawah dan lahan kering di Aceh Timur. Hlm. 326-334. Dalam: Rahmiana AA, Harnowo D, Sholihin, *et al.* (eds). *Prosiding Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2016*. Balai Penelitian Aneka Kacang dan Umbi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Muzaiyanah S, Kristiono A, Subandi. 2017. Pengaruh Pupuk Organik Kaya Hara Santap NM1 dan Santap NM2 terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai pada Tanah Vertisol. *Buletin Palawija*. 13(1): 74-82
- Nasution RFY, Syamsudin S, Syafrudin S. 2019. Pengaruh Jenis Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Cabai (*Capsicum annum L*) pada tanah Inceptisol Krueng Raya Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 4(1): 108-117
- Purba R. 2016. Respon Pertumbuhan dan Produksi Kedelai terhadap Pemupukan Hayati pada Lahan Kering di Pandeglang, Banten. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Pertanian*. 19(3): 253-261
- Puspasari R, Karyawati A S, Sitompul SM. 2018. Pembentukan polong dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max L*) dengan pemberian nitrogen pada fase generatif. *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(6): 1096-1102
- Soekartawi. 2002. Analisis Usahatani. UI Press. Jakarta
- Sopandie D. 2013. Fisiologi Adaptasi Tanaman Terhadap Cekaman Abiotik Pada Agroekosistem Tropika. IPB Press. Bogor
- Sudirja R. 2007. Respon Beberapa Sifat Kimia Inceptisol asal Rajamandala dan Hasil Bibit Kakao Melalui Pemberian Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Lembaga Penelitian Universitas Padjajaran. Bandung
- Sumarno, Manshuri AG. 2013. Persyaratan Tumbuh dan Wilayah Produksi Kedelai di Indonesia. Dalam : Sumarno, Suyanto, A. Widjono, Hermanto dan H. Kasim (Eds.): *Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Sundari T. 2016. Penampilan galur-galur kedelai toleran naungan di dua lingkungan. *Buletin Palawija*. 14 (2): 63-70
- Sundari T, Artari R. 2018. Respon Galur-galur kedelai terhadap naungan. *Buletin Palawija*. 16(1): 27-35
- Sundari T, Purwantoro. 2014. Respon Galur-galur kedelai terhadap naungan. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 33(1): 27-35
- Sundari T, Susanto GWA. 2016. Pertumbuhan dan hasil biji genotipe kedelai di berbagai intensitas naungan. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 34(3): 203-217.
- Supriadi H, Luntungan HT. 2002. Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang tanah (*Arachis hypogea*) dan Sengon (*Paraserianthes falcataria*) di Antara Tanaman Kelapa di Sukabumi Jawa Barat. *Jurnal Littri*. 8(4): 126-131
- Taiz L, Zeiger E. 2002. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc., Pub. Sunderland, Massachusetts.
- Talib H. 2010. Analisis Kesenjangan Pembangunan

- Wilayah di Kabupaten Halmahera Timur. Program Studi Ilmu Perencanaan Wilayah. [Tesis]. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Wahab A, Adnan AM, Sarjoni, Karimuna SR. 2019. Paket Pemupukan Kedelai pada Lahan Kering Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 3(1): 31-34
- Wahyudin A, Wicaksono FY, Irwan AW, Ruminta R, Fitriani R. 2017. Respons tanaman kedelai (*Glycine max*) varietas Wilis akibat pemberian berbagai dosis pupuk N, P, K, dan pupuk guano pada tanamn Inceptisol Jatinangor. *Jurnal Kultivasi* 16(2): 333 - 339
- Wahyuningsih S, Rianto SA, Kuntastyuti H, Taufiq A. 2016. Pupuk Kandang dan NPK pada Kedelai Biji Besar di Lahan Sawah Entisol Grobogan. Hlm.190-195. Dalam: Rahmiana AA, Sholihin, Nugraheni N, *et al.* (eds). *Prosiding Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi* 2015. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Widiastuti E, Latifah E. 2016. Keragaan Pertumbuhan dan Biomassa Varietas Kedelai (*Glycine max* (L)) di Lahan Sawah dengan Aplikasi Pupuk Organik Cair. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 21(2): 90-97.
- Yulius F, Bambang ET, Enny R. 2009. Pengaruh Intensitas Cahaya dan Umur Panen Terhadap Pertumbuhan, Produksi dan Kualitas Hasil Temulawak Di Antara Tanaman Kelapa. *Bul. Littro*. 20(2): 131-140.
- Zahrotun N, Yafizham. Fuskhah E. 2019. Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L) pada berbagai dosis dan jenis pupuk organik. *Jurnal Agro Complex*. 3(1): 8-14
-

***Beauveria Bassiana*: Biopestisida Ramah Lingkungan dan Efektif untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman**

Beauveria bassiana: The Eco-friendly and Effective Biopesticide to Control Pest and Plant Diseases

Marida Santi Yudha Ika Bayu, Yusmani Prayogo, Sri Wahyuni Indiaty

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Jalan Raya Kendalpayak Km 8 Malang 65162

*E-mail: yusmani.prayogo@yahoo.com

NASKAH DITERIMA 25 AGUSTUS 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 24 MEI 2021

ABSTRAK

Beauveria bassiana merupakan salah satu jenis cendawan entomopatogen yang termasuk dalam divisi Ascomycota, kelas Sordariomycetes, ordo Hypocreales dan famili Clavicipitaceae. *B. bassiana* dapat membunuh seluruh stadia serangga pada berbagai jenis hama tanaman dari ordo Homoptera, Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera, Orthoptera, Isoptera, Diptera, dan Hymenoptera. Efikasi *B. bassiana* dipengaruhi oleh berbagai jenis enzim yang dihasilkan yaitu: kitinase, protease, amilase, dan lipase yang berfungsi sebagai pendegradasi lapisan integumen serangga. Efikasi cendawan juga dipengaruhi oleh produksi toksin yang terdiri dari beauvericin, bassianin, bassiacridin, beauvericin, bassianolide, cyclosporine, oosporein, dan tenellin yang dapat mengganggu sistem syaraf dan membunuh serangga sasaran. Keunggulan *B. bassiana* bersifat ovisidal yang dapat menggagalkan penetasan telur selain membunuh stadia nimfa/larva maupun imago, sehingga dapat menekan perkembangan populasi dan menghambat terjadinya peledakan hama. Kelebihan lain *B. Bassiana*, yaitu bersifat endofit yang dapat menghambat perkembangan patogen tular tanah maupun penyakit karat daun (*Phakopsora pachyrhizi*), embun tepung (*Microsphaera diffusa*), dan embun bulu (*Peronospora manshurica*). Cendawan *B. Bassiana* juga bersifat ramah lingkungan sehingga aman terhadap kelangsungan hidup musuh alami dan hewan ternak serta tidak mencemari sumber air maupun lingkungan. Aplikasi *B. bassiana* dapat menekan terjadinya resistensi maupun resurgensi. Waktu aplikasi *B. bassiana* dianjurkan pada sore hari dengan frekuensi aplikasi tiga kali. Cendawan *B. bassiana* prospektif untuk digunakan sebagai biopestisida dalam mengendalikan hama dan penyakit tanaman, ramah lingkungan, serta dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pestisida sintetik.

Kata kunci: *Beauveria bassiana*, Biopestisida, efikasi, teknologi pengendalian

ABSTRACT

Beauveria bassiana is one of the entomopathogenic fungi belonging to the Ascomycota division, Sordariomycetes class, Hypocreales order, and Clavicipitaceae family. *B. bassiana* is toxic to all stages of insect from the ordo of Homoptera, Hemiptera,

Coleoptera, Lepidoptera, Orthoptera, Isoptera, Diptera, and Hymenoptera. The efficacy of *B. bassiana* was influenced by the enzymes produced (chitinase, protease, amylase, and lypase) that play an important role in degrading insect integument layer. The efficacy of these fungi was also influenced by the toxin produced (beauvericin, bassianin, bassiacridin, beauvericin, bassianolide, cyclosporine, oosporein, and tenellin) which may interfere the nervous system and toxic to kill the target insects. This entomopathogenic fungus can thwart the eggs hatching as well as kill the nymphs/larvae and adult insects. Consequently, the population growth can be suppressed and the pest explosion can be inhibited. *B. bassiana* is endophytic thus it can suppress the development of soil-borne disease and rust (*Phakopsora pachyrhizi*), powdery mildew (*Microsphaera diffusa*), and downy mildew (*Prenonospora manshurica*). *B. bassiana* is also environmentally friendly, therefore it is safe for the survival of natural enemies, livestock, and does not pollute the water and environment. The application of *B. bassiana* can suppress the occurrence of pest resistance and resurgence. *B. bassiana* was recommended to be applied in the afternoon with the frequency of three times a week. *B. bassiana* is prospective to be used as a biopesticide for controlling pests and plant diseases and can be used as an alternative to synthetic pesticides.

Keywords: Biopesticide, *Beauveria bassiana*, control technology, efficacy

PENDAHULUAN

Salah satu program dari Nawa Cita Presiden Republik Indonesia adalah mensukseskan swasembada pangan khususnya komoditas utama yaitu padi, jagung dan kedelai. Swasembada pangan dapat dicapai melalui ekstensifikasi dengan perluasan areal tanam maupun intensifikasi dengan peningkatan indeks pertanaman (IP). Peningkatan IP 300 menjadi IP 400 secara langsung menyebabkan penggunaan lahan semakin intensif sehingga tidak menyisakan waktu jeda, dan sepanjang tahun satu macam komoditas. Kondisi demikian dapat memicu terjadinya ekosistem monokultur yang berakibat meningkatnya perkembangan populasi spesies hama

tertentu dan memicu terjadinya peledakan (*outbreak*) karena keanekaragaman hayati semakin terbatas. Dalam upaya penyelamatan hasil dari peningkatan indeks pertanaman umumnya dilakukan aplikasi pestisida sintetik yang berlebihan. Kegiatan ini bertujuan untuk melindungi tanaman dari serangan hama maupun penyakit, namun tidak disadari hal tersebut dapat memicu terjadinya resistensi dan resurgensi. Resistensi terjadi karena sebagian besar serangga hama yang mampu bertahan akan membentuk kekebalan yang semakin meningkat, selanjutnya generasi serangga yang dihasilkan semakin tahan terhadap insektisida sintetik. Sementara itu, resurgensi terjadi akibat seluruh populasi musuh alami, umumnya predator generalis dari Ordo Coleoptera, Famili Coccinellidae dan parasitoid telur dari Ordo Hymenoptera, Famili Trichogrammatidae mati terbunuh, serangga berguna umumnya lebih rentan terhadap pestisida sintetik sehingga populasi hama berkembang lebih leluasa (Tsujt *et al.* 2011; Wang *et al.* 2012& 2013; Skouras *et al.* 2019).

Salah satu teknologi pengendalian hama dan penyakit yang dapat menekan terjadinya resistensi dan resurgensi adalah pengendalian hayati dengan memanfaatkan musuh alami. *Beauveria bassiana* merupakan salah satu jenis cendawan entomopatogen yang banyak dikembangkan sebagai agens hayati untuk mengendalikan berbagai jenis hama dan penyakit (Parsa *et al.* 2013; Hajjar *et al.* 2015; Dal Bello *et al.* 2018; Bayu dan Prayogo 2018; Ramakuwela *et al.* 2020). Keberhasilan pengendalian hayati menggunakan *B. bassiana* karena agens hayati tersebut mampu membunuh seluruh stadia serangga hingga 96% dan memiliki kisaran inang yang cukup luas meliputi Ordo Homoptera, Hemiptera, Ortoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Diptera, Isoptera, dan Hymenoptera serta tidak menyebabkan resistensi pada serangga sasaran (Gao *et al.* 2012; Prayogo 2013; Mascarin dan Jaronski 2016). Selain itu, *B. bassiana* juga menghasilkan metabolit sekunder yang efektif menekan intensitas penyakit yang disebabkan oleh patogen tular tanah hingga 99% (Soesanto *et al.* 2021).

Salah satu faktor yang mempengaruhi efikasi *B. bassiana* yaitu virulensi cendawan akibat terjadinya keragaman antarisolat (Ortiz *et al.* 2016; Prabhukarthikeyan *et al.* 2017; Dhar *et al.* 2019; Boston *et al.* 2020). Sementara itu, keragaman antarisolat berpengaruh langsung terhadap produksi jenis enzim dan toksin yang dihasilkan sebagai senjata utama dalam membunuh serangga dan patogen sasaran (Khan *et al.* 2016; Saleem dan Ibrahim 2019; da Silva *et al.* 2020; Sayed *et al.* 2021).

Serangkaian kegiatan telah dilakukan untuk mendapatkan isolat cendawan *B. bassiana* yang memiliki virulensi tinggi melalui eksplorasi, isolasi, dan uji efikasi (Prayogo dan Tantawizal 2016). Setelah mendapatkan isolat cendawan yang virulen dilakukan uji formulasi sederhana salah satunya dalam bentuk tepung untuk memudahkan pengguna pada waktu aplikasi di lapangan. Campuran formulasi menggunakan tepung dari ubikayu atau ubijalar. Virulensi konidia *B. bassiana* dalam formulasi tepung mampu bertahan 20-22 bulan dalam penyimpanan. Pengembangan teknologi pengendalian hama menggunakan agens hayati berbahan aktif dari konidia cendawan *B. bassiana* telah dipromosikan di beberapa kegiatan gelar teknologi untuk mengendalikan hama penyakit utama kedelai yang dikemas dalam kegiatan “Budidaya Kedelai Non Pestisida Kimia (Budenopi) dan penggerek umbi ubijalar (*Cylas formicarius*) dengan luasan masing-masing hingga 50 hektar (Prayogo 2017; Prayogo dan Bayu 2019). Hasil gelar teknologi mengindikasikan bahwa pengembangan biopestisida *B. bassiana* dengan menerapkan anjuran aplikasi sebanyak enam kali dengan dosis 2 g/l ternyata dapat menekan perkembangan populasi hama kepik coklat *Riptortus linearis*, kutu kebul *Bemisia tabaci*, dan ulat grayak *Spodoptera litura* dibandingkan dengan efikasi insektisida deltametrin.

Aktivitas biopestisida *B. bassiana* dilaporkan juga dapat menekan perkembangan penyakit *grey mold* yang menginfeksi lebih dari 200 jenis tanaman, terutama pada tomat dan cabai yang menyebabkan busuk daun dan buah (Wang dan Xu 2012; Barra-Bucarei *et al.* 2019). Selain itu, *B. bassiana* juga mampu menghambat perkembangan penyakit layu yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Aspergillus niger*, *Rhizopus oryzae*, *Chrysosporium tropicum*, *Alternaria tenuissima*, maupun *Myrethecium roridum* (Parine *et al.* 2010; El Kichaoui *et al.* 2017). Selanjutnya, Kumar *et al.* (2008) dan Soesanto *et al.* (2020) menyatakan bahwa cendawan *B. bassiana* dapat menekan perkembangan penyakit yang disebabkan oleh virus pada cabai. Bahkan, metabolit sekunder dari *B. bassiana* dapat menghambat penyakit benih dan tular tanah yang disebabkan oleh *Verticillium dahliae*, dan *Phytophthora megasperma*, dan *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* (Brownbridge *et al.* 2012; Lozano-Tovar *et al.* 2013 & 2017; Soesanto *et al.* 2021).

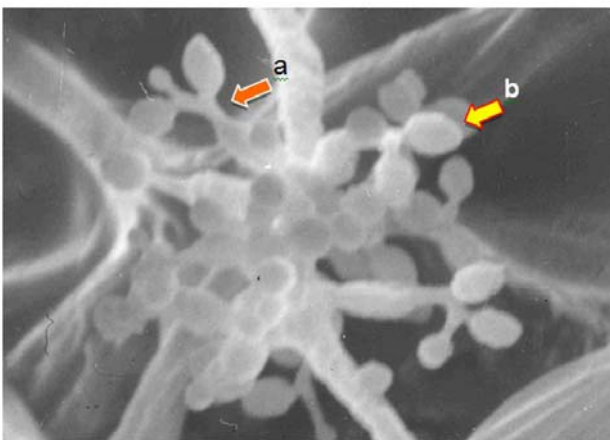
Makalah ini memaparkan efikasi dan keunggulan *B. bassiana* sebagai calon biopestisida yang ramah lingkungan yang dapat digunakan untuk mengendalikan berbagai jenis hama dan penyakit tanaman.

BIOEKOLOGI

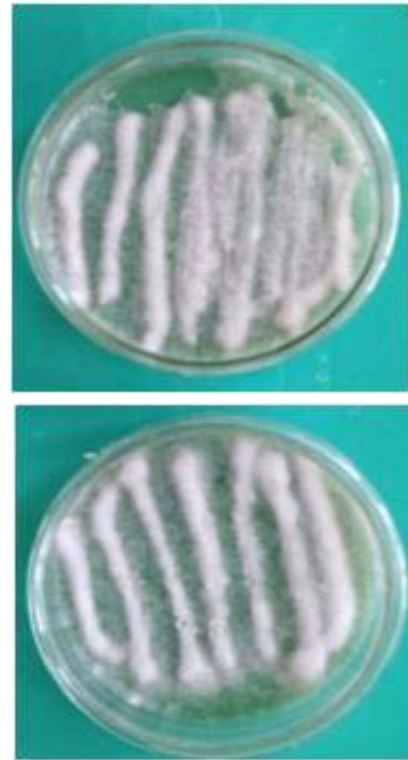
Cendawan Entomopatogen *B. bassiana*

Beauveria bassiana termasuk dalam divisi Ascomycota, kelas Sordariomycetes, ordo Hypocreales, dan famili Clavicipitaceae. Ciri khas *B. bassiana* adalah karakter konidiofor yang berbentuk zig-zag sebagai pendukung terbentuknya konidia (Gambar 1). Konidia berbentuk bulat hingga oval, bersel satu, hialin, ukuran konidia berkisar 2-3 μ m yang terbentuk pada setiap pucuk konidiofor. Hifa *B. bassiana* berukuran 1,5-2,1 μ m, hialin, bersekat, dan bercabang. Miselium berupa benang-benang halus berwarna putih namun dengan perkembangan umur maka warna berubah menjadi kuning pucat (Kumar *et al.* 2016). Koloni cendawan *B. bassiana* berwarna putih pada media *potato dextrose agar* (PDA) (Gambar 2), selanjutnya koloni berubah warna menjadi kuning keruh dengan bertambahnya umur. Diameter koloni *B. bassiana* pada media PDA yang berumur 21 hari setelah inokulasi (HSI) mencapai 8-9 cm. Pada umur tersebut koloni cendawan sudah tumbuh optimal pada media padat dan memproduksi konidia sebagai organ infeksi. Namun cendawan *B. bassiana* memproduksi konidia optimal pada media cair hanya membutuhkan waktu 14 hari (Latifian *et al.* 2013; Mascarin *et al.* 2015).

B. bassiana dapat tumbuh dengan optimal pada kisaran temperatur 15-30 °C, namun bagi isolat *B. bassiana* yang virulen dengan penambahan minyak umumnya lebih toleran terhadap temperatur di atas 32 °C (Ugine 2011; Oliveira *et al.* 2018). Cendawan *B. bassiana* dapat ditemukan di seluruh dunia karena bersifat kosmopolit dan merupakan cendawan entomopatogen yang memiliki jenis inang terbanyak di antara cendawan entomopatogen lain (Singh *et al.* 2015; Mahankuda dan Bhatt 2019). Cendawan entomopatogen *B. bassiana* bersifat parasit dalam



Gambar 1. Struktur konidiofor (a) dan konidia *B. bassiana* (b) asal isolat dari serangga *C. formicarius*. (Sumber: Arooni-Hesari *et al.* 2015).



Gambar 2. Pertumbuhan koloni *B. bassiana* pada media PDA di dalam cawan Petri pada umur 21 HSI. (Sumber: Koleksi pribadi).

membunuh inangnya, akan tetapi dapat berkembang secara saprofit pada media alami atau di alam jika tidak menemukan inang yang sesuai.

B. bassiana sebagai biopestisida dapat diproduksi menggunakan media cair maupun padat. Pada kebanyakan menggunakan media cair (*diphase liquid*) yang diperoleh berupa miselia dan blastospora, sementara kebanyakan pada media padat akan diperoleh konidia. Produksi konidia umumnya digunakan sebagai bahan formulasi dalam bentuk tepung atau butiran (*granule*), formulasi dengan larutan minyak atau dalam bentuk lainnya. *B. bassiana* berkembang biak secara aseksual dengan membentuk konidia udara pada permukaan media padat melalui perbanyakan hifa, kemudian terbentuk pialid dan konidia. Konidia udara (*aerial conidial*) umumnya paling banyak digunakan sebagai agens pengendalian hayati sebab lebih toleran terhadap berbagai faktor dan lebih tahan lama (Gouli *et al.* 2014). Konidia udara mengandung lapisan tertentu yang menghasilkan sifat hidrofobik. Sementara blastospora yang diproduksi dalam media cair bersifat hidrofilik sehingga mudah berkecambah dan banyak yang kurang efektif jika diaplikasikan di lapangan (Chinnadurai dan Ganesh 2013; Holder dan Kayhani 2015; Mascarin dan Jaronski 2016).

Produksi *B. bassiana* dalam media cair dengan pH 6,0 sangat virulen karena dapat membunuh serangga sasaran (*S. litura*) hingga mencapai 92% (Lohse *et al.* 2014; Ayudya *et al.* 2019). Selanjutnya, Pham *et al.* (2018) melaporkan bahwa pH optimum untuk produksi masal cendawan *B. bassiana* berkisar 5,2. Namun menurut Mishra dan Malik (2013), *B. bassiana* yang diproduksi pada media tumbuh mengandung glukose pada pH 7,0 dinilai paling optimum karena mampu membunuh serangga dewasa *Musca domestica* 100%, larva 75%, dan pupa 96%.

Produksi konidia *B. bassiana* pada tubuh serangga maupun di media alami berkembang pesat sehingga dengan kumpulan konidia cepat menyebar di alam. *B. bassiana* mudah ditumbuhkan dan dikembangkan menggunakan media alami, baik yang kaya nutrisi maupun bahan sederhana (Vats *et al.* 2015). Oleh karena itu, *B. bassiana* banyak dikembangkan sebagai agens hayati untuk pengendalian berbagai jenis hama bagi oleh para petani maupun kelompok tani karena tidak memerlukan peralatan yang mahal (Zafar *et al.* 2016). Perbanyak cendawan *B. bassiana* menggunakan media alami, contohnya dari beras jagung, sekam, serbuk gergaji atau bahan lainnya yang umumnya dapat dipanen dan diaplikasikan setelah berumur minimal 14 hari di dalam media biakan (Xie *et al.* 2012; Latifian *et al.* 2013).

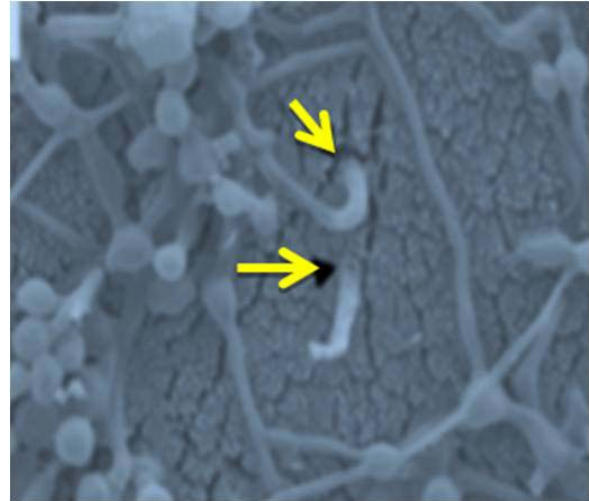
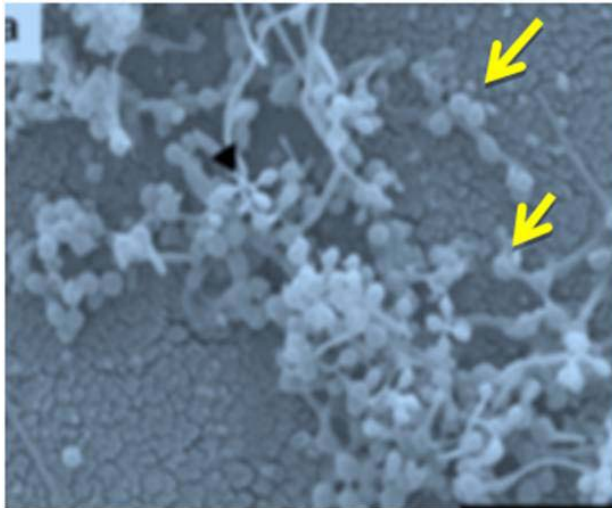
MEKANISME INFEKSI (Mode of action) *B. bassiana* pada serangga

Proses infeksi *B. bassiana* pada serangga inang terjadi melalui empat tahapan yaitu: inokulasi, germinasi, penetrasi, diseminasi, dan kolonisasi (Dannon *et al.* 2020). Tahap inokulasi adalah proses kontak antara organ infeksi dengan integumen serangga inang. Organ infeksi cendawan *B. bassiana* adalah konidia sehingga pada waktu aplikasi di lapangan, suspensi konidia yang diaplikasikan harus kontak dengan organ tubuh serangga khususnya lapisan integumen. Selanjutnya, konidia menempel pada integumen serangga, pada proses tersebut diperlukan bahan perekat agar konidia sebagai organ infeksi melekat pada integumen. Bahan perekat dapat berfungsi untuk meningkatkan proses penempelan konidia karena faktor eksternal dari pengaruh lingkungan yang kurang mendukung, seperti angin, dan air hujan yang dapat menggagalkan proses inokulasi (Sabbour 2002; Gul *et al.* 2014; Swathi *et al.* 2018; Acheampong *et al.* 2020). Sedangkan, bahan pelindung berupa asam humat 10% dapat mempertahankan persistensi konidia *B. bassiana* di atas 87% setelah terpapar

dengan sinar UV selama tujuh hari dan pelindung dari minyak wijen dapat mempertahankan konidia sebesar 73% (Kaiser *et al.* 2019). Kondisi tersebut disebabkan sinar UV merupakan faktor pembatas keberhasilan pengendalian hayati menggunakan konidia *B. bassiana* (Hemalatha *et al.* 2017; Wang *et al.* 2020).

Tahap kedua adalah germinasi. Konidia membentuk tabung kecambah (*germ tube*) sehingga memerlukan kelembaban yang cukup tinggi hingga di atas 90%. Beberapa senyawa seperti protein, karbon, asam amino, dan fenol yang terdapat pada lapisan integumen diperlukan konidia sebagai stimulan untuk membentuk kecambah (Meena *et al.* 2015). Konidia yang berkecambah berkembang membentuk apresorium dan menghasilkan enzim protease, kitinase, dan lipase yang berfungsi sebagai pendegradasi lapisan integumen. Menurut Svedese *et al.* (2013) bahwa enzim protease Pr1 dan Pr2 akan terbentuk melimpah pada rentang waktu sekitar 24 jam setelah proses inokulasi. Namun, beberapa peneliti lain menyebutkan bahwa enzim pendegradasi lapisan integumen dari cendawan entomopatogen terbentuk berkisar 8-10 jam setelah aplikasi (Liu *et al.* 2010). Rentang waktu yang dibutuhkan konidia untuk berkecambah dan memproduksi enzim sangat tergantung pada faktor internal yang ditentukan isolat dan nutrisi media tumbuh pada waktu perbanyak, sedangkan faktor eksternal terdiri dari temperatur, kelembaban, stadia serangga inang maupun pengaruh pestisida sintetik seperti indoxacarb, profenophos, dan methyl-demonton berdampak negative terhadap pertumbuhan *B. bassiana* (Amuntha *et al.* 2010; Mwanburi *et al.* 2015; Celar dan Kos 2016; Wari *et al.* 2020).

Tahap ketiga yaitu proses penetrasi. Pada saat tersebut cendawan membentuk blastospora pada ujung apresorium atau haustorium (Gambar 3) dan siap untuk menembus lapisan kutikula serangga yang selanjutnya terbentuk hifa primer di dalam tubuh serangga (Ortiz-Urquiza dan Keyhani 2016; Saranraj dan Jayaprakash 2017). Tahap selanjutnya adalah diseminasi, blastospora memproduksi berbagai jenis toksin antara lain: *beauvericin*, *beaverolide*, *bassianin*, *bassianolide*, *bassiacridin*, *tenelin*, dan *cyclosporin* yang beredar di dalam darah serangga (*hemolymph*) sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan pH darah serangga dan terganggunya sistem syaraf yang membuat serangga enggan bergerak maupun nafsu makan turun dan diakhiri dengan kematian (Altinok *et al.* 2019). Cendawan membentuk hifa sekunder yang digunakan untuk menyerang seluruh jaringan di dalam tubuh serangga. Kematian serangga umumnya terjadi



Gambar 3. Kumpulan konidia *B. bassiana* berkecambah membentuk haustorium (a) dan penetrasi tabung kecambah pada permukaan integumen serangga kepik coklat (*Riptortus linearis*) (b). (Sumber: Arooni-Hesari *et al.* 2015).

sebelum hifa sekunder menyebar ke seluruh jaringan tubuh atau kurang lebih tiga sampai dengan empat hari setelah aplikasi.

Periode waktu yang dibutuhkan cendawan entomopatogen untuk kematian serangga tergantung dari virulensi isolat, faktor serangga yang terdiri umur/stadia maupun proses ganti kulit (*moulting*), dan faktor lingkungan seperti temperatur, kelembaban, dan angin (Chandrasekharan dan Nataraju 2011). Temperatur dan kelembaban merupakan dua faktor yang cukup berperan dalam menentukan keberhasilan cendawan mengkolonisasi tubuh serangga inang. Temperatur yang terlalu tinggi (di atas 35 °C) berdampak negatif terhadap proses pertumbuhan dan kolonisasi cendawan (Dhar *et al.* 2016; Herlinda *et al.* 2018; Alali *et al.* 2019). Sementara itu, angin diperlukan untuk menyebarkan kumpulan konidia yang sudah terbentuk pada permukaan tubuh serangga yang sudah mati ke serangga inang lain.

Tahap terakhir adalah kolonisasi. Miselium cendawan mulai mengkolonisasi seluruh jaringan di dalam tubuh inang dan berakhir dengan pembentukan organ reproduksi yaitu konidia. Kolonisasi miselia cendawan dimulai pada saat sumber makanan (*haemolymph*) di dalam tubuh serangga telah habis diabsorpsi dan digunakan oleh cendawan, pada waktu tersebut miselium cendawan menembus ke luar integumen serangga. Miselium berkembang cepat dengan mengkolonisasi seluruh permukaan tubuh serangga selanjutnya permukaan tubuh serangga dipenuhi dengan miselia berwarna putih sehingga serangga berbentuk seperti mumi (*mummification*) (Gambar 4). Kolonisasi miselia *B. bassiana* pada permukaan tubuh serangga tersebut terdiri dari kumpulan miselium dan konidia



Gambar 4. Kolonisasi miselium cendawan *B. bassiana* berwarna putih pada tubuh larva *S. litura* berbentuk seperti mumi. (Sumber: Nirupama 2014).

cendawan. Kumpulan konidia pada permukaan tubuh serangga tersebut berfungsi sebagai inokulum potensial untuk infeksi ke serangga inang lain.

JENIS SERANGGA INANG *B. BASSIANA*

B. bassiana merupakan salah satu jenis cendawan entomopatogen yang memiliki kisaran inang (spektrum) cukup luas dari berbagai jenis hama tanaman pangan, hortikultura maupun hama tanaman perkebunan yang termasuk dalam ordo Coleoptera, Homoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Isoptera, Diptera, Orthoptera, Hymenoptera, Odonata, dan Thysanoptera. Moorthi *et al.* (2015) melaporkan bahwa cendawan *B. bassiana* sangat toksik dalam membunuh ulat grayak *Spodoptera litura* yang merupakan salah satu jenis serangga dari Ordo Lepidoptera.

Menurut laporan Zafar *et al.* (2016) bahwa *B. bassiana* efektif membunuh kutu kebul (*Bemisia tabaci*) (Homoptera: Aleyrodidae), baik stadia telur, nimfa, maupun imago. Sementara itu, Popoola *et al.* (2015) menyatakan bahwa *B. bassiana* juga efektif membunuh penggerek biji jagung *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). Selain itu, *B. bassiana* juga toksik terhadap hama aphid yang sangat merugikan berbagai jenis tanaman (Shrestha *et al.* 2015; Cheong *et al.* 2020). *B. bassiana* juga efektif membunuh hama rayap *Captotermes gastroi* (Isoptera: Rhinotermitidae) yang merusak tanaman perkebunan maupun perangkat rumah tangga (Ramdhania *et al.* 2016).

TOKSIN DAN SENYAWA METABOLIT *B. Bassiana*

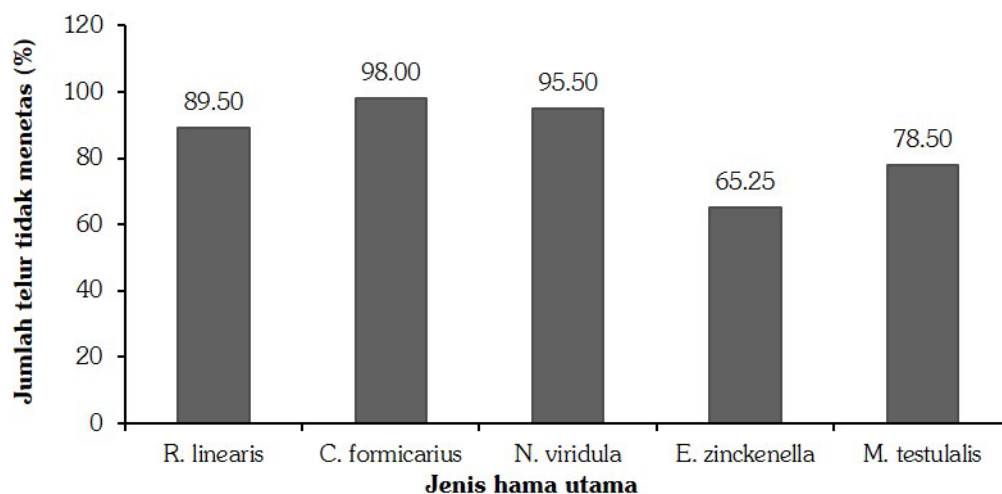
Toksin merupakan zat beracun yang diproduksi di dalam sel atau organisme hidup dalam bentuk molekul, peptida, maupun protein yang dapat merusak atau menyebabkan kerusakan jaringan bahkan kematian organisme lain. *B. bassiana* menghasilkan toksin yang umum berupa enzim protease yaitu Pr1 dan Pr2 yang dapat berfungsi sebagai pendegradasi kutikula serangga (Fan *et al.* 2010; Cito *et al.* 2016; Daniel *et al.* 2017; Maistrou *et al.* 2018). Sementara itu, berbagai senyawa metabolit yang dihasilkan cendawan *B. bassiana* antara lain; *beauvericin*, *bassianin*, *bassiacridin*, *bassianolide*, *cyclosporine*, dan *tenellin* yang sangat toksik dalam merusak sistem syaraf, menggagalkan proses ganti kulit (*moulting*) sehingga bentuk serangga menjadi tidak normal, bahkan dapat mengakibatkan kematian serangga inang (Behie *et al.* 2015; Vikhe *et al.* 2016; Jaber dan Ownley 2018).

Masing-masing jenis senyawa metabolit mempunyai peran dan toksisitas yang berbeda terhadap serangga inang. *Oosporein* dari *B. bassiana* dilaporkan dapat menghambat proses peletakan telur maupun menggagalkan penetasan telur berbagai jenis serangga hama yang termasuk Ordo Lepidoptera dari Famili Pyralidae (Klieber dan Reineke 2016; Mc Namara *et al.* 2019). Selanjutnya, Al Khoury *et al.* (2019) menyatakan bahwa *beauvericin* sangat toksik membunuh tungau *Tetranychus urticae*. Senyawa *bassianolide* juga mampu membunuh larva ulat grayak (*S. litura*) (Lepidoptera; Noctuidae) hingga mencapai 100% (Petlamul dan Prasertsan 2012). Sementara itu, senyawa *bassiacridin* dilaporkan cukup toksik membunuh serangga *Locusta migratoria* (Orthoptera: Acrididae) (Keswani *et al.* 2013).

EFIKASI *B. BASSIANA*

Cendawan *B. bassiana* bersifat ovisidal

Salah satu efikasi *B. bassiana* adalah mampu membunuh fase telur atau menggagalkan penetasan telur serangga hama. Kemampuan *B. bassiana* dalam menggagalkan penetasan telur serangga hama terlihat dari jumlah telur beberapa jenis hama utama pada tanaman pangan yang tidak menetas setelah terinfeksi konidia cendawan tersebut. *B. bassiana* mampu menggagalkan penetasan telur kepik coklat *Riptortus linearis* hingga mencapai 89%, hama penggerek ubijalar *Cylas formicarius* mencapai 98%, kepik hijau *Nezara viridula* hingga 95%, telur penggerek polong kacang hijau *Maruca testulalis* sebanyak 78%, telur penggerek polong kedelai *Etiella zinckenell* sebesar 65% (Gambar 5).



Gambar 5. Kemampuan sifat ovisidal *B. bassiana* pada beberapa jenis telur hama utama tanaman pangan (Sumber: Koleksi pribadi).

Kemampuan *B. bassiana* dalam menggagalkan penetasan telur serangga sangat dipengaruhi oleh karakter peletakan telur dari masing-masing jenis serangga. Telur *N. viridula* yang umumnya diletakkan imago betina secara bergerombol atau berkelompok maupun yang terpapar di atas permukaan daun berpeluang besar dapat terinfeksi cendawan *B. bassiana*. Namun bagi telur serangga yang diletakkan imago secara terpisah maka peluang terinfeksi cendawan lebih rendah sehingga telur yang tidak menetas juga lebih sedikit atau terbatas.

Mulock dan Chandler (2001) melaporkan bahwa *oosporein* yang merupakan metabolit sekunder dari konidia *B. bassiana*, bersifat toksik dalam menggagalkan penetasan telur hama Coleoptera mencapai 75%. Shi *et al.* (2005) juga melaporkan bahwa *oosporein* yang diproduksi oleh *B. bassiana* mampu menggagalkan penetasan telur tungau merah *Tetranychus urticae* (Acari; Tetranychidae) hingga mencapai 95%. Kondisi ini disebabkan seluruh material penyusun struktur embrio telur telah mengalami kerusakan akibat terdegradasi oleh toksin *B. bassiana* (Mishra *et al.* 2013a).

B. bassiana juga mampu menggagalkan penetasan telur ulat grayak meskipun hanya 15%, yang lebih rendah jika dibandingkan dengan telur hama lain. Fenomena ini terjadi karena karakter kelompok telur ulat grayak yang terbungkus oleh selaput benang-benang halus yang cukup rapat. Hal ini menjadi faktor utama penghalang konidia *B. bassiana* dalam melakukan kontak dengan kelompok telur (Rabari *et al.* 2015). Oleh karena itu, aplikasi berulang kali sangat dianjurkan untuk meningkatkan efikasi *B. bassiana* dalam mengendalikan stadium telur serangga yang terbungkus oleh pelindung.

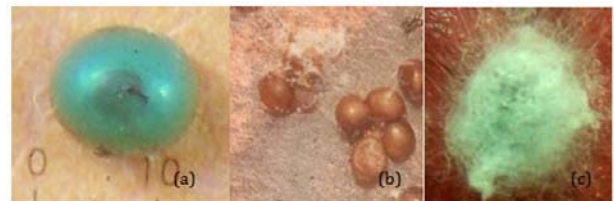
Konidia *B. bassiana* maupun cendawan entomopatogen yang lain pada waktu menginfeksi telur serangga melalui serangkaian mekanisme sebagai berikut: suspensi konidia menempel permukaan kulit telur (*chorion*) kemudian penetrasi dapat berlangsung melalui lubang alami telur (*mycophyle*) atau penetrasi melalui korion menggunakan enzim yang dihasilkan yaitu protease, amilase, dan kitinase (Wang *et al.* 2005; Prayogo 2009). Dos Santos dan Gregorio (2003) menyatakan bahwa telur serangga terdiri dari tiga lapisan yaitu: 1) eksokorion yang mengandung karbohidrat, 2) endokorion tersusun dari protein, dan 3) lapisan kristalin paling dalam mengandung protein. Konidia berkembang membentuk miselium ke dalam struktur telur kemudian mengabsorpsi seluruh isi telur yang terdiri dari lemak maupun protein. Selanjutnya miselium berkembang memenuhi isi telur, pada waktu tersebut telur sudah dalam kondisi rusak dan tidak menetas. Setelah

sumber makanan di dalam telur dihabiskan oleh cendawan, kemudian miselium menembus kulit telur dan mengkolonisasi seluruh permukaan korion (Gambar 6 dan 7). Telur kepik coklat *R. linearis* dan telur hama penggerek ubijalar *C. formicarius* yang baru diletakkan imago betina lebih rentan terhadap infeksi cendawan akan tetapi telur yang berumur lima hari lebih toleran sehingga nimfa yang akan terbentuk juga banyak (Prayogo 2009; Artanti 2012). Namun menurut Del Prado *et al.* (2008) telur kutu kapuk kelapa *Aleurodicus cocois* (Curtis) (Homoptera: Aleyrodidae) yang berumur tujuh hari lebih rentan dibandingkan telur berumur satu atau dua hari terhadap infeksi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii*. Fenomena tersebut terjadi karena korion telur yang berumur tujuh hari sudah mengalami retak akan menetas sehingga memudahkan konidia dalam proses penetrasi dan menginfeksi isi telur.

Cendawan *B. bassiana* bersifat nimfasidal/larvisidal

A. Efikasi *B. bassiana* terhadap stadia nimfa kepik hijau

Terdapat dua jenis perkembangbiakan serangga, yaitu 1) holometabola yang memiliki siklus hidup dari telur, larva, pupa, dan imago, 2) hemimetabola yaitu dimulai dari telur, nimfa dan imago. Kepik hijau (*N. viridula*) termasuk salah satu jenis hama pengisap polong kedelai dan aneka kacang lain yang berkembangbiak secara tidak sempurna (hemimetabola). Hama ini ditemukan di pertanian pada fase menjelang berbunga. Pada waktu tersebut



Gambar 6. Telur kepik coklat yang baru diletakkan imago(a), telur kepik coklat terinfeksi cendawan *B. bassiana* dan gagal menetas (b&c). (Sumber: koleksi pribadi).



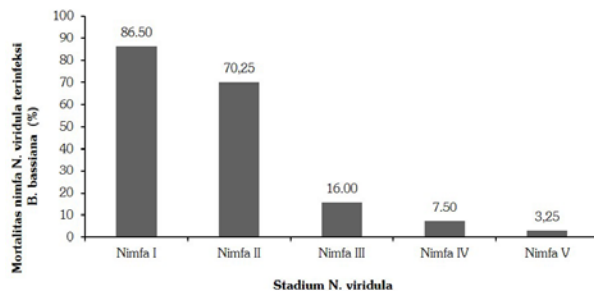
Gambar 7. Telur kepik hijau *N. viridula* gagal menetas akibat infeksi dan terkolonisasi cendawan *B. bassiana*. (Sumber: Prayogo 2013).

imago meletakkan telur pada organ tanaman di sekitar terbentuknya calon polong. Telur kepik hijau yang diletakkan imago akan menetas setelah enam hari, telur yang menetas kemudian berkembang membentuk stadia nimfa I-V yang berlangsung selama 20-24 hari (Prayogo 2013). *B. bassiana* mampu menginfeksi seluruh stadia nimfa *N. viridula*. Hasil aplikasi suspensi konidia *B. bassiana* yang dilakukan (Prayogo 2013) di rumah kaca, menunjukkan bahwa efikasi tertinggi adalah membunuh telur kemudian nimfa I dan II *N. viridula* (Gambar 8).

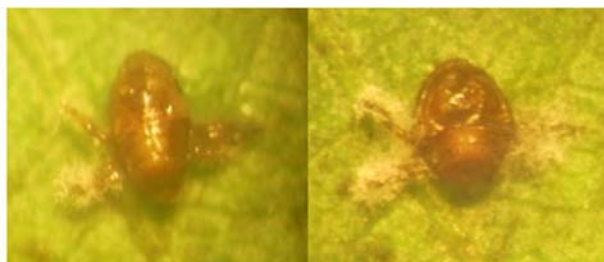
Nimfa kepik hijau yang sudah terinfeksi cendawan *B. bassiana* dari fase telur sebagian besar tidak dapat melangsungkan hidupnya atau mati. Miselium cendawan *B. bassiana* umumnya menginfeksi organ tubuh, mulai dari bagian tungkai atau bagian artikulasi lainnya seperti pada antena dan alat mulut yang ditandai dengan warna putih yang berupa miselium cendawan (Gambar 9). Nimfa *N. viridula* yang terinfeksi *B. bassiana* tidak berhasil melangsungkan siklus hidupnya karena nimfa gagal ganti kulit (*moulting*) (Ortiz-Urquiza dan Keyhani 2013).

B. Efikasi *B. bassiana* terhadap stadia nimfa kepik coklat *Riptortus linearis*

Kepik coklat (*R. linearis*) merupakan salah satu jenis hama pengisap polong kedelai selain kepik hijau (*N. viridula*) dan kepik hijau pucat (*P. hybneri*), jenis



Gambar 8. Efikasi *B. bassiana* dalam membunuh berbagai stadium nimfa kepik hijau (*N. viridula*). (Sumber: Prayogo 2013).



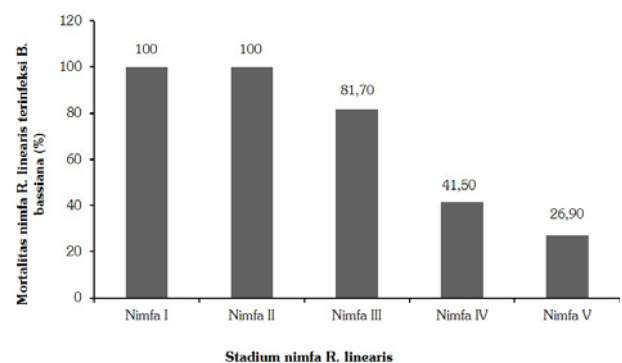
Gambar 9. Tungkai nimfa I kepik hijau *N. viridula* yang terinfeksi dan terkolonisasi miselium *B. bassiana*. (Sumber: Prayogo 2013).

yang mempunyai perkembangbiakan tidak sempurna (hemimetabola). Hama ini tergolong paling dominan populasinya di berbagai sentra produksi kedelai di Indonesia (Arifin dan Tengkan 2008; Mawan dan Amalia 2011). Perkembangan populasi kepik coklat didukung oleh tersedianya sumber makanan di lapangan secara terus menerus sepanjang siklus hidupnya karena serangga ini memiliki inang yang cukup luas termasuk gulma. Teknologi pengendalian yang diandalkan oleh petani yaitu secara konvensional menggunakan pestisida sintetik deltametrin dengan dosis dan frekuensi aplikasi yang tidak mengikuti anjuran. Namun populasi hama tersebut di lapangan terus meningkat dan semakin sulit untuk dikendalikan karena sudah mengalami resisten terhadap beberapa jenis pestisida sintetik.

B. bassiana dapat membunuh seluruh stadia serangga kepik coklat dengan mortalitas yang bervariasi. Mortalitas kepik coklat dipengaruhi oleh stadium serangga; nimfa muda lebih rentan terhadap infeksi cendawan dibandingkan dengan nimfa lebih tua yang terlihat pada mortalitas imago hanya sebesar 50%. Sementara itu, nimfa I dan II sangat rentan terhadap infeksi cendawan *B. bassiana* karena mortalitas mencapai 100% (Gambar 10).

C. Efikasi *B. bassiana* terhadap stadia kutu kebul *Bemisia tabaci*

Kutu kebul (*B. tabaci*) merupakan hama cukup penting pada berbagai jenis tanaman pangan maupun hortikultura. Serangga ini selain merusak tanaman dengan cara mengisap cairan tanaman juga sebagai vektor virus sehingga keberadaan serangga tersebut perlu mendapat perhatian lebih. Siklus hidup serangga berlangsung hanya 30-32 hari, dan pada kondisi cuaca panas maka siklus hidup serangga semakin pendek hanya berlangsung 15-20 hari. Seekor serangga betina mampu menghasilkan telur 94 ekor sehingga perkembangan populasinya sangat

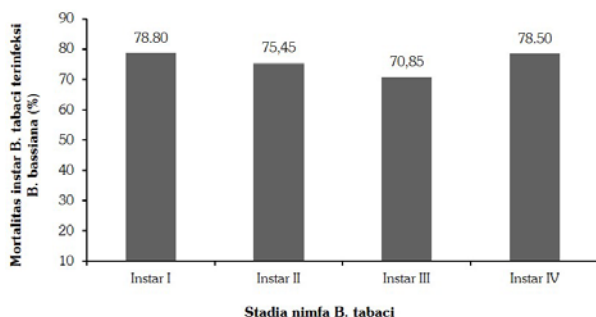


Gambar 10. Efikasi *B. bassiana* terhadap berbagai stadium kepik coklat (*R. linearis*). (Sumber: Prayogo dan Tantawizal 2016).

pesat (Guo *et al.* 2012; Hidayat *et al.* 2017). *B. tabaci* yang ada di Indonesia diduga sudah mengalami perubahan biotipe akibat cekaman seleksi lingkungan sehingga menjadi lebih toleran terhadap senyawa insektisida sintetik yang beredar. *B. bassiana* merupakan salah satu agens hayati yang dapat membunuh seluruh stadia serangga *B. tabaci* (Zafar *et al.* 2016).

Hasil aplikasi cendawan *B. bassiana* di rumah kaca dapat membunuh berbagai stadia nimfa *B. tabaci* mulai instar I, II, III, dan IV masing-masing 78,80%, 75,45%, 70,85% dan 78,50% (Gambar 11). Rata-rata mortalitas serangga *B. tabaci* di atas 70% sehingga tergolong cukup tinggi, hal ini disebabkan karena serangga belum membentuk sayap dan pergerakannya sangat terbatas. Dengan demikian, suspensi konidia *B. bassiana* yang diaplikasikan berpeluang besar berhasil menempel dan terjadi proses inokulasi pada tubuh serangga. Ditinjau dari habitat serangga *B. tabaci* yang berada pada permukaan bawah daun maka ujung *nozzle* dari *sprayer* pada waktu aplikasi suspensi konidia *B. bassiana* dianjurkan dapat menjangkau posisi serangga *B. tabaci*.

Hasil efikasi cendawan *B. bassiana* pada stadia nimfa kutu kebul pada tanaman kedelai lebih rendah dari hasil penelitian yang dilakukan Jahel *et al.* (2017) yang mencapai mortalitas 94% pada tanaman tomat. Perbedaan persentase mortalitas serangga disebabkan oleh virulensi cendawan akibat dari pengaruh keragaman genetik isolat *B. bassiana* yang diaplikasikan (Petlamul dan Prasertsan 2012). Oleh karena itu, untuk meningkatkan efikasi pengendalian *B. tabaci* dianjurkan untuk melakukan aplikasi secara berulang sebanyak tiga kali karena struktur populasi serangga umumnya beragam terdiri dari telur, nimfa maupun imago (Wari *et al.* 2020; Ghongade & Sangha 2021).



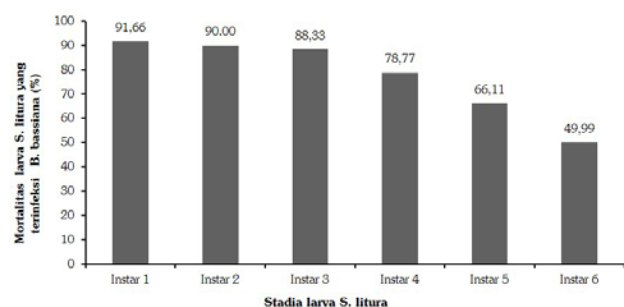
Gambar 11. Efikasi *B. bassiana* dalam membunuh berbagai stadia kutu kebul (*B. tabaci*). (Sumber: Koleksi pribadi).

D. Efikasi *B. bassiana* terhadap stadia larva ulat grayak *Spodoptera litura*

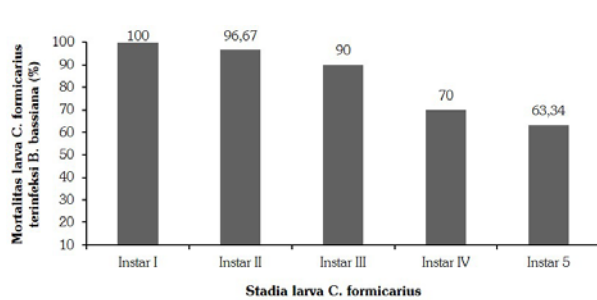
Spodoptera litura atau ulat grayak merupakan serangga yang bersifat polifag sehingga mempunyai banyak tanaman inang mulai dari tanaman pangan, hortikultura maupun perkebunan. Setiap ekor serangga betina mampu menghasilkan telur antara 500-1400 butir sehingga perkembangan populasi ulat grayak di lapangan cukup pesat. Hasil uji efikasi *B. bassiana* terhadap berbagai stadia instar ulat grayak di laboratorium mengindikasikan bahwa instar muda lebih rentan terhadap infeksi cendawan dibandingkan instar lebih tua (Gambar 12). Sementara itu, instar yang lebih tua hanya mampu menyebabkan mortalitas di bawah 50%. Kondisi ini disebabkan serangga pada instar VI sudah menjelang bentuk pupa sehingga memiliki lapisan lilin yang sangat tebal pada seluruh permukaan integumen sehingga konidia sulit melakukan penetrasi dan infeksi (Agrawal dan Simon 2017).

E. Efikasi *B. bassiana* terhadap berbagai stadia larva penggerek ubijalar *Cylas formicarius*

Kumbang penggerek umbi *C. formicarius* merupakan salah satu hama penting pada tanaman ubijalar yang dapat menyebabkan kerugian hasil mencapai 100%. Besarnya kerugian hasil umbi akibat serangan *C. formicarius* karena umbi yang sudah tergerek oleh larva tidak layak untuk dikonsumsi manusia. Stevenson *et al.* (2009) menginformasikan bahwa *C. formicarius* sudah toleran terhadap beberapa jenis insektisida sintetik seperti spinosad dan malathion. Oleh karena itu, beberapa peneliti menganjurkan untuk mencari alternatif teknologi pengendalian yang tidak menyebabkan resistensi dan ramah lingkungan (Leng dan Reddy 2012). Hasil penelitian Ondiaka *et al.* (2008) menunjukkan bahwa aplikasi *B. bassiana* sangat toksik untuk membunuh kumbang *C. formicarius* jika dibandingkan insektisida sintetik.



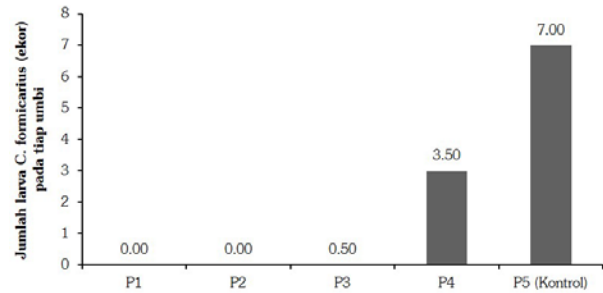
Gambar 12. Mortalitas berbagai stadia larva *S. litura* yang terinfeksi *B. bassiana* (Sumber: Koleksi pribadi).



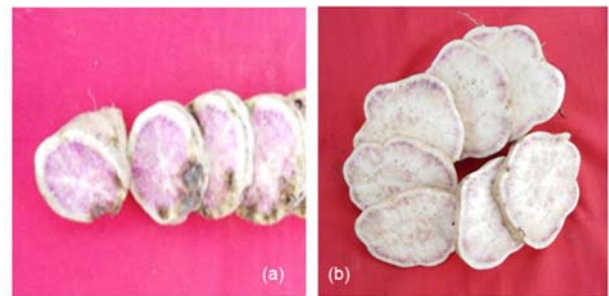
Gambar 13. Mortalitas stadia larva *C. formicarius* yang terinfeksi *B. bassiana* (Sumber: Artanti 2012).

Hasil penelitian Artanti (2012) mengindikasikan bahwa efikasi *B. bassiana* menyebabkan mortalitas larva *C. formicarius* hingga mencapai 100% (Gambar 13). Stadia larva instar I dan II terlihat sangat rentan yaitu masing-masing 96 dan 100% mortalitas dibandingkan dengan stadia instar IV maupun V. Efikasi cendawan *B. bassiana* tersebut terkait dengan produksi enzim protease dan kitinase yang dihasilkan *B. bassiana* lebih toksik dalam mendegradasi lapisan integumen larva yang baru terbentuk (Dhawan dan Joshi 2017; Mancillas-Paredes *et al.* 2019).

Hasil aplikasi *B. bassiana* di lahan endemik penggerek ubijalar di Kalimantan Selatan, mengindikasikan bahwa dengan metode perendaman stek ubijalar ke dalam suspensi konidia *B. bassiana* selama dua jam sebelum tanam dilanjutkan dengan 4-5 kali aplikasi penyemprotan pada pangkal batang dengan frekuensi aplikasi tiap minggu ternyata tidak ditemukan larva pada umbi (Prayogo dan Bayu 2019). Sementara itu, dengan aplikasi insektisida sintetis masih ditemukan tiga ekor larva *C. formicarius* yang hidup pada setiap umbi (Gambar 14). Kajian sebelumnya mengindikasikan bahwa seekor larva mampu menggerek umbi hingga keadaan umbi tidak layak dikonsumsi (Bayu dan Prayogo 2016; Prayogo dan Bayu 2019). Pengendalian hama penggerek umbi menggunakan insektisida kimia hanya mampu membunuh stadia imago dan tidak mampu membunuh stadia larva yang berada di dalam umbi yang ada di dalam tanah sehingga umbi masih mengalami gerakan (Gambar 15). Sedangkan larva-larva *C. formicarius* yang berhasil ditemukan pada tiap pangkal batang ubijalar dengan aplikasi *B. bassiana*, setelah tanaman dipanen larva tersebut diinkubasi di dalam cawan petri terlihat pada seluruh tubuh serangga terkolonisasi oleh miselium *B. bassiana* yang berwarna putih (Gambar 16).



Gambar 14. Jumlah larva *C. formicarius* tiap umbi dengan berbagai cara aplikasi *B. bassiana* di lahan Pasang Surut (Kalimantan Selatan). Keterangan: P1 (stek direndam + aplikasi *B. bassiana* umur 8, 9, 10, 11, 12 MST), P2 (stek direndam + aplikasi *B. bassiana* umur 4, 6, 8, 10, 12 MST), P3 (stek direndam + aplikasi *B. bassiana* umur 5, 7, 9, 11MST), P4 (aplikasi insektisida sintetis), dan P5 (tanpa pengendalian). (Sumber: Prayogo dan Bayu 2019).



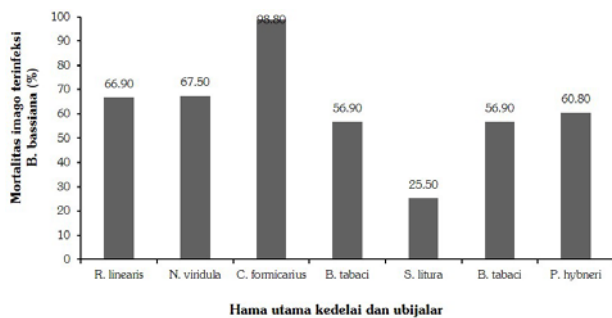
Gambar 15. Keragaan ubijalar yang tergerek *C. formicarius* setelah diaplikasi a) insektisida sintetis b) cendawan *B. bassiana*. (Sumber: Prayogo dan Bayu 2019).

Cendawan *B. bassiana* toksik terhadap stadia imago

Imago merupakan stadia serangga dewasa yang terjadi pada tahap akhir perkembangbiakan seluruh serangga. Pada stadia tersebut sebagian besar serangga memiliki sayap yang akan digunakan untuk melakukan pergerakan dari satu tempat ke tempat lain. Oleh karena itu, bagi serangga yang mempunyai karakter mobilitas tinggi, dapat mempengaruhi tingkat keberhasilan proses inokulasi suspensi konidia yang diaplikasikan. Cendawan *B. bassiana* dilaporkan juga mampu membunuh atau toksik terhadap stadia imago berbagai jenis serangga hama pada berbagai jenis tanaman. Hasil uji efikasi konidia *B. bassiana* yang dilakukan di rumah kaca pada beberapa jenis hama utama kedelai dan ubijalar dengan mortalitas sangat bervariasi, terlihat mortalitas tertinggi pada imago *C. formicarius* hingga mencapai 98% (Gambar 17). Variasi mortalitas serangga uji diduga karena pengaruh faktor perilaku



Gambar 16. Larva *C. formicarius* yang ditemukan pada pangkal batang ubijalar dan terkolonisasi miselium *B. bassiana* pada hari ke empat (a) dan hari ke tujuh setelah diinkubasi (b). (Sumber: Prayogo dan Bayu 2019).



Gambar 17. Mortalitas stadia imago hama utama kedelai dan ubijalar yang terinfeksi *B. bassiana* (Sumber: Koleksi pribadi).

serangga selain faktor utama yaitu enzim protease dan kitinase yang cukup berperan (Kaur dan Padmaja 2009; Boyle dan Cutler 2012; Dhawan dan Joshi 2017; Cheong *et al.* 2020). Meskipun imago *C. formicarius* juga mempunyai sayap akan tetapi pergerakannya relatif lambat jika dibandingkan dengan serangga lain sehingga suspensi konidia *B. bassiana* yang diaplikasikan berhasil melakukan inokulasi dan infeksi pada tubuh serangga. Sementara itu, efikasi *B. bassiana* pada imago *S. litura* jauh lebih rendah yaitu hanya 25% jika dibandingkan dengan mortalitas serangga lainnya. Menurut Agrawal dan Simon (2017) bahwa stadia larva instar akhir *S. litura* yang mendekati terbentuk imago sangat toleran terhadap infeksi *B. bassiana* jika dibandingkan serangga muda karena terkait tebalnya struktur kutikula.

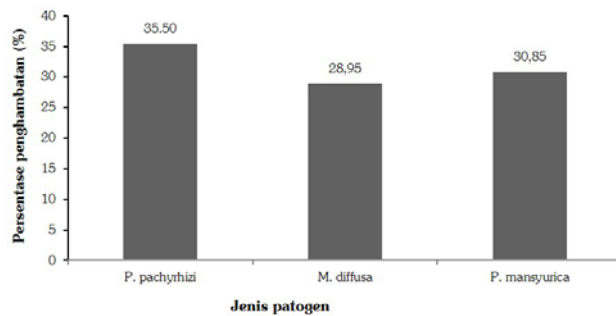
CENDAWAN *B. BASSIANA* BERSIFAT ENDOFIT

Cendawan *B. bassiana* selain sebagai agens pengendalian hama juga bersifat endofit yang hidup di dalam jaringan sehingga dapat melindungi tanaman dari berbagai jenis penyakit penting (Bonnie *et al.* 2010; Castillo-Lopez dan Sword 2015; Ortiz *et al.* 2016; Greenfield *et al.* 2016; Prabhukarthikeyan *et al.* 2017; Jaber dan Ownley 2018;

Mwanburi 2021). Berbagai jenis penyakit tanaman yang dapat dihambat perkembangannya oleh cendawan *B. bassiana* yaitu penyakit tular tanah (soil born disease) antara lain: *Botrytis cinerea*, *Verticillium dahliae*, *Phytophthora megasperma*, dan beberapa penyakit tular tanah lainnya pada berbagai jenis tanaman pangan, perkebunan maupun hortikultura (Akello *et al.* 2007; Ownley *et al.* 2008; Powell *et al.* 2009; Tefera dan Vidal 2009; Punja *et al.* 2016; Lozano-Tovar *et al.* 2017; Saragih *et al.* 2019; Barra-Bucarei *et al.* 2020). Soetanto *et al.* (2020) melaporkan bawa aplikasi senyawa metabolit sekunder dari cendawan *Metarhizium anisopliae*, *B. bassiana*, dan *Lecanicillium lecanii* dapat menekan masa inkubasi dan intensitas penyakit virus pada cabai di atas 77% selain mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, maupun jumlah pucuk.

Mekanisme *B. bassiana* sebagai cendawan endofit secara langsung dapat terjadi melalui kompetisi, parasit, maupun antibiotik dengan menghasilkan senyawa metabolit sekunder, enzim, maupun senyawa volatil dan mekanisme secara tidak langsung seperti induksi resistensi untuk menghambat pertumbuhan penyebab penyakit tanaman (Ownley *et al.* 2010; Castillo-Lopez dan Sword 2015; Ortiz *et al.* 2016; Greenfield *et al.* 2016). Beberapa peneliti lain juga melaporkan bahwa cendawan endofit *B. bassiana* mampu meningkatkan ketahanan tanaman akibat kolonisasi pada daerah perakaran yang terinfeksi patogen penyebab *damping off* oleh cendawan *Botrytis cinerea*, *Verticillium dahliae*, *Phytophthora megasperma*, *Rhizoctonia solani*, dan *Pythium myriotylum* (Punja *et al.* 2016; Lozano-Tovar *et al.* 2017; Bamisile *et al.* 2018; Saragih *et al.* 2019; Barra-Bucarei *et al.* 2020). *B. bassiana* juga dapat menekan perkembangan penyakit *downy mildew* (*Plasmopora viticola*), kondisi ini terlihat dari karakter fakultatif yang menyebabkan parasitasi pada struktur *downy mildew* (Jaber dan Salem 2014; Jaber 2015; Rondot dan Reineke 2019). Hasil yang diperoleh tanaman inang dari interaksi dengan *B. bassiana* yaitu kelimpahan sumber karbon yang berfungsi dalam meningkatkan ketahanan inang dari infeksi patogen. Oleh karena itu, sifat endofit *B. bassiana* lebih banyak digunakan sebagai agens pengendalian hayati jika dibandingkan cendawan lainnya (Prabhukarthikeyan *et al.* 2017; Jaber dan Ownley 2018; Mwanburi 2021).

Hasil uji aplikasi pendahuluan suspensi konidia *B. bassiana* yang dilakukan Prayogo (2011) menunjukkan bahwa cendawan tersebut mampu menekan sebesar 35% perkembangan penyakit karat daun kedelai yang disebabkan *Phakopsora pachyrhizi*, *downy mildew* (*Perenospora manshurica*)



Gambar 18. Persentase penghambatan perkembangan penyakit oleh cendawan endofit *B. bassiana* terhadap tiga jenis penyakit obligat pada daun kedelai (Sumber: Prayogo 2011).

sebesar 31%, dan *powdery mildew* (*Microsphaera diffusa*) sebesar 29% jika dibandingkan kontrol (Gambar 18). Menurut Jaber dan Vidal (2010), senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan *B. bassiana* dapat mengakibatkan lisis bagi spora-spora penyakit obligat dan selanjutnya spora tidak dapat berkecambah, akhirnya perkembangan penyakit menjadi terhambat.

KOMPATIBILITAS *B. BASSIANA* DENGAN PENGENDALIAN HAMA LAIN

Kompatibilitas *B. bassiana* dengan pestisida nabati

Kombinasi berbagai teknologi pengendalian bertujuan untuk meningkatkan efisiensi efikasi pengendalian dengan rentang waktu singkat menekan kerugian. Cendawan *B. bassiana* sebagai biopestisida dapat dikombinasikan dengan beberapa jenis pestisida nabati seperti: serbuk biji mimba (SBM) *Azadirachta indica*, serbuk daun srikaya (SDS) *Annona squamosa*, serbuk biji jarak (SBJ) *Jathropa curcas*, dan serbuk daun Aglaia (SDA) *Aglaia odorata*.

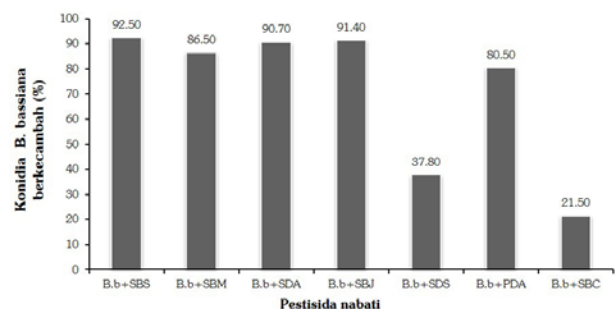
Kompatibilitas aplikasi *B. bassiana* dengan beberapa pestisida nabati dapat dilihat dari waktu kematian *R. linearis* yang lebih pendek dan mortalitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi secara terpisah. Kejadian ini disebabkan pestisida nabati mengandung minyak sehingga dapat berfungsi sebagai racun atau memblokir lubang spirakel yang terdapat di sepanjang abdomen serangga (Odibo dan Ojianwuna 2020; Okweche *et al.* 2021). Namun, pestisida nabati daun sirih *Piper betle* dan minyak dari bunga cengkeh *Syzygium aromaticum* (SBC) dapat merusak konidia cendawan *B. bassiana* (Prayogo, belum dipublikasikan). Kondisi ini disebabkan banyak dinding konidia *B. bassiana* yang mengalami lisis akibat minyak atsiri dan eugenol sehingga konidia *B. bassiana* yang mampu berkecambah sangat rendah masing-masing 37%

dan 21%. Sementara itu, kompatibilitas cendawan *B. bassiana* dengan pestisida nabati yang diambil dari bijinya maka jumlah konidia *B. bassiana* yang dapat berkecambah lebih tinggi di atas kontrol (PDA) dengan rerata sebesar 85% (Gambar 19). Al-Mazra'awi *et al.* (2007) menyatakan bahwa efikasi cendawan *B. bassiana* akan meningkat jika dikombinasikan dengan pestisida nabati biji mimba karena pestisida nabati tersebut mengandung senyawa minyak yang dapat meningkatkan perkecambahan konidia.

Safavi *et al.* (2007) menginformasikan bahwa cendawan entomopatogen *Paecilomyces fumosoroseus* dan *B. bassiana* yang diproduksi pada media yang memiliki kandungan C/N rasio 10:1 akan berpsorulasi optimal dan menghasilkan enzim protease (Pr1) cukup tinggi sehingga cendawan tersebut sangat virulen. Mishra dan Malik (2013) juga melaporkan bahwa C/N rasio merupakan syarat utama dalam perbanyakan cendawan entomopatogen agar agens hayati tersebut dapat tumbuh dan memproduksi konidia dalam jumlah yang banyak serta memiliki virulensi tinggi. Beberapa peneliti melaporkan bahwa tingkat sporulasi dan virulensi cendawan entomopatogen sebagai agens hayati juga dipengaruhi oleh karakter isolat, selain jenis media perbanyakan yang digunakan (Seema *et al.* 2013; Kumar *et al.* 2016).

Kompatibilitas *B. bassiana* dengan predator

Dalam suatu komunitas terdapat berbagai jenis organisme, baik serangga hama maupun kompleks musuh alami termasuk predator, parasitoid, dan patogen serangga. Terjadinya peledakan hama maupun penyakit akibat keberadaan musuh alami



Gambar 19. Konidia *B. bassiana* yang berkecambah pada media tumbuh mengandung pestisida nabati. Keterangan: SBS (serbuk biji srikaya), SDA (serbuk daun *Aglaia odorata*), SBM (serbuk biji mimba), SBJ (serbuk biji jarak), SDS (serbuk daun srikaya), dan PDA (*potato dextrose agar*). (Sumber: Koleksi pribadi).

(serangga berguna) tidak dapat berperan secara maksimal. Hasil aplikasi cendawan *B. bassiana* dengan kepadatan konidia $10^7/\text{ml}$ dengan penyemprotan hingga enam kali masih ditemukan populasi predator *Coccinella* sp., *Oxyopes* sp., dan *Paederus* sp. satu hingga dua ekor (Bayu dan Prayogo 2018) (Tabel 1). Sementara itu, penyemprotan menggunakan insektisida sintetik sebanyak enam kali dapat membunuh seluruh populasi predator kecuali *Paederus* sp. Predator *Paederus* sp. memiliki perilaku yang sangat cepat sehingga peluang menghindari dari infeksi *B. bassiana* yang diaplikasikan sangat rendah. Selain itu, diduga seluruh tubuh predator memiliki lapisan lilin yang cukup tebal sehingga menghalangi proses inokulasi maupun penetrasi konidia pada integumen predator (Jarrold *et al.* 2007; Ormond *et al.* 2011; Ortiz-Urquiza dan Keyhani 2013; Sun *et al.* 2018).

Zaki (2011) melaporkan bahwa aplikasi cendawan *B. bassiana* dengan dosis rendah tidak berdampak negatif terhadap kelangsungan hidup predator *Coccinella undecimpunctata*, namun pada dosis tinggi (8 g/l) mempengaruhi kelangsungan hidup imago predator tersebut. Huang *et al.* (2012) juga menjelaskan bahwa mortalitas predator dari kelompok Coccinellidae mencapai 28,2% oleh aplikasi *B. bassiana* dengan kepadatan konidia $10^9/\text{ml}$. Selanjutnya, Jarrold *et al.* (2007) dan Zhang *et al.* (2012) menyatakan bahwa lapisan lilin dan lipid yang cukup tebal berdampak negatif pada perkecambahan konidia *B. bassiana* sehingga konidia tidak mampu penetrasi ke lapisan integumen serangga. Namun aplikasi *B. bassiana* kurang kompatibel dengan pelepasan parasitoid *Encarsia formosa* jika dilakukan pada waktu yang bersamaan, karena tingkat parasitasi pada nimfa *Triealeorudes vaporariorum* lebih rendah (Oreste *et al.* 2016). Silva *et al.* (2014) menganjurkan waktu aplikasi *B. bassiana* untuk pengendalian *Myzus persicae* baru

dilakukan setelah 48 jam pelepasan parasitoid *Diaretilla rapae* (Hymenoptera: Braconidae).

Meskipun penggunaan *B. bassiana* dalam pengendalian hama menunjukkan beberapa kelebihan, aplikasi *B. bassiana* dalam skala luas masih terbatas. Keterbatasan tersebut disebabkan oleh kurang konsisten kinerja dari *B. bassiana* karena faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik terdiri dari sumber isolat cendawan (strain) yang digunakan (Qazzaz *et al.* 2015), umur biakan cendawan (Mishra *et al.* 2013b), jenis media alami yang digunakan sebagai perbanyakan (Bena-Molaei *et al.* 2011; Castrejon-Antonio *et al.* 2017), jenis serangga yang dikendalikan (Boyle dan Cutler 2012), stadia serangga, dan waktu aplikasi (White *et al.* 2021). Hasil penelitian Petlamul dan Prasertsan (2012) menunjukkan bahwa *B. bassiana* strain BNBCRC menyebabkan kematian hingga 80% pada larva *S. litura*, sedangkan *B. bassiana* strain B14532 hanya mampu menyebabkan kematian larva sebesar 60%. Li *et al.* (2014) juga melaporkan bahwa virulensi sembilan isolat *B. bassiana* dalam mengendalikan imago *Nilaparvata lugens* berbeda signifikan antarisolat. Perbedaan efikasi tersebut terjadi karena keragaman karakter genetik dari masing-masing isolat maupun jenis serangga hama yang diuji (Lee *et al.* 2018; Zhang *et al.* 2020)

Perbedaan strain/isolat cendawan juga menunjukkan perbedaan tingkat produksi konidia dan perkecambahan konidia yang berpengaruh pada efektivitasnya. Aplikasi cendawan entomopatogen yang tepat dan efektif terutama di lapangan adalah sore hari, untuk menghindari sinar UV dan mempertahankan kelembaban. Faktor abiotik yang mempengaruhi efektifitas *B. bassiana* antara lain suhu, kelembaban, radiasi UV, dan tipe habitat. Faktor abiotik tersebut secara signifikan dapat mengurangi viabilitas konidia, kecepatan perkecambahan, laju pertumbuhan hifa, dan produksi konidia (Ahmad *et al.* 2016; Immediato *et al.* 2017). Rodrigues *et al.* (2016) dan Kaiser *et al.* (2019) melaporkan bahwa radiasi sinar UV dapat merusak konidia dan menurunkan efikasi *B. bassiana* yang diaplikasikan di lapang. Selain itu, Mishra *et al.* (2015) melaporkan bahwa *B. bassiana* membutuhkan suhu 30 °C dan kelembaban 75-100% untuk dapat menginfeksi imago dan larva *Musca domestica*, di luar rentang suhu dan kelembaban tersebut, tingkat infeksi *B. bassiana* rendah.

Berbagai kelemahan *B. bassiana* dapat diatasi melalui: 1) penggunaan isolat cendawan yang virulen, 2) perbanyakan cendawan pada media alami secara terus menerus lebih dari lima kali menyebabkan penurunan efikasi sehingga harus

Tabel 1. Dampak aplikasi cendawan *B. bassiana* terhadap kelangsungan hidup predator generalis di lahan pertanian kacang hijau

Jumlah aplikasi <i>B. bassiana</i>	Populasi predator		
	<i>Coccinella</i> sp.	<i>Oxyopes</i> sp.	<i>Paederus</i> sp.
P1 (6x aplikasi)	2,50	1,50	1,50
P2 (5x aplikasi)	3,25	1,50	0,00
P3 (4x aplikasi)	2,75	0,00	4,25
P4 (3x aplikasi)	0,00	2,25	3,25
P5 (2x aplikasi)	2,50	1,25	5,50
P6 (6x aplikasi insektisida kimia)	0,00	0,00	1,25
Tanpa aplikasi	5,50	3,50	7,25

Sumber: Bayu dan Prayogo (2018).

direinokulasikan (*passing culture*) ke serangga inang (Kassa *et al.* 2008; Lopez-Perez *et al.* 2014), 3) perbanyak menggunakan media alami yang ditambah senyawa kitin (Guerrero *et al.* 2008; Rohman *et al.* 2017; Saputro *et al.* 2019; Abdullah dan Sukar 2021), 4) sebelum aplikasi perlu ditambah bahan perekat dan perata karena konidia bersifat hidrofobik (Falchi *et al.* 2014; Mascarin dan Jaronski 2016), dan 5) aplikasi suspensi konidia harus mengenai serangga sasaran terutama serangga yang berada di permukaan bawah daun atau yang bersembunyi (Stafford dan Allan 2010; Zafar *et al.* 2016; Pelizza *et al.* 2019).

CARA APLIKASI *B. BASSIANA*

Organ infeksi dari *B. bassiana* yang digunakan adalah konidia selain senyawa metabolit sekunder sehingga organ tersebut yang harus diaplikasikan ke serangga sasaran dan ke patogen tanaman. Formulasi sederhana *B. bassiana* umumnya dalam bentuk tepung maupun cair yang di dalam formulasi tersebut sudah mengandung konidia. Jika formulasi dalam bentuk tepung, pada setiap 2-3 g tepung yang dilarutkan ke dalam tiap liter air maka dalam konsentrasi tersebut mengandung konidia *B. bassiana* kurang lebih 10^6 /ml. Efikasi pengendalian menggunakan biopestisida cendawan entomopatogen ditentukan oleh kepadatan konidia yang terkandung pada tiap ml air, oleh karena itu kepadatan konidia harus optimal sehingga mampu menyebabkan infeksi pada inang yang selanjutnya menyebabkan epizootik (Oliveira *et al.* 2015).

Kepadatan konidia *B. bassiana* untuk pengendalian hama tungau *Tetranychus urticae* (Araci: Tetranychidae) 1×10^8 /ml sebanyak 2 kali aplikasi dapat menurunkan tingkat kerusakan daun hingga 94% (Ullah dan Lim 2015). Sementara itu, kepadatan konidia *B. bassiana* yang digunakan untuk pengendalian ulat grayak *S. litura* (Lepidoptera: Noctuidae) diperlukan $3,06 \times 10^8$ /g (Indriyanti *et al.* 2017). Namun demikian, semakin tinggi stadia instar serangga juga semakin toleran sehingga disarankan untuk meningkatkan kepadatan konidia (Agrawal dan Simon 2017).

Waktu aplikasi cendawan entomopatogen untuk pengendalian hama yang berada di atas permukaan tanah atau pada bagian tanaman dianjurkan pada sore hari setelah pukul 15.00 WIB agar terhindar dari sinar UV yang dapat merusak konidia sehingga efikasi menjadi rendah. Suspensi konidia *B. bassiana* yang akan diaplikasikan harus ditambah bahan perekat untuk menghindari faktor lingkungan yang kurang mendukung seperti angin maupun air hujan.

Oleh karena itu, Inglis *et al.* (1997), Stafford dan Allan (2010) sangat menganjurkan penambahan minyak nabati ke dalam suspensi konidia untuk meningkatkan efikasi pengendalian. Menurut Mishra *et al.* (2013a) dan Kaiser *et al.* (2020) minyak nabati selain dapat merekatkan konidia pada integumen serangga juga dapat meningkatkan kelembaban sehingga konidia cepat berkecambah.

Untuk pengendalian hama pengisap polong, maka ujung *nozzle* harus diarahkan pada letak keberadaan serangga agar suspensi konidia *B. bassiana* yang diaplikasikan dapat kontak dengan serangga inang. Sedangkan cara pengendalian hama penggerek ubijalar suspensi konidia *B. bassiana* sebaiknya diaplikasikan pada pangkal batang dimana terbentuk umbi atau aplikasi di permukaan tanah karena biasanya imago meletakkan telurnya pada lokasi tersebut (Swiergiel *et al.* 2016). Oleh karena itu, pemahaman tentang perilaku serangga sangat diperlukan agar pengendalian hama menggunakan agens hayati khususnya cendawan entomopatogen lebih efektif dan efisien.

Cara aplikasi *B. bassiana* untuk pengendalian penyakit tanaman dapat dilakukan melalui perlakuan benih (*seed treatment*), aplikasi di tanah maupun aplikasi pada permukaan tanaman (Jaber 2015; Jaber dan Enkerli 2016). El Kichaoui *et al.* (2017) melaporkan bahwa penyakit layu yang disebabkan oleh cendawan *Fusarium* dapat dikendalikan menggunakan *B. bassiana* melalui benih yang akan ditanam atau di daerah perakaran tanaman cabai. Selanjutnya, Rondot dan Reineke (2019) menyatakan bahwa penyakit *downy mildew* pada tanaman anggur dapat dikendalikan dengan aplikasi *B. bassiana* yang disemprotkan pada bagian daun yang terinfeksi. Sedangkan Barra-Bucarei *et al.* (2020) melaporkan bahwa aplikasi *B. bassiana* dapat dilakukan melalui perlakuan benih (*seed treatment*) atau di daerah perakaran, batang maupun di daun untuk melindungi serangan penyakit busuk buah *Botrytis cinerea* pada tanaman tomat dan cabai. Kondisi tersebut disebabkan mekanisme dari cendawan *B. bassiana* selain menghasilkan senyawa antibiosis berupa stilbenes dan saponin juga menghasilkan senyawa metabolit *oosporein* maupun *beauvericin* selain melakukan kompetisi maupun hiperparasit sehingga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan hama maupun stress akibat faktor lingkungan (Rondot dan Reineke 2017; Jaber dan Ownley 2018; Rondot dan Reineke 2018; Viret *et al.* 2018). Bahkan Jaber dan Salem (2014) mengindikasikan bahwa aplikasi cendawan endofit *B. bassiana* dapat memperbaiki ketahanan tanaman labu yang terinfeksi virus mosaik (*Yellow Mosaic Virus*).

KESIMPULAN

Beauveria bassiana merupakan cendawan entomopatogen yang mampu membunuh berbagai jenis dan stadia serangga termasuk telur, nimfa/larva maupun imago. Efikasi *B. bassiana* dipengaruhi oleh produksi enzim dan toksin yang berfungsi mempengaruhi sistem kerja syaraf dan membunuh serangga inang. Salah satu keunggulan cendawan *B. bassiana* adalah bersifat ovisidal sehingga mampu menggagalkan penetasan telur serangga. Cendawan *B. bassiana* juga bersifat endofit sehingga mampu menekan perkembangan penyakit tular tanah (*soil borne disease*), penyakit layu *Fusarium*, maupun penyakit *downy mildew* pada tanaman pangan maupun hortikultura. *B. bassiana* merupakan biopestisida yang ramah lingkungan karena tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kelangsungan hidup serangga berguna, khususnya predator maupun parasitoid pada stadia tertentu. Biopestisida *B. bassiana* mempunyai peluang yang cukup besar dapat digunakan sebagai agens hayati untuk pengendalian hama maupun berbagai jenis penyakit tanaman, dan sebagai alternatif pengganti pestisida sintetik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah RRH, Sukar HA. 2021. Enhancing the efficacy of the biopesticide *Beauveria bassiana* by adding chitosan to its secondary metabolites. *International Journal of Entomology Research* 6(1):30-35.
- Acheampong MA, Hill MP, Moore SD, Coombes CA. 2020. UV sensitivity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates under investigation as potential biological control agents in South African citrus orchards. *Fungal Biology* 124(5):304-31.
- Agrawal S, Simon S. 2017. Efficacy of *Beauveria bassiana* on different larval instars of tobacco caterpillar (*Spodoptera litura* Fab.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6(8):1992-1996.
- Ahmad MA, Ghazal I, Rajab LH. 2016. Laboratory Evaluation of the effect of temperature and several media on the radial growth, conidia production and germination of the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) vuil. *SSRG International Journal of Agriculture & Environmental Science* 3(6): 35-41.
- Amuntha M, Banu JG, Surulivelu T, Gopalakrishnan N. 2010. Effect of commonly used insecticides on the growth of white muscardine fungus, *Beauveria bassiana* under laboratory conditions. *Journal of Biopesticides* 3(1):143-146.
- Akello J, Dubois T, Gold CS, Coyne D, Nakavuma J, Paparu P. 2007. *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin as an endophyte in tissue culture banana (*Musa* spp.). *Journal of Invertebrate Pathology* 96(1):34-42.
- Alali S, Mereghetti V, Faoro F, Bocchi S, Azmeh FA, Montagna M. 2019. Thermotolerant isolates of *Beauveria bassiana* as potential control agent of insect pest in subtropical climates. *Plos One*.
- Al Khoury C, Guillot J, Nemer N. 2019. Lethal activity of beauvericin, a *Beauveria bassiana* mycotoxin, against the two spotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Entomology* 143(9): 974-983.
- Al-Mazra'awi MS, Al-Abbadi AM, Shatnawi MA, Ateyyat M. 2009. Effect of application method on the interaction between *Beauveria bassiana* and neem tree extract when combined for *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) control. *Journal of Food, Agriculture, & Environment* 7(2):869-873.
- Altinok HH, Altinok MA, Koca AS. 2019. Modes of action of entomopathogenic fungi. *Current Trends in Natural Sciences* 8(16):117-124.
- Arifin M, Tengkan W. 2008. Tingkat kerusakan ekonomi hama kepik coklat pada kedelai. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 27(1):47-54.
- Arooni-Hesari M, Talaei-Hassanlou R, Sabahi Q. 2015. Simultaneous use of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and *Diatomaceous earth* against the larvae of Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *Advances in Bioscience and Biotechnology* 6(8):501-507.
- Arrubla MPF, Cardenas RM, Posada FFJ. 2010. Effect of environmental moisture on the germination of *Beauveria bassiana* spores and their pathogenicity against the coffee berry borer. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* 13(1):67-76.
- Ayudya DY, Herlinda S, Suwandi. 2019. Insecticidal activity of culture filtrates from liquid medium of *Beauveria bassiana* isolates from South Sumatra (Indonesia) wetland soil against larvae of *Spodoptera litura*. *Biodiversitas* 20(8):2101-2109.
- Azadi N, Shirzad A, Mohammadi H. 2016. A study of some biocontrol mechanisms of *Beauveria bassiana* against *Rhizoctonia* disease on tomato. *Acta Biologica Szegediensis* 60(2): 119-127.
- Bamisile BS, Dash CK, Akutse KS, Keppan R, Afolabi OG, Hussain M,....., Wang L. 2018. Prospects of endophytic fungal entomopathogens as biocontrol and plant growth promoting agents: An insight on how artificial inoculation methods affect endophytic colonization of host plants. *Microbiological Research* 217:34-50.

- Bayu MSYI, Prayogo Y. 2016. Pengendalian hama penggerek ubi jalar *Cylas formicarius* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae) menggunakan cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. Jurnal Entomologi Indonesia 13(1):40-48.
- Baretto CC, Staats CC, Schrank A, Vainstein MH. 2004. Distribution of chitinases in the entomopathogen *Metharizium anisopliae* and effect of N-acetylglucosamine in protein secretion. Current Microbiology 48(2):102-107.
- Barra-Bucarei L, Iglesias AF, Gonzales MG, Aguayo GS, Carrasco-Fernandez J, Castro JF, Campos JO. 2020. Antifungal activity of *Beauveria bassiana* endophyte against *Botrytis cinerea* in two *Solanaceae* crops. Microorganisms 8(1):65
- Bayu MSYI, Prayogo Y. 2018. Field efficacy of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo.) to the management of mungbean insect pests. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 102(2018): 012032.
- Behie SW, Jones SJ, Bidochka MJ. 2015. Plant tissue localization of the endophytic insect pathogenic fungi *Metarhizium* and *Beauveria*. Fungal Ecology 13(2015):112-119.
- Bena-Molaei P, Talaei-Hassanloui R, Askary H. 2011. Effect of culture substrates on virulence of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Cordycipitaceae) conidia against the browntail moth, *Euproctis chrysorrhoea* (Lepidoptera: Lymantriidae). Biocontrol Science and Technology 21(5-6):619-624.
- Boston W, Leemon D, Cunningham JP. 2020. Virulence screen of *Beauveria bassiana* isolates for *Australian carpophilus* (Coleoptera: Nitidulidae) beetle biocontrol. Agronomy 10(2020):1-10.
- Boyle D, Cutler GC. 2012. Effects of insect activity, soil, and cuticular factors on virulence of *Beauveria bassiana* toward *Blissus leucopterus hirtus*. Journal of Pest Science 85(4):505-512.
- Brownbridge M, Reay SD, Nelson TL, Glare TR. 2012. Persistence of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) as an endophyte following inoculation of radiate pine seed and seedlings. Biological Control 61(3):194-200.
- Candrasekharan K, Nataraju B. 2011. *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) infection during ecdysis of silkworm *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). Munis Entomol Zoo 6(2011):312-316.
- Castrejon-Antonio JE, Nunez-Mejia G, Iracheta MM, Gomez-Flores R, Tamayo-Mejia F, Ocampo-Hernandez JA, Tamez-Guerra P. 2017. *Beauveria bassiana* blastospores produced in selective medium reduce survival time of *Epilachna varivestis* Mulsant larvae. Southwestern Entomologist 42(1):203-220.
- Celar FA, Kos K. 2016. Effects of selected herbicides and fungicides on growth, sporulation and conidial germination of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. Pest Management Science 72(11):2110-2117.
- Cheong PC, Glare TR, Rostas M, Haines S, Brookes JJ, Ford S. 2020. Lack of involvement of chitinase in direct toxicity of *Beauveria bassiana* cultures to the aphid *Myzus persicae*. Journal of Invertebrate Pathology 169(2020):107276.
- Chinnadurai S, Ganesh P. 2013. Optimization process for blastospore production of *Beauveria bassiana* isolates in poly ethylene glycol (peg) supplemented medium. International Journal of Current Microbiology and Applied Science 2(11):114-122.
- Cito A, Barzanti GP, Strangi A, Francardi V, Zanfini A, Dreassi E. 2016. Cuticle-degrading proteases and toxins as virulence markers of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. Journal of Basic Microbiology 56(9):941-948.
- Daniel JF, Silva AA, Nakagawa DH, Medeiros LSD, Carvalho MG, Tavares LJ, Abreu LM, Radrigues-Filho E. 2017. Larvicidal activity of *Beauveria bassiana* extracts against *Aedes aegypti* and identification of beauvericins. Journal of the Brazilian Chemical Society 28(6):1003-1013.
- Dannon HF, Dannon AE, Douro-Kpindou OK, Zinsou AV, Houndete AT, Toffa-Mehinto J, Elegbede IATM, Olou BD, Tamo M. 2020. Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management. Journal of Cotton Research 3(1):1-21.
- Dal Bello GM, Fuse CB, Pedrini N, Padin SB. 2018. Insecticidal efficacy of *Beauveria bassiana*, diatomaceous earth and fenitrothion against *Rhyzopertha dominica* and *Tribolium castaneum* on stored wheat. International Journal of Pest Management 64(3):279-286.
- Del-Prado EN, Iannacone J, Gomez H. 2008. Effect of two entomopathogenic fungi in controlling *Aleurodicus cocois* (Curtis, 1846) (Hemiptera: Aleyrodidae). Chilean Journal of Agricultural Research 68(1):21-30.
- Dhar S, Jindal V, Gupta VK. 2016. Optimization of growth conditions and medium composition for improved conidiation of newly isolated *Beauveria bassiana* strains. Indian J Exp Biol. 54:634-643.
- Dhar S, Jindal V, Jariyal M, Gupta VK. 2019. Molecular characterization of new isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and their efficacy against the tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control 29(8):1-9.
- Dhawan M, Joshi N. 2017. Enzymatic comparison and mortality of *Beauveria bassiana* against cabbage caterpillar *Pieris brassicae* LINN. Brazilian Journal of Microbiology 48(3):522-529.

- Dias BA, Neves PMOJ, Furlaneto-Maia L, Furlaneto MC. 2008. Cuticle-degrading proteases produced by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* in the presence of coffee berry borer cuticle. *Brazilian Journal of Microbiology* 39(2):301-306.
- Dos Santos DC, Gregorio EA. 2003. Deposition of the eggshell layers in the sugar cane borer (Lepidoptera: Pyralidae): Ultrastructural aspects. *Acta Microscopica* 12(1):37-42.
- El Kichaoui A, Elnabris K, Shafie A, Fayyad N, Arafa M, El Hindi M. 2017. Development of *Beauveria bassiana* based bio-fungicide against *Fusarium* wilt pathogens for *Capsicum annum*, a promising approach toward vital biocontrol industry in Gaza strip. *IUG Journal of Natural Studies* 25(2):183-190.
- Falchi G, Marche MG, Mura ML, Rui L. 2014. Hydrophobins from aerial conidia of *Beauveria bassiana* interfere with *Ceratitis capitata* oviposition behavior. *Biological Control* 81(2015):37-43.
- Fan Y, Pei X, Guo S, Zhang Y, Luo Z, Liao X, Pei Y. 2010. Increased virulence using engineered protease-chitin binding domain hybrid expressed in the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Microbial pathogenesis* 49(6):376-380.
- Gao Y, Reitz SR, Wang J, Tamez-Querra P, Wang E, Xu Y, Lei Z. 2012. Potential use of the *Beauveria bassiana* against the western flower thrips *Franckliniella occidentalis* without reducing the effectiveness of its natural predator *Orius sauteri* (Hemiptera: Anthocoridae). *Biocontrol Science and Technology* 22(7):803-812.
- Ghongade DS, Sangha KS. 2021. Efficacy of biopesticides against the whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), on parthenocarpic cucumber grown under protected environment in India. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 31(19):1-11.
- Gouli V, Gouli S, Kim JS. 2014. Production of *Beauveria bassiana* air conidia by means of optimization of biphasic system technology. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 57(4):571-577.
- Greenfield M, Gómez-Jiménez MI, Ortiz V, Vega FE, Kramer M, Parsa S. 2016. *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* endophytically colonize cassava roots following soil drench inoculation. *Biological Control* 95(2016):40-48.
- Gul HT, Saeed S, Khan FZA. 2014. Entomopathogenic fungi as effective insect pest management tactic: A review. *Applied Sciences and Business Economics* 1(1): 10-18.
- Guo JY, Cong L, Zhou ZS, Wan FH. 2012. Multi-generation life tables of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) under high-temperature stress. *Environmental Entomology* 41(6):1672-1679.
- Hajjar MJ, Ajlan AM, Al Ahmad MH. 2015. New Approach of *Beauveria bassiana* to control the red palm weevil (Coleoptera: Curculionidae) by trapping technique. *Journal of Economic Entomology* 108(2):425-432.
- Hemalatha S, Ramaraju K, Jeyarani S. 2017. Influence of ultraviolet light protectants on the persistence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Journal of Biopesticides* 10(2):130-134.
- Hidayat P, Kurniawan HA, Afifah L, Triwidodo H. 2017. Siklus hidup dan statistik demografi kutu kebul *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotipe B dan Non_B pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Entomologi Indonesia* 14(3):143-151.
- Huang Z, Ali S, Ren S, Wu J, Zhang Y. 2012. Influence of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* on *Pryncaria congener* (Billberg) (Coleoptera: Coccinellidae) under laboratory condition. *Pakistan Journal of Zoology* 44(1): 209-216.
- Indriyanti DR, Mahmuda S, Slamet M. 2017. Effect of *Beauveria bassiana* doses on *Spodoptera litura* mortality. *International Journal of Scientific and Technology Research* 6 (9): 206-210.
- Immediato D, Figueredo LA, Iatta R, Camarda A, de Luna RLN, Giangaspero A, Brandao-Filho SP, Otranto D, Cafarchia C. 2016. Essential oils and *Beauveria bassiana* against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae): Towards new natural acaricides. *Veterinary Parasitology* 15(229):159-165.
- Immediato D, Iatta R, Camarda A, Giangaspero A, Capelli G, Figueredo LA, Otranto D, Cafarchia C. 2017. Storage of *Beauveria bassiana* conidia suspension: A study exploring the potential effects on conidial viability and virulence against *Dermanyssus gallinae* De Geer, 1778 Acari: Dermanyssidae. *Annals of Biological Sciences* 5(2): 69-76.
- Jaber LR, Vidal S. 2010. Fungal endophyte negative effects on herbivory are enhanced on intact plants and maintained in a subsequent generation. *Ecological Entomology* 35(1): 25-36.
- Jaber LR, Salem NM. 2014. Endophytic colonization of squash by the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) for managing Zucchini yellow mosaic virus in cucurbits. *Biocontrol Science and Technology* 24(10):1096-1109.
- Jaber LR. 2015. Grapevine leaf tissue colonization by the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* s.l. and its effect against downy mildew. *BioControl* 60(2015):103-112.
- Jaber LR, Enkerli L. 2016. Effect of seed treatment duration on growth and colonization of *Vicia faba* by endophytic *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Biological Control* 103(2016):187-195.

- Jaber LR, Ownley BH. 2018. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control* 116(2018):36-45.
- Jahel MK, Halawa SM, Hafez AA, Abd El-Zahar TR. 2017. Comparative efficacy of different insecticides against whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato plants. *Middle East Journal of Applied Sciences* 7(4):786-793.
- Jarrold SL, Moore D, Potter U, Charnley AK. 2007. The contribution of surface waxes to pre-penetration growth of an entomopathogenic fungus on host cuticle. *Mycological Research* 111(2): 240-249.
- Herlinda S, Riskie L, Suwandi, Susilawati, Lakitan B, Verawaty M, Hasbi. 2018. Effects of high temperature and ultraviolet-C irradiance on conidial viability and density of *Beauveria Bassiana* and *Metarhizium anisopliae* Isolated from soils of lowland ecosystems in Indonesia. *Eurasian Journal of Analytical Chemistry* 13(6):209-216.
- Holder DJ, Kayhani NO. 2015. Adhesion of the entomopathogenic fungus *Beauveria* (Cordyceps) *bassiana* to substrata. *Applied and Environmental Microbiology* 71(9):5260 -5266.
- Inglis GD, Duke GM, Kanagaratnam P, Johnson DL, Goettel MS. 1997. Persistence of *Beauveria bassiana* in soil following application of conidia through crop canopies. *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 171(1997):253-263.
- Kaiser D, Bacher S, Mène-Saffrané L, Grabenweger G. 2019. Efficiency of natural substances to protect *Beauveria bassiana* conidia from UV radiation. *Pest Management Science* 75(2): 556-563.
- Kaiser D, Handschin S, Rohr RP, Bacher S, Grabenweger G. 2020. Co-formulation of *Beauveria bassiana* with natural substances to control pollen beetles – Synergy between fungal spores and colza oil. *Biological Control* 140(2020):1-6.
- Kaur G , Padmaja V. 2009. Relationships among activities of extracellular enzyme production and virulence against *Helicoverpa armigera* in *Beauveria bassiana*. *Journal of Basic Microbiology* 49(3):264-274.
- Kassa A, Brownbridge M, Parker BL, Skinner M, Gouli V, Gouli S, Guo M, Lee F Hata T. 2015. Whey for mass production on *Beauveria bassiana* and *Metharizium anisopliae*. *Mycological Research* 112 (5): 583-591.
- Keswani C, Singh SP, Singh HB. 2013. *Beauveria bassiana*: status, mode of action, applications and safety issues. *Biotech Today* 3(1): 16-19.
- Khan S, Nadir S, Lihua G, Xu J, Holmes KA, Dewen Q. 2016. Identification and characterization of an insect toxin protein, Bb 70p, from the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* using *Galleria mellonella* as a model system. *Journal of Invertebrate Pathology* 133(2016):87-94.
- Klieber J, Reineke A. 2016. The entomopathogen *Beauveria bassiana* has epiphytic and endophytic activity against the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. *Journal of Applied Entomology* 140(8):580-589.
- Kumar AM, Ganesha G, Reddy KN, Ramachandra YL. 2008. Integrated disease management fo the control of powdery mildew *Leveillula taurica* (Lev.) (Arn) in bell pepper. *The Asian and Australasian Journal of Plant Science and Biotechnology* 2(2):107-112.
- Kumar CMS, Jacob TK, Devasahayam S, Silva SD, Nandeesh PG. 2016. Characterization and virulence of *Beauveria bassiana* associated with auger beetle (*Sinoxylon anale*) infesting allspice (*Pimenta dioica*). *Journal of Invertebrate Pathology* 139(2016):67-73.
- Kumar V, Singh GP, Babu AM, Ahsan MM, Datta RK. 2016. Germination, penetration, and invasion of *Beauveria bassiana* on silkworm *Bombyx mori* causing white muscardine. *Italian Journal of Zoology* 6(1):66:39-43.
- Latifian M, Rad B, Amani M, Rahkhodaei E. 2013. Mass production of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) by using agricultural products based on liquid-solid diphasic method for date palm pest control. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5(19):2337-2341.
- Lee SJ, Lee MR, Kim JS. 2018. Genomic analysis of the insect-killing fungus *Beauveria bassiana* JEF-007 as a biopesticide. *ScientificReports* 8(1):1-12.
- Leng PH, Reddy GVP. 2012. Bioactivity of selected eco-friendly pesticides against *Cylas formicarius* (Coleoptera: Brentidae). *Florida Entomologist* 95(4):1040-1047.
- Li M, Li S, Xu A, Lin H, Chen D, Wang H. 2014. Selection of *Beauveria* isolates pathogenic to adults of *Nilaparvata lugens*. *Journal of Insect Science* 14(32):1-12.
- Liu Z, Lei Z, Hua B, Wang H, Lin TX. 2010. Germination behavior of *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) nymphs. *Journal of Entomological Science* 45(4):322-334.
- Lopez DC, Sword GA. 2015. The endophytic fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Purpureocillium lilacinum* enhance the growth of cultivated cotton (*Gossypium hirsutum*) and negatively affect survival of the cotton bollworm (*Helicoverpa zea*). *Biological Control* 89:53–60
- Lopez-Perez M, Rodriquez-Gomez D, Loera O. 2014. Production of conidia of *Beauveria bassiana* in solid-state culture: current status and future perspectives. *Critical Reviews in Biotechnology* 35(3):334-341.
- Lohse R, Jakobs-Schonwand D, Patel AV. 2014. Screening of liquid media and fermentation of an endophytic *Beauveria bassiana* strain in a bioreactor. *AMB Express* 4(47):1-11.

- Lozano-Tovar MD, Ortiz-Urquiza A, Garrido-Jurado L, Trapero-Casas A, Quesada-Moraga E. 2013. Assessment of entomopathogenic fungi and their extracts against a soil-dwelling pest and soil-borne pathogens of olive. *Biological Control* 67(3):409-420.
- Lozano-Tovar MD, Garrido-Jurado I, Quesada-Moraga E, Raya-Ortega MC, Trapero-Casas A. 2017. *Metarhizium brunneum* and *Beauveria bassiana* release secondary metabolites with antagonistic activity against *Verticillium dahliae* and *Phytophthora megasperma* olive pathogens. *Crop Protection* 100(2017):86-195.
- Mahankuda B, Bhatt B. 2019. Potentialities entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* as a biocontrol agent: A Review. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 7(5):870-874.
- Maistrout S, Paris V, Jensen AB, Rolff J, Meyling NV, Zanchi C. 2018. A constitutively expressed antifungal peptide protects *Tenebrio molitor* during a natural infection by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Immunology* 86(2018):26-33.
- Mancillas-Paredes JM, Henandez-Sanchez H, Jaramillo-Flores ME, Garcia-Gutierrez C. 2019. Proteases and chitinases induced in *Beauveria bassiana* during infection by *Zabrotes subfasciatus*. *Southwestern Entomologist* 44(1):125-137.
- Mascarin GM, Jackson MA, Kobori NN, Behle RW, Junior IB. 2015. Liquid culture fermentation for rapid production of desiccation tolerant blastospores of *Beauveria bassiana* and *Isaria fumosorosea* strains. *Journal of Invertebrate Pathology* 127(2015):11-20.
- Mascarin GM, Jaronski ST. 2016. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 32(11):1-26.
- Mawan A, Amalia H. 2011. Statistika demografi *Riptortus linearis* F. (Hemiptera: Alydidae) pada kacang panjang (*Vigna signensis* L.). *Jurnal Entomologi Indonesia* 8(1):8-16.
- Meena M, Prasad V, Zehra A, Gupta VK, Upadhyay RS. 2015. Manitol metabolism during pathogenic fungal-host interactions under stressed conditions. *Frontiers in Microbiology* 6(2015):1-12.
- Mishra I, Mishra BK, Mandal SMA. 2012. Ovicidal and larvicidal effect of some new insecticides and biopesticides on *Chrysoperla carnea* (Stephens). *Journal of Plant Protection and Environmental* 9(2):46-53.
- Mishra S, Malik A. 2013. Nutritional optimization of native *Beauveria bassiana* isolate (HQ917687) pathogenic to housefly *Musca domestica* L. *Journal Parasitic Disease* 37(2):199-207.
- Mishra S, Kumar P, Malik A. 2013a. Preparation, characterization, and insecticidal activity evaluation of three different formulations of *Beauveria bassiana* against *Musca domestica*. *Parasitology Research* 112(10): 3485-3495.
- Mishra S, Kumar P, Malik A. 2013b. Effect of process parameters on the enzyme activity of a novel *Beauveria bassiana* isolate. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 2(9):49-56.
- Mishra S, Kumar P, Malik A. 2015. Effect of temperature and humidity on pathogenicity of native *Beauveria bassiana* isolate against *Musca domestica* L. *Journal of Parasitic Diseases* 39(4): 697-704.
- Moorthi PV, Balasubramanian C, Selvarani S, Radha A. 2015. Efficacy of sub-lethal concentration of entomopathogenic fungi on the feeding and reproduction of *Spodoptera litura*. *SpringerPlus* 4(681):1-12.
- Mulock BS, Chandler LD. 2001. Effect of *Beauveria bassiana* on the fecundity of western corn rootworm *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Biological Control* 22(1):16-21.
- Mwanburi LA, Laing MD, Miller RM. 2015. Effects of surfactants and temperature on germination and vegetative growth of *Beauveria bassiana*. *Brazilian Journal of Microbiology* 46(1):67-74.
- Mwanburi LA. 2021. Endophytic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, confer control of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in two tomato varieties. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 31(7):1-6.
- Namara LMc, Dolan SK, Walsh JMD, Griffin C, Stephens J, Glare T, Kavagh K. 2019. Oosporein an abundant metabolite in *Beauveria caldonica* with a feedback induction mechanism and a role in insect virulence. *Fungal Biology* 123(8):601-610.
- Nirupama R. 2014. Fungal disease of white muscardine in silkworm *Bombyx mori* L. *Entomology Zoology* 9(2):870-875.
- Nunez-Gaona O, Saucedo-Castaneda G, Alatorre-Rosas R, Loera O. 2018. Effect of moisture content and inoculum on the growth and conidia production by *Beauveria bassiana* on wheat bran. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 53(4):771-777.
- Odibo EO, Ojianwuna CC. 2020. Potentials of plant oil extracts (*Azadirachta indica* and *Ocimum suave*) in single and mixed forms against adult house fly (*Musca domestica*). *African Entomology* 38(1):44-54.
- Oliveira DGP, Pauli M, Mascarin GM, Delalibera I. 2015. A protocol for determination of conidial viability of the fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* from commercial products. *Journal of Microbiological Methods* 119(2015):44-52.

- Oliveira DGP, Lopes RB, Rezende JM, Delalibera I Jr. 2018. Increased tolerance of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* conidia to high temperature provided by oil-based formulations. *Journal of Invertebrate Pathology* 151(2018):151-157.
- Okweche SI, Hilili PM, Ekoja EE. 2021. Termiticidal activity of oil from *Jatropha curcas* L. and *Azadirachta indica* A. Juss against *Coptotermes sjostedti* Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae). *Bulletin of National Research Centre* 45(1):1-8.
- Ondiaka S, Maniania NK, Nyamasyo GHN, Nderitu JH. 2008. Virulence of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to sweet potato weevil *Cylas puncticollis* and effect on fecundity and egg viability. *Annals of Applied Biology* 153(1):41-48.
- Oreste M, Bubici G, Polisenio M, Tarasco E. 2016. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on the *Trialeurodes vaporariorum*-*Encarsia formosa* system. *Journal of Pest Science* 89(2016):153-160.
- Ormond EL, Thomas APM, Pell JK, Freeman SN, Roy HE. 2011. Avoidance of a generalist entomopathogenic fungus by the ladybird, *Coccinella septempunctata*. *FEMS Microbiology Ecology* 77(2):229-237.
- Ortiz-Urquiza A, Keyhani NO. 2013. Action on the surface: Entomopathogenic fungi versus the insect cuticle. *Insects* 4(3):357-374.
- Ortiz-Urquiza A, Keyhani NO. 2016. Molecular genetics of *Beauveria bassiana* infection of insects. *Advances in Genetics* 94(2016):165-249.
- Ortiz SAM, Ruiz JG, López-Guillén G, López LC, Mora JV. 2016. Evaluation of the pathogenicity of isolates of *Beauveria bassiana* against *Rhyssomatus nigerrimus*. *Southwestern Entomologist* 41(1):41-50.
- Ownley BH, Griffin MR, Klingeman WE, Gwinn KD, Moulton JK, Pereira RM. 2008. *Beauveria bassiana*: endophytic colonization and plant disease control. *Journal of Invertebrate Pathology* 98(3):267-270.
- Ownley BH, Gwinn KD, Vega FE. 2010. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. *BioControl* 55(1):113-128.
- Palma-Guerrero J, Jansson HB, Salinas J, Lopez-Llorca LV. 2008. Effect of chitosan on hyphal growth and spore germination of plant pathogenic and biocontrol fungi. *Journal of Applied Microbiology* 104(2):541-553.
- Paul NC, Deng JX, Sang HK, Choi YP, Yu SH. 2012. Distribution and antifungal activity of endophytic fungi in different growth stages of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) in Korea. *Plant Pathology Journal* 28(1):10-19.
- Parine NR, Kumar D, Khan PAA, Bobbarala V. 2010. Antifungal efficacy of secondary metabolites from entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*. *Journal of Pharmacy Research* 3(4):855-856.
- Parsa S, Ortiz V, Vega FE. 2013. Establishing fungal entomopathogens as endophytes: Towards endophytic biological control. *Journal of Visualized Experiments*. E50360:1-5.
- Pelizza SA, Marriotini Y, Russo LM, Vianna FM, Scorsetti AC, Lange CE. 2019. Application of *Beauveria bassiana* using different baits for the control of grasshopper pest *Dichroplus maculipennis* under field cage conditions. *Journal of King Saud University Science* 31(4):1511-1515.
- Petlamul W, Prasertsan P. 2012. Evaluation of strains of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Spodoptera litura* on the basis of their virulence, germination rate, conidia, production, radial growth and enzyme activity. *Mycobiology* 40(2):111-116.
- Pham TA, Kim JJ, Mm SG, Kim K. 2018. Production of lastospore of entomopathogenic *Beauveria bassiana* in a submerged batch culture. *Mycobiology* 37(3):218-224.
- Popoola AO, Osipitan AA, Afolabi CG, Oke OA. 2015. Biological control of larger grain borer *Proatephanus truncates* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) with entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae). *International Journal of Entomology and Nematology* 2(1):2-8.
- Powell WA, Klingeman WE, Ownley BH, Gwinn KD. 2009. Evidence of endophytic *Beauveria bassiana* in seed-treated tomato plants acting as a systemic entomopathogen to larval *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Entomological Science* 44(4):391-396.
- Prabhukarthikeyan SR, Umapathy K, Sornakili A, Thiruvengadam R. 2017. Analysis of genetic diversity among different isolates of *Beauveria bassiana* by RAPD-PCR. *J Biol Control* 31(1):18-24.
- Prayogo Y. 2009. Kajian cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) (Viegas) Zare Gams untuk menekan perkembangan telur hama penghisap polong kedelai *Riptortus linearis* (F.) (Hemiptera: Alydidae). [Dissertation]. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Prayogo Y. 2013. Patogenisitas cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) pada berbagai stadia kepik hijau (*Nezara viridula* L.). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 13(1):75-86.
- Prayogo Y, Tantawizal. 2016. Efikasi biopestisida *Beauveria bassiana* pada kepik coklat. *Hlm: 284-295*. Dalam: Rahmianna AA, Sholihin, et al. (eds).

- Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Tahun 2015. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Prayogo Y. 2017. Perbandingan metode aplikasi jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* untuk pengendalian *Cylas formicarius* (Coleoptera: Curculionidae). Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika 17(1):84-95.
- Prayogo Y, Bayu MSYI. 2019. Efficacy of biopesticide BeBas against sweet potato weevils (*Cylas formicarius* Fab.) in tidal land. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia 23(1):6-15.
- Prayogo Y, Bayu MSYI, Indiaty SW. 2020. Impact of biopesticide inundation on the diversity of soybean pests and diseases. The 11th International Conference on Global Resource Conservation p.13 [in press].
- Punja ZK, Rodriguez G, Tirajoh A. 2016. Effects of *Bacillus subtilis* strain QST 713 and storage temperatures on post-harvest disease development on greenhouse tomatoes. Crop Prot 84:98-104.
- Qazzaz FO, Al-Masri MI, Barakat RM. 2015. Effectiveness of *Beauveria bassiana* native isolates in the biological control of the Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*). Advances in Entomology 3(2):44-55.
- Rabari PH, Dodia DA, Patel PS, Patel RK, Davada AY. 2015. Ovicidal and larvicidal toxicity of various insecticides against *Spodoptera litura* Fabricius on cabbage. Agres-An International e Journal 4(3):282-289.
- Ramdhania D, Haneda NF, Achmad. 2016. Effectiveness of *Beauveria bassiana* against *Coptotermes curvignathus*. Jurnal Silvikultur Tropika 7(3):19-21.
- Ramakuwela T, Hatting J, Bock C, Vega FE, Welld L, Mbata GN, David Shapiro-Ilan D. 2020. Establishment of *Beauveria bassiana* as a fungal endophyte in pecan (*Carya illinoensis*) seedlings and its virulence against pecan insect pests. Biological Control 140(2020):1-8.
- Rodrigues IMW, Forim MR, da Silva MFGF, Fernandes JB, Filho AB. 2016. Effect of ultraviolet radiation on fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, pure and encapsulated, and bio-insecticide action on *Diatraea saccharalis*. Advances in Entomology 4: 151-162.
- Rohman FL, Saputro TB, Prayogo Y. 2017. Pengaruh penambahan senyawa berbasis kitin terhadap pertumbuhan cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana*. Jurnal Sains dan Seni ITS 6 (2): 13-16.
- Rondot Y, Reineke A. 2017. Association of *Beauveria bassiana* with grapevine plants deters adult black vine weevils *Otiorhynchus sulcatus*. Biocontrol Science and Technology 27(7):811-820.
- Rondot Y, Reineke A. 2018. Endophytic *Beauveria bassiana* in grapevine *Vitis vinifera* (L.) reduces infestation with piercing-sucking insects. Biological Control 116(2016):82-89.
- Rondot Y, Reineke A. 2019. Endophytic *Beauveria bassiana* activates expression of defence genes in grapevine and prevents infections by grapevine downy mildew *Plasmopara viticola*. Plant Pathology (2019) 68(9):1719-1731.
- Sabbour MM. 2002. The role of chemical additives in enhancing the efficacy of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* against the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). Pakistan Journal of Biological Sciences 5(11): 1155-1159.
- Safavi SA, Shah FA, Pakdel AK, Rasoulzadeh GR, Bandani AR, Butt TM. 2007. Effect of nutrition on growth virulence of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. FEMS Microbiology Letters 270(1):116-123.
- Saleem AR, Ibrahim RA. 2019. Assessment of the virulence and proteolytic activity of three native entomopathogenic fungi against the larvae of *Oryctes agamemnon* (Burmeister) (Coleoptera: Scarabidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control 29(21):1-8.
- Saputro TB, Prayogo Y, Rohman FL, Alami NH. 2019. The virulence improvement of *Beauveria bassiana* in infecting *Cylas formicarius* modulated by various chitin based compounds. Biodiversitas 20(9):2486-2493.
- Saragih M, Trizelia, Nurbailis, Yusniwati. 2019. Uji potensi cendawan endofit *Beauveria bassiana* terhadap perkecambahan dan pertumbuhan bibit tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.). Hlm. 151-159. Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Pertanian dan Pedesaan, Pekanbaru, Tahun 2018. Universitas Andalas.
- Saranraj P, Jayaprakash A. 2017. Agrobeneficial entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*: A review. Indo-Asian Journal of Multidisciplinary Research 3(2):1051-1087.
- Sayed S, Elarnnaouty SA, Alotaibi S, Salah M. 2021. Pathogenicity and side effect of indigenous *Beauveria bassiana* on *Coccinella undecimpunctata* and *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae). Insect 12(42):1-11.
- Seema Y, Neeraj T, Krishan K. 2013. Mass production of entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* using rice as a substrate by diphasic liquid-solid fermentation technique. International Journal of Advanced Biological Research 3(3):331-335.
- Shoukat RF, Zafar J, Shakee M, Zhang Y, Freed S, Xu X, Jin F. 2020. Assessment of lethal, sublethal, and transgenerational effects of *Beauveria bassiana* on the demography of *Aedes albopictus* (Culicidae: Diptera). Insects 11(178):1-17.

- Shi WB, Jiang Y, Feng MG. 2005. Compatibility of ten acaricides with *Beauveria bassiana* and enhancement of fungal infection to *Tetranychus cinnabarinus* (Acari: Tetranychidae) eggs by sublethal application rates of pyridaben. *Applied Entomology and Zoology* 40(4):659-666.
- Shrestha G, Enkegaard A, Steenberg T. 2015. Laboratory and semi-field evaluation of *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) against the lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri* (Hemiptera: Aphididae). *Biological Control* 85(2015): 37-45.
- da Silva AFC, Moreira SMdaCdeO, Cunha RdoSdaS, Moreiras DA, Teodoro A, da Nascimento AHC, Junior WSE. 2020. Effect of isolates of *Beauveria bassiana* pathogenic to leafhopper cacao *Horiola picta* (Hemiptera: Mamebracidae). *Amazonian Journal of Plant Research* 4(1):456-461.
- Silva RJ, Alencar JRDCC, Silva KP, Cividanes FJ, Duarte RT, Agostini LT, Polanczyk RA. 2014. Interactions between the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) and the aphid parasitoid *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) on *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* 107(3):933-938.
- Singh HB, Keswani C, Ray S, Yadav SK, Singh SP, Singh S. 2015. *Beauveria bassiana*: Biocontrol beyond Lepidopteran pests. In: Sree KS, Varma A (eds). *Biocontrol of Lepidopteran Pests*, Soil Biology 43.. Springer International Publishing Switzerland.
- Soesanto L, Prastyani N, Utami DS, Manan A. 2020. Application of raw secondary metabolites from four entomopathogenic fungi against chilli disease caused by viruses. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 20(2):100-107.
- Soesanto L, Sari LY, Mugiastuti E, Manan A. 2021. Cross application of entomopathogenic fungi raw secondary metabolites for controlling fusarium wilt of chili seedlings. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 21(2):82-90.
- Skouras PJ, Stathas GJ, Demopoulos V, Louloudakis G, Margaritopoulos JT. 2019. The effect of five insecticides on the predators *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia variegata*. *Phytoparasitica* 47(2):197-205.
- Stafford KC, Allan SA. 2014. Field applications of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* F52 (Hypocreales: Clavicipitaceae) for the control of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology* 6(1):1107-1115.
- Stevenson PC, Muyinza H, Hall DR, Porter EA, Farman DI, Talwana H, Mwanga RO. 2009. Chemical basis for resistance in sweetpotato *Ipomoea batatas* to the sweetpotato weevil *Cylas puncticollis*. *Pure and Applied Chemistry* 81(1): 141-151.
- Stafford KC, Allan SA. 2010. Field applications of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* F52 (Hypocreales: Clavicipitaceae) for the control of *Ixodes scapularis* (Acari: Ixodidae). *Journal of Medical Entomology* 47(6):1107-1115.
- Sun T, Wang XQ, Zhao ZL, Yu SH, Yang P, Chen CM. 2018. A lethal fungus infects the Chinese white wax scale insect and causes dramatic changes in the host microbiota. *Scientific Reports* 8(1):1-8.
- Svedese VM, Tiago PV, Bezerra JDP, Paiva LM, Lima EADLA, Porto ALF. 2013. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* and production of cuticle-degrading enzymes in the presence of *Diatraea saccharalis* cuticle. *African Journal of Biotechnology* 12(46):6491-6497.
- Storm C, Scoates F, Nunn A, Potin O, Dillon A. 2016. Improving efficacy of *Beauveria bassiana* against stored grain beetles with a synergistic co-formulant. *Insects* 7(42):1-14
- Sugahara VH, Varea GdS. 2014. Immobilization of *Beauveria bassiana* lipase on silica gel by physical adsorption. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 57(6):842-850.
- Swathi P, Visalakshy PG, Das SB. 2018. In vitro evaluation for compatibility of additives with *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 28(13):1-5.
- Swiergiel W, Meyling NV, Porcel M, Ramert B. 2016. Soil application of *Beauveria bassiana* GHA against apple sawfly *Hoplocampa testudinea* (Hymenoptera: Tenthredinidae): Field mortality and fungal persistence. *Insect Science* 23(6):854-868.
- Thomas KC, Khachatourians GG, Ingledew WM. 1987. Production and properties of *Beauveria bassiana* conidia cultivated in submerged culture. *Canadian Journal of Microbiology* 33(1):12-20.
- Tefera T, Vidal S. 2009. Effect of inoculation method and plant growth medium on endophytic colonization of sorghum by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *BioControl* 54(5):663-669.
- Thangavel B, Palaniappan K, Pillai KM, Madhaiyan R. 2013. Pathogenicity, ovicidal action and median lethal concentrations (LC50) of entomopathogenic fungi against exotic spiraling whitefly *Aleurodicus dispersus* Russell. *Journal of Pathogens* 2013:1-7.
- Tsuji N, Chittenden AR, Ogawa T, Takada T, Zhang YX, Saito Y. 2011. The possibility of sustainable pest management by introducing biodiversity simulations of pest mite outbreak and regulation. *Sustain Science* 6:97-107.
- Ugine TA. 2011. The effect of temperature and exposure to *Beauveria bassiana* on tarnished plant bug *Lygus lineolaris* (Heteroptera: Miridae) population

- dynamics, and the broader implications of treating insects with entomopathogenic fungi over a range of temperatures. *Biological Control* 59(3):373-383.
- Ullah MS, Lim UT. 2015. Laboratory bioassay of *Beauveria bassiana* against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on leaf discs and potted bean plants. *Exp. Appl. Acarol.* 65: 307-318.
- Vats S, Singh RK, Singh B. Mass Production of *Beauveria bassiana* (NCIM No.1300) fungal Spores on Cereal Grains and Agro-Industrial Residues. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2015; 6(1):58-60.
- Vikhe AG, Dale NS, Umbarkar RB, Labade GB, Savant AR, Walunj AA. 2016. In Vitro and In Vivo Induction, and Characterization of Toxins Isolated from *Beauveria bassiana*. *Int. J. Pure App. Biosci.* 4(3): 97-103.
- Viret O, Spring JL, Gindro K. 2018. Stilbenes: Biomarkers of grapevine resistance to fungal diseases. *OENO One* 52(3):235-241.
- Wang L, Huang J, You M, Guan X, Liu B. 2005. Effects of toxins from two strains of *Verticillium lecanii* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on bioattributes of a predatory ladybeetle *Delphastus catantlinae* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal Applied Entomology* 129(1):32-38.
- Wang DS, He YR, Guo XL, Luo YL. 2012. Acute Toxicities and Sublethal Effects of Some Conventional Insecticides on *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Economic Entomology* 4(1):1157-1163.
- Wang Q, Xu L. 2012. Beauvericin, a bioactive compound produced by fungi: A short review. *Molecules* 17:2367-2377.
- Wang Y, Chen L, An X, Jiang J, Wang Q, Cai L, Zhao X. 2013. Susceptibility to selected insecticides and risk assessment in the insect egg parasitoid *Trichogramma confusum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal Economic Entomology* 106(1):142-149.
- Wang DY, Mou YN, Tong SM, Ying SH, Feng MG. 2020. Photoprotective Role of Photolyase-Interacting RAD23 and Its Pleiotropic Effect on the Insect-Pathogenic Fungus *Beauveria bassiana*. *Applied and Environment Microbiology* 86(11):1-16.
- Wari D, Okada R, Takagi M, Yaguchi M, Kashima T, Ogawara T. 2020. Augmentation and compatibility of *Beauveria bassiana* with pesticides against different growth stages of *Bemisia tabaci* (Gennadius): an in vitro and field approach. *Pest Management Science* 76(9):3226-3252.
- White RL, Geden CJ, Kaufman PE. 2021. Exposure Timing and Method Affect *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) Efficacy Against House Fly (Diptera: Muscidae) Larvae. *Journal of Medical Entomology* 58(1):372-378.
- Xie L, Chen HM, Yang JB. 2012. Conidia Production by *Beauveria bassiana* on Rice in Solid-State Fermentation Using Tray Bioreactor. *Advantaced Materials Research* 610-613:3478-3482.
- Yuan Y, Huang W, Chen K, Ling E. 2020. *Beauveria bassiana* ribotoxin inhibits insect immunity responses to facilitate infection via host translational blockage. *Developmental & Comparative Immunology* 106: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0145305X19306123> [diakses 6 April 2021].
- Zafar J, Freed S, Khan BA, Farooq M. Effectiveness of *Beauveria bassiana* against cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Aleyrodidae: Homoptera) on different host plants. *Pakistan Journal of Zoology.* 2016; 48(1):91-99.
- Zaki FN. 2011. Side effect of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the predators *Coccinella undecempunctata*. *Archieivs of Phytopathology and Plant Protection* 44(19):1887-1893.
- Zafar J, Freed S, Khan BA, Farooq M. 2016. Effectiveness of *Beauveria bassiana* against cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Aleyrodidae: Homoptera) on different host plants. *Pakistan J. Zool.* 48(1): 91-99.
- Zhang S, Widemann E, Keyhani NO. 2012. CYP52X1, Representing New Cytochrome P450 Subfamily, Displays Fatty Acid Hydroxylase Activity and Contributes to Virulence and Growth on Insect Cuticular Substrates in entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Journal Biological Chemistry* 13(287)16:13477-13486.
- Zhang Z, Lu Y, Xu W, Sui L, Du Q, Wang Y, Zhao Y, Li Q. 2020. Influence of genetic diversity of seventeen *Beauveria bassiana* isolates from different hosts on virulence by comparative genomics. *BMC Genomics* 21(1).doi: 10.1186/s12864-020-06791-9 [diakses 7 April 2021].

Pengendalian Ramah Lingkungan Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada Tanaman Kedelai

Environmentally Friendly Control of Armyworms (Spodoptera litura Fabricius) on Soybean

Emerensiana Uge*, Eriyanto Yusnawan, Yuliantoro Baliadi

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Jalan Raya Kendalpayak Km 8 Malang 65162

*E-mail: : rensi.uge23@gmail.com

NASKAH DITERIMA 8 MARET 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 18 MEI 2021

ABSTRAK

Spodoptera litura Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) atau dikenal dengan ulat grayak merupakan hama penting pada tanaman kedelai dan beberapa jenis tanaman penting di Indonesia. Serangan *S. litura* dapat mengakibatkan kerusakan, bahkan kehilangan hasil pada tanaman kedelai. Gejala serangan berupa daun berlubang karena larva memakan jaringan daun hingga menyisakan epidermis dan tulang daun. Hama ini dilaporkan menyerang tanaman kedelai di sentra-sentra produksi di Indonesia yaitu Aceh, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tengah. Upaya pengendalian hama ulat grayak yang dilakukan petani adalah menggunakan pestisida sintetik, namun karena dampak negatif penggunaannya terhadap kesehatan manusia dan keseimbangan ekosistem alam, maka perlu adanya alternatif pengendalian yang dampak negatifnya rendah terhadap lingkungan. Beberapa teknologi pengendalian yang telah diteliti dan diketahui efektifitasnya antara lain; penggunaan *Spodoptera litura* nuclear polyhedrosis virus (SNPV) (50-100%), cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (51-93%), *Metarhizium anisopliae* (93-100%), *Nomuraea rileyi* dan *Lecanicillium lecanii* (80-85%), Parasitoid (13-56%), predator *Forficula auricularia* (96%), nematoda entomopatogen Steinernematidae (30-51%), pestisida nabati (>30%), tanaman perangkap dan varietas tahan Aplikasi yang tepat akan mendukung perkembangbiakan spesies tersebut di alam sehingga akan terjadi siklus rantai makanan yang seimbang dan berkelanjutan. Komponen pengendalian ini dapat dimasukkan dalam pengendalian terpadu, sehingga serangan *S. litura* dapat ditekan, tanaman berproduksi optimal, keseimbangan ekosistem dapat dipertahankan, residu pestisida dapat diturunkan dan sistem pertanian berkelanjutan tercapai.

Kata kunci: kedelai, pengendalian hama, ramah lingkungan, *Spodoptera litura*

ABSTRACT

Spodoptera litura Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) or known as Armyworm is one of major pests in soybean plants and some important plants in Indonesia. *S. litura* attack may cause damage during the soybean growth and even yield loss. This pest attack has been reported in almost all producing areas of soybean in Indonesia,

such as Aceh, Central Java, East Java, South Sulawesi and Southeast Sulawesi. The pest control commonly practiced by farmers is using chemical pesticides, but due to negative impacts of their uses on human health and the balance of the natural ecosystem, it is necessary to have alternative controls that have low negative impacts toward the environment or environmentally friendly. Some control methods that have been studied and known for their effectiveness are the use of *Spodoptera litura* nuclear polyhedrosis viruses (SNPV) (50-100%), fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* (51,37-93,33%), *Metarhizium anisopliae* (93,3-100%), *Nomuraea rileyi* and *Lecanicillium lecanii* (80-85%), paracitoids (13,8-56%), predator *Ferticula auricularia* (96,76%), entomopathogenic nematodes Steinernematidae (30-51%), plant pesticides (>30%), trap crop and resistant varieties.. The appropriate application will support the breeding of these species in nature, thus the food chain cycle will be balanced and sustained. This control component can be combined in the integrated control in terms of suppressing the *S. litura* attack, producing optimal yield, maintaining the ecosystem balance, reducing the pesticide residue, and achieving the sustainable farming system

Keywords: soybean, pest control, environmentally friendly, army worm

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan komoditas tanaman pangan penting di Indonesia. Kedelai selain untuk kebutuhan konsumsi langsung, juga digunakan untuk kebutuhan benih dan industri. Produksi kedelai selalu berfluktuasi setiap tahun, sehingga mempengaruhi ketersediaan kedelai secara nasional. Produksi kedelai pada tahun 2019 sebesar 0,42 juta ton biji kering, setara dengan 15,15% dari target tahun 2019 yaitu 2,8 juta ton. Nilai produksi tahun 2019 menurun 0,23 juta ton (64,6%), dibandingkan produksi tahun 2018 yakni 0,65 juta ton (Dirjentan 2019). Pada bulan Februari tahun 2019 total impor kedelai hampir 217 ribu ton, mengalami kenaikan 65% dibandingkan Februari 2018 (PPPDN 2019). Kondisi demikian menggambarkan bahwa produksi di dalam negeri belum

mampu mengimbangi kebutuhan, sehingga untuk mencukupinya masih sangat bergantung pada impor. Salah satu kendala untuk mencapai produktivitas tinggi pada kedelai adalah serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Serangan OPT dapat merusak pertanaman maupun menurunkan produksi tanaman, bahkan gagal panen.

Kehilangan hasil kedelai akibat serangan OPT sangat beragam antarlokasi dan musim tanam, berkisar dari ringan hingga berat, tergantung pada populasi OPT, ketersediaan tanaman inang dan kondisi lingkungan. Salah satu hama utama pada tanaman kedelai adalah ulat pemakan daun, yaitu ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius). Hama ini tersebar hampir di seluruh wilayah pertanaman kedelai dan tanaman hortikultura di Indonesia. Ulat grayak memiliki kisaran inang yang luas (Marwoto dan Suharsono 2008; Fattah dan Ilyas 2016). Sifat polifag ini mengakibatkan hama dapat mempertahankan siklus hidupnya di alam sepanjang tahun dengan cara memperoleh makanan dari tanaman inang lain ketika tanaman inang utama tidak tersedia.

Kisaran serangan ulat grayak pada tanaman kedelai sangat beragam. Di Banswara India pada 2015 dan 2016 kisaran serangan akibat *S. litura* adalah 22-55% (Babu *et al.* 2018), sedangkan di Indonesia 23-45% (Adie *et al.* 2012). Gejala serangan pada daun yaitu daun berlubang, kadang ditemukan hanya tersisa epidermis dan tulang daun. Pengendalian yang terlambat pada fase generatif tanaman akan menyebabkan kehilangan hasil. Teknologi ramah lingkungan dalam pengendalian ulat grayak telah banyak diteliti, diantaranya pemanfaatan musuh alami, pestisida nabati, dan mikroorganisme bermanfaat. Namun belum banyak petani memanfaatkan teknologi ini karena dianggap kurang cepat membunuh dan tidak efisien waktu. Pengendalian yang umum dilakukan petani adalah menggunakan pestisida sintetik, seperti organofosfat, karbamat dan piretroid (Laba 2010). Beberapa produk pestisida sintetik seperti fipronil mampu menurunkan kerusakan akibat ulat grayak hingga 81% (Abou-Taleb *et al.* 2015) dan mortalitas hama 100% (konsentrasi 2,5-5%) yang setara dengan aplikasi diafentiuron konsentrasi 1,25-5% (Nurazizah *et al.* 2018). Efektivitas yang tinggi dan cepat dari pestisida sintetik mengakibatkan banyak dampak negatif terhadap lingkungan.

Dampak negatif penggunaan pestisida sintetik bagi lingkungan diantaranya adalah pencemaran lingkungan (tanah, air), membunuh musuh alami, terjadi resistensi hama, penumpukan residu pestisida pada produk, dan keracunan petani aplikator. Di

Desa Sumberejo, Ngablak 14,3% petani aplikator pestisida sistemik mengalami keracunan dan 34% mengalami gangguan keseimbangan (Samosir *et al.* 2017). Sedangkan di Kulon Progo 30% dari 50 orang yang diperiksa positif keracunan, dan di Sleman 46% dari total 40 petugas pengendali OPT mengalami gejala keracunan (Dwi 2011). Mempertimbangkan dampak negatif dari penggunaan pestisida sintetik di atas, maka penting untuk memilih teknologi pengendalian lain. Pengendalian yang ramah lingkungan dan pengelolaan hama terpadu dapat menjadi alternatif dalam bidang pertanian (Kim *et al.* 2017). Konsep pengelolaan hama terpadu sangat penting dilaksanakan dengan memadukan beberapa komponen pengendalian menjadi satu paket teknologi yang dapat diterapkan mulai dari penyiapan lahan dan benih. Oleh karena itu, studi pustaka tentang manfaat penggunaan komponen pengendalian ini perlu dilakukan untuk mendukung sistem pertanian ramah lingkungan. Tulisan ini menguraikan tentang pengembangan teknologi pengendalian ulat grayak ramah lingkungan yang akan memberikan kontribusi dalam budidaya tanaman kedelai yang berkualitas dan berkelanjutan.

Bioekologi Ulat Grayak

Ulat grayak termasuk hama yang memiliki metamorfosis sempurna. Siklus hidup *S. litura* mulai dari telur sampai imago berkisar 30 sampai 60 hari (Marwoto dan Suharsono 2008). Fase yang berperan menjadi hama adalah fase larva. Fase ngengat memegang peranan cukup penting karena satu ekor ngengat dapat memproduksi generasi ulat grayak dalam jumlah besar. Ngengat aktif pada malam hari, meletakkan telur pada bagian bawah dan atas permukaan daun dalam bentuk kelompok dengan jumlah 350 butir telur dan ditutupi bulu-bulu halus (BPTP Sulsel 2015). Pada kondisi normal, dalam satu tanaman akan ditemukan empat kelompok telur dan 200 larva. Pada kondisi pandemi ulat grayak, jumlah massa telur dalam satu tanaman dapat mencapai 15 kelompok dengan jumlah larva 400 hingga 500 per tanaman (Yadav *et al.* 2012). Pada umur tiga hingga lima hari telur menetas dan larva tinggal menetap pada tempat yang sama dan memakan daun di sekitarnya (Ahmad *et al.* 2013; BPTP Sulsel 2015). Larva berwarna hijau pucat dengan kepala berwarna hitam pekat dan memiliki dua bintik hitam di ruas perut. Periode larva instar I berlangsung dua hingga tiga hari. Larva instar I dan II memakan bagian epidermis daun sehingga lamina daun menjadi tipis, selanjutnya setiap individu larva mulai menyebar ke bagian lain tanaman. Fase larva terdiri dari lima instar, dan instar III, IV dan

V merupakan pemakan yang aktif dengan memakan seluruh bagian daun dan hanya menyisakan tulang-tulang daun. Fase ulat berlangsung selama 12-15 hari, selanjutnya masuk ke fase kepompong (Fattah dan Ilyas 2016). Kepompong mudah ditemukan pada rongga-rongga tanah pada kedalaman 0-3 cm (Zheng *et al.* 2011), dengan warna awal pucat kekuningan dan berubah menjadi coklat kemerahan, dan fase ini berlangsung selama 7-8 hari (BPTP Sulsel 2015; Ramaiah dan Maheswari 2018).

Inang Ulat Grayak

Ulat grayak merupakan serangga hama dengan tanaman inang yang sangat beragam, baik tanaman pangan maupun hortikultura, bahkan pada tumbuhan yang tidak dibudidayakan. Sifat polifag hama ini menyebabkan hama mudah ditemukan di mana pun selama tanaman inangnya tersedia. Beberapa tanaman inang ulat grayak yang telah diketahui adalah tanaman kacang-kacangan, tembakau, jarak, cabai, tomat, kapas, bunga matahari, bayam, tebu, kubis, kedelai, kacang tanah, jagung, buncis, terung, kangkung, pisang, dan tanaman hias (Marwoto dan Suharsono, 2008; Yadav *et al.* 2012), mulberry, okra, *cowpea*, dan ubijalar (Narvekar *et al.* 2018). Oleh karena itu, perlu dihindari penanaman secara polikultur tanaman inang serangga untuk menghindari kehilangan hasil yang besar.

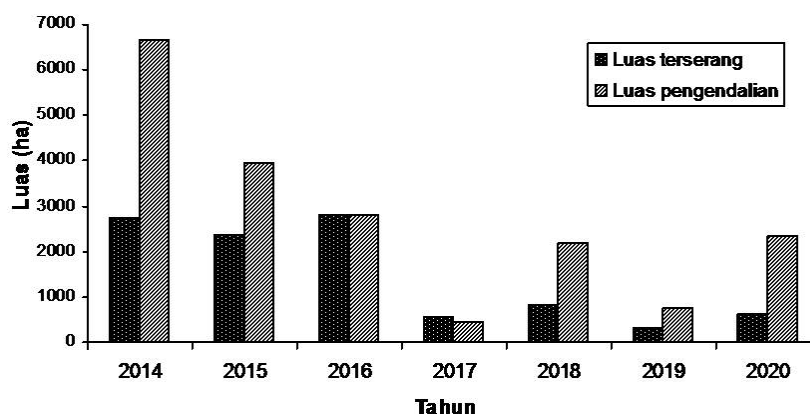
Kehilangan Hasil

Serangan ulat grayak umumnya tinggi pada akhir bulan Juli atau pertengahan Agustus hingga Oktober, dimana umumnya suhu udara meningkat dan kelembaban udara rendah. Suhu sangat mempengaruhi perilaku, distribusi, perkembangan, kelangsungan hidup, dan reproduksi serangga. Serangan pada tanaman inang utama menyebabkan kehilangan hasil 10-40% (Sundar *et al.* 2018).

Duhbale *et al.* (2017) melaporkan kehilangan hasil pada tanaman kedelai di India tanpa pengendalian mencapai 68%, lebih besar dibandingkan dengan kehilangan hasil tanaman dengan perlakuan insektisida sintetik Lamda Sihalotrin. Di Indonesia, uji ketahanan varietas kedelai terhadap *S. litura* pada uji tanpa pilihan menunjukkan intensitas serangan hama 34-64% dan pada uji dengan pilihan 19-57% (Adie *et al.* 2020). Serangan ulat grayak pada tanaman kedelai di Indonesia berfluktuasi setiap tahun (Gambar 1).

Pada tahun 2017, luas serangan ulat grayak pada pertanaman kedelai rendah, namun di tahun 2014 dan 2015 luas serangannya cukup tinggi (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa luas serangan berfluktuasi tiap tahun yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti musim tanam, varietas, faktor lingkungan, serta sistem pengelolaan hama. Pusdatin Pertanian (2017) menginformasikan bahwa sebaran wilayah terserang ulat grayak sangat beragam. Dalam lima tahun terakhir (2016-2020), wilayah dengan luas serangan konsisten tinggi adalah Aceh, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Tenggara. Daerah-daerah ini termasuk wilayah yang perlu mendapat perhatian dalam budidaya, khususnya dalam pemilihan varietas dan musim tanam. Akan tetapi, tidak menutup kemungkinan terjadi peningkatan luas serangan di wilayah Indonesia lainnya. Penambahan wilayah penyebaran ulat grayak dapat melalui produk hasil pertanian dan bahan perbanyak tanaman. Data serangan hama ulat grayak di Indonesia disajikan pada Tabel 1.

Persentase wilayah terserang semakin menurun dari tahun 2016-2020 dibanding tahun 2015 (Tabel 1). Hal ini dapat dilihat dari data luas lahan pengendalian di beberapa wilayah lebih tinggi dibanding luas lahan terserang (Gambar 1).



Gambar 1. Lahan terserang dan luas pengendalian ulat grayak pada tanaman kedelai tahun 2014–2020. Sumber: Pusdatin (2016) dan Pusdatin (2020) (data diolah).

Tabel 1. Jumlah dan persentase provinsi di Indonesia yang terdampak serangan ulat grayak *Spodoptera litura* pada tahun 2014-2020

Tahun	Jumlah provinsi	Persentase provinsi (%/tahun)
2014	19	55,8
2015	24	70,5
2016	21	61,7
2017	14	41,1
2018	25	71,4
2019	18	51,4
2020	19	54,2

Sumber: Pusdatin (2016 dan 2020), data diolah.

Pengelolaan dan pengembangan teknologi tetap perlu dikaji dengan tujuan untuk menghambat munculnya biotipe hama baru yang lebih agresif, mencegah penyebaran ke wilayah yang belum terkena dampak, dan menjaga agar persentase serangan ulat grayak tetap berada pada batas ambang yang tidak merugikan secara ekonomi. Oleh karena itu, berbagai komponen pengendalian yang dapat mendukung penyelesaian permasalahan tersebut sangat penting untuk diketahui, dengan tetap memperhatikan keberlanjutan sistem pertanian yang aman bagi ekosistem.

Teknologi Ramah Lingkungan Pengendalian Ulat Grayak

Ketergantungan terhadap penggunaan pestisida sintetis sangat tinggi karena kemampuan membunuh yang lebih cepat, efektif waktu dan tenaga. Pengendalian yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian baik secara ekonomi maupun ekologis. Pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) yang ramah lingkungan merupakan penerapan perlindungan tanaman yang dilakukan sesuai dengan sistem pengendalian hama terpadu (PHT) yakni dengan memadukan beberapa cara pengendalian yang lebih diarahkan pada cara pendekatan-pendekatan yang mengandalkan peran agro-ekosistem. Pengendalian OPT ramah lingkungan tentang sistem budidaya pertanian berkelanjutan tertuang dalam UU No. 22/2019 Bab IX pasal 48 ayat (1), sedangkan PP No. 6/1995 Bab I pasal 3 ayat (1) tentang perlindungan tanaman, dan UU No. 13/2010 Bab VI pasal 32 ayat (1d) tentang hortikultura bahwa perlindungan tanaman dilakukan sesuai dengan sistem PHT.

Beberapa teknologi pengendalian ulat grayak yang ramah lingkungan diantaranya pemanfaatan agens hayati, pestisida nabati, tanaman perangkap dan varietas tahan.

Spodoptera litura Nuclear Polyhedrosis Virus (SINPV)

Nuclear Polyhedrosis Virus (NPV) merupakan virus serangga, anggota genus Baculovirus (Maramorosch 2007). Virus masuk ke dalam tubuh inang melalui mulut saat aktivitas makan, dan tertelan menuju ke sel midgut atau dapat menembus haemocol. Organ utama yang terinfeksi yaitu trakea, sel lipid, epidermis, dan sel darah. Infeksi akan optimal pada kondisi alkalis, sehingga terjadi replikasi jutaan partikel virus infeksiif baru dalam tubuh inang dan mulai menguasai jaringan-jaringan usus, sehingga haemolimfa berubah menjadi lebih keruh karena didominasi oleh cairan NPV. Cairan NPV dalam haemocoel merupakan partikel-partikel virion baru yang mulai aktif menginfeksi dan menyebabkan lisis sel. Lisis sel akan mengakibatkan aktifitas makan dan pergerakan serangga menurun dan menyebabkan kematian (Bedjo 2005).

Partikel virus infeksiif dilepaskan dari tubuh inang melalui cairan lisis yang keluar dari tubuh serangga akibat pecahnya integumen. Cairan ini jatuh pada permukaan daun tanaman dan dimakan oleh serangga lainnya, sehingga siklus infeksi berulang (Ramanujam *et al.* 2014). Larva yang terinfeksi umumnya berpindah ke bagian atas daun tanaman dengan warna tubuh berubah ke arah merah muda, mengkilap, dan membengkak. Larva yang mati akan ditemukan menggantung pada daun menggunakan kedua kaki semu dengan posisi terbalik dan mati membusuk pada 3-12 hari setelah inokulasi (HSI) dan menghasilkan aroma khas yang sangat menyengat (Sharma dan Srivastava 2013; Ramanujam *et al.* 2014). Kiranasasi *et al.* (2013) melaporkan bahwa larva instar II-III ditemukan mati 4-5 hari setelah inokulasi. Tingkat kematian larva bergantung pada konsentrasi larutan SINPV, waktu aplikasi, stadia inang, instar larva saat aplikasi dan suhu (Ramanujam *et al.* 2014).

Infeksi SINPV lebih efektif pada larva instar awal I-IV, sedangkan pada larva instar V-VI kurang efektif. Larva instar V-VI memiliki daya tahan yang lebih tinggi karena larva mulai mengurangi aktivitas makan dan akan memasuki masa pembentukan pupa (Syahroni dan Haryadi 2019). Kematian akan terlihat pada stadia pupa dan imago, yakni membusuknya pupa, sedangkan sayap ngengat akan nampak mengeriting (Bedjo 2005). Beberapa isolat SINPV yang efektif dalam membunuh ulat grayak yaitu isolat SINPV JTM 97c dan JTM 02-5 (isolat asal Jawa Timur) dengan potensi membunuh 50% pada larva instar III. Isolat ini mudah ditemukan pada ulat grayak yang mati terinfeksi SINPV, dan dapat diperbanyak pada serangga inang itu sendiri

(Bedjo 2017). Perlu diperhatikan saat aplikasi agar NPV tetap aktif walau terpapar sinar UV. Hasil penelitian Kiranasasi *et al.* (2013) pada isolat *S/NPV* LB 06a dengan uji penyinaran selama 72 jam menunjukkan tingginya persentase larva berhenti makan dan larva mati, yang juga menghambat pembentukan pupa dan imago. *S/NPV* memiliki sifat yang sangat spesifik terhadap inang, sehingga tidak membunuh parasitoid dan predator lain. Keunggulan lainnya yaitu tahan terhadap faktor-faktor abiotik seperti kekeringan, kelembaban, suhu, dan asam (Kiranasasi *et al.* 2013).

Biopestisida NPV dapat diproduksi sendiri secara sederhana. Bedjo (2005) merekomendasikan 1500 ekor larva terinfeksi *S/NPV* dengan volume semprot 300 L untuk pengendalian pada luasan lahan 1 ha. Perbanyakkan secara massal yaitu mengumpulkan larva instar III dan IV dari lahan pertanaman kedelai, kemudian dimasukkan ke dalam toples untuk pembiakan. Jumlah larva disesuaikan dengan ukuran toples untuk mencegah terjadinya saling menggigit antarlara. Larva diberi pakan daun kedelai yang telah dicelupkan ke dalam larutan *S/NPV*, dan dibiarkan sampai mati. Bangkai larva dapat langsung digunakan untuk pengendalian *S. litura* di lapang dengan cara dihancurkan, disaring, dilarutkan dalam air dan disemprotkan ke tanaman kedelai.

Biopestisida *S/NPV* dalam berbagai formula (cair dan tepung) diaplikasikan sebagaimana insektisida sintetik yaitu dengan melihat tingkat serangan di lapang, dilakukan pada sore hari dan menggunakan penyemprot. Pengendalian sebaiknya dilakukan sedini mungkin yaitu sejak ditemukan adanya kelompok telur atau larva instar awal. Bedjo (2005) membuktikan bahwa *S/NPV* dengan volume semprot 300 l/ha dan penambahan bahan pembawa tween 80 maupun kaolin sebanyak 40% dapat membunuh larva 70-82%. *S/NPV* layak digunakan dalam skala luas untuk mengendalikan serangan ulat grayak pada tanaman kedelai di Indonesia.

Cendawan Entomopatogen

Cendawan entomopatogen merupakan salah satu agens pengendali hayati hama yang potensial. Kelebihan cendawan entomopatogen yaitu: 1) spesifisitas tinggi, 2) mudah dalam produksi massal, 3) relatif aman bagi serangga non target, 4) serta aman bagi lingkungan, manusia dan hewan (Singh *et al.* 2017a). Beberapa cendawan entomopatogen yang telah diteliti adalah *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi*, dan *Lecanicillium lecanii*.

Tahapan infeksi cendawan entomopatogen yaitu penempelan, perkecambahan konidia, diferensiasi, dan penetrasi. Proses infeksi terjadi ketika konidia cendawan menempel pada permukaan sel inang. Cendawan mengeluarkan enzim (protease, kitinase, quitobiase, upase dan lipoxigenase) untuk mendegradasi kutikula serangga dan secara mekanis penetrasi dibantu apresorium. Cendawan yang telah menginvasi dalam tubuh serangga akan berkembang menghasilkan hifa yang menyebar hingga ke haemocoel dan jaringan tubuh lainnya seperti otot, lemak, mitokondria dan hemosit, sehingga menyebabkan kematian larva (Singh *et al.* 2017a). Larva yang terinfeksi berubah menjadi hitam, mengecil, dan mengeras serta ditumbuhi miselium cendawan. Hasil penelitian efektivitas cendawan entomopatogen dalam pengendalian *S. litura* disajikan pada Tabel 2.

Kondisi lingkungan tumbuh sangat diperlukan untuk perkembangan dan pembentukan konidia, salah satunya tingkat kelembaban yang tinggi. Populasi ulat grayak cenderung menurun karena adanya infeksi *B. bassiana* pada kondisi kelembaban tinggi pada musim hujan (Sundar *et al.* 2018). Aplikasi *B. bassiana* 8 g/100 ml (kepadatan konidia $3,6 \times 10^8$ konidia/g) efektif membunuh larva *S. litura* 100% pada 10 HSI dibandingkan dosis yang lebih rendah (Indriyanti *et al.* 2017). Indrayani *et al.* (2013) menyatakan bahwa *N. rileyi* membutuhkan tingkat kelembaban 95-100% untuk bersporulasi, sedangkan suhu untuk berkecambah dan penetrasi berkisar 20-30 °C. Oleh karena itu, aplikasi suspensi cendawan entomopatogen sebaiknya dilakukan pada sore hari sehingga mengurangi paparan sinar matahari. Cendawan entomopatogen mudah ditemukan di alam, pada permukaan bawah tanah, tanaman atau dari bangkai larva atau serangga yang terinfeksi. Trizelia *et al.* (2015) mengisolasi isolat *Beauveria*, *Metarhizium* dan *Aspergillus* pada tanaman sayuran.

Kemampuan cendawan entomopatogen memproduksi konidia mempunyai arti sangat penting karena konidia merupakan propagul infeksi bagi cendawan yang berperan dalam proses infeksi. Hasil penelitian pengaruh kepadatan konidia cendawan entomopatogen dan efektivitasnya, serta kandungan toksin dan enzim dari masing-masing cendawan entomopatogen ditampilkan pada Tabel 3 dan 4.

Hingga saat ini ketersediaan cendawan entomopatogen di pasaran masih terbatas, namun perbanyakannya dapat dilakukan dengan teknik sederhana. Perbanyakkan dilakukan dengan mengisolasi cendawan dari bangkai larva yang terinfeksi. Cara perbanyakkan cendawan entomopatogen di lapang mengikuti panduan Lubis *et al.* (2020) pada

Tabel 2. Hasil penelitian pemanfaatan cendawan entomopatogen dalam pengendalian ulat grayak

Cendawan entomopatogen	Stadia larva ulat grayak	Mortalitas ulat grayak (%)	Referensi
<i>Beauveria bassiana</i>	Instar II	82	Rosmiati <i>et al.</i> (2018)
	Instar III	95	Nurhayati <i>et al.</i> (2017)
	Instar II	93	Tobing <i>et al.</i> (2015)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Instar IV & V	86	Aryo <i>et al.</i> (2017)
	Instar II	100	Tobing <i>et al.</i> (2015)
	Instar II & III	41&35	Asi <i>et al.</i> (2013)
<i>Nomuraea rileyi</i>	Instar II & III	93	Lemtur <i>et al.</i> (2017)
	Instar II dan III	93	Moanaro <i>et al.</i> (2017)
	Instar III	69&92	Bhargavi <i>et al.</i> (2018)
<i>Lecanicillium lecanii</i>	Instar II & III	25&13	Asi <i>et al.</i> (2013)
	Instar III	83	Suhairiyah (2013)
	Instar II	40	Masyitah <i>et al.</i> (2017)

Parasitoid dan Predator

cendawan *N. rileyi*. Ciri-ciri larva yang terinfeksi *N. rileyi* yaitu tubuh kaku, seluruh permukaan tubuh tertutup miselium berwarna putih, dan terdapat konidia berwarna hijau gelap. Bangkai larva disterilisasi dalam kloroks 1,25% selama satu menit, kemudian dibilas dengan aquades. Selanjutnya konidia *N. rileyi* diambil dengan jarum ose dan dibiakkan pada media *potato dextrose agar* (PDA) dan inkubasi pada suhu 23-25 °C selama kurang lebih 14 hari. Biakan yang tidak terkontaminasi yang dipilih sebagai sumber inokulum. Biakan ini dapat langsung digunakan atau dapat juga diperbanyak pada media beras dan jagung pecah untuk penggunaan berikutnya. Adapun cara perbanyak cendawan pada media jagung pecah dan beras adalah sebagai berikut: jagung dan beras direndam dalam air bersih selama satu malam, lalu ditiriskan. Selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik kedap udara dan disterilisasi pada suhu 121 °C selama 15 menit. Media yang telah steril dapat didinginkan dan secara aseptik ditambahkan konidia, kemudian ditutup plastik hingga rapat. Diamkan pada suhu ruang dan amati pertumbuhan koloni hingga menjadi hijau. Kurang lebih satu minggu biakan siap digunakan.

Aplikasi cendawan entomopatogen di lapang dapat dilakukan seperti pada aplikasi insektisida sintetik, dengan memperhatikan serangan hama di lapang. Hal yang perlu diperhatikan agar teknik pengendalian ini efektif adalah meningkatkan kemampuan mengidentifikasi jenis hama yang akan dikendalikan, aplikasi dilakukan pada sore hari (setelah jam 4 sore) dengan konsentrasi konidia minimal 10⁷/ml. Aplikasi dilakukan sebanyak tiga kali dan ditambahkan perekat dan pembawa pada suspensi konidia sebelum aplikasi (Prayogo 2005).

Parasitoid merupakan salah satu dari beberapa pengendali hayati yang telah digunakan dalam pengendalian hama yang ramah lingkungan. Beberapa diantaranya adalah *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae), *Tetrastichus* sp., *Trichogramma japonicum*, *Peribaea orbata* Wiedemann (Diptera: Tachinidae), *Eriborus argenteopilosus* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae), dan *Microplitis manilae* (Hymenoptera: Braconidae). Beberapa parasitoid ini diketahui sebagai parasit telur dan parasit larva. Parasit telur diantaranya adalah *Telenomus*, *Tetrastichus*, dan *Trichogramma*, sedangkan parasit larva yaitu *Eriborus*, *Peribaea* dan *Microplitis*. Penelitian pemanfaatan parasitoid dan peningkatan manfaatnya di lapang untuk pengendalian OPT belum banyak dilakukan, sehingga masih sangat besar peluang untuk mempelajarinya.

Keberhasilan hubungan inang dengan parasitoid dipengaruhi berbagai hal, yaitu lokasi habitat inang, lokasi inang, penerimaan inang, dan kesesuaian inang. Nelly *et al.* (2011) menemukan bahwa semakin tua umur instar ulat grayak maka semakin rentan terhadap parasitasi. Namun demikian ketersediaan parasit di lahan sangat penting. Oleh karena itu kapasitas reproduksi imago parasitoid sangat dibutuhkan (Akbar dan Buchory 2012). Anggara *et al.* (2015) menguji tingkat kemapanan parasitoid *T. remus*, dan mendapatkan bahwa pada agroekosistem kompleks tingkat parasitasi terhadap hama akan lebih tinggi dibandingkan pada agroekosistem sederhana. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas lingkungan sangat mendukung kemampuan parasitasi dan lama hidup parasitoid.

Parasitoid *Telenomus* sp., *Tetrastichus* sp., dan *Trichogramma japonicum* diketahui memarasit telur *Scirpophaga incertulas* dengan tingkat parasitasi

Tabel 3. Kerapatan konidia dan efektivitas cendawan entomopatogen dalam pengendalian *Spodoptera litura*

Jenis cendawan entomopatogen	Kerapatan konidia (konidia/ml)	Efektivitas (%)	Referensi
<i>Beauveria bassiana</i>	10 ⁸	93	Tobing <i>et al.</i> (2015)
	1.47 × 10 ⁹	51	Budi <i>et al.</i> (2013)
	10 ¹⁰	82	Rosmiati <i>et al.</i> (2018)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	10 ⁸	93-100	Tobing <i>et al.</i> (2015)
<i>Nomuraea rileyi</i>	3.4 × 10 ⁹	93	Maonaro <i>et al.</i> (2017)
<i>Lecanicillium lecanii</i>	10 ⁷ -10 ⁹	80-85	Masyitah <i>et al.</i> (2017)

Tabel 4. Kandungan toksin dan enzim dari masing-masing cendawan entomopatogen

Isolat	Kandungan toksin dan enzim	Referensi
<i>Beauveria bassiana</i>	Beauvericin, beauverolitin, bassianolitin, isorolitin, dan asam oksalat yang menyebabkan kenaikan pH, penggumpalan dan terhentinya peredaran darah	Kouvelis <i>et al.</i> (2011) Rohlfis dan Churchill (2011)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Enzim kitinase dan protease. Protease Pr 1 dan Dtxs. Pr 1 menguraikan kutikula dan melemahkan pertahanan serangga, sedangkan Dtxs memiliki aktivitas insektisida.	Wang <i>et al.</i> (2012) Petlamul dan Prasertsan (2012)
<i>Nomuraea rileyi</i>	Enzim kitinase, protease, amilase, dan lipase	Prayogo (2017)
<i>Lecanicillium lecanii</i>	Toksin cyclosporin A., dipicolinic acid, hydroxycarboxylic acid, dan cyclodepsipeptide yang berfungsi mengganggu sistem syaraf	Prayogo (2012)

29,54; 13,02; dan 2,05% (Hidayati *et al.* 2013), sedangkan pada hama ulat grayak kemampuan parasitasi sangat rendah. Hasil penelitian yang mendukung potensi parasitoid *Spodoptera* sp. dilaporkan bahwa spesies *T. remus* mampu menekan populasi *S. exigua* 48% (Buchori *et al.* 2008), dan 60,19% pada populasi *S. frugiperda* di China (Liao *et al.* 2019).

Predator adalah serangga yang hidup bebas dengan memakan atau memangsa serangga lainnya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agens pengendali hayati. Rao *et al.* (2011) menyatakan bahwa terdapat tujuh ordo hymenoptera dan dua ordo diptera merupakan parasitoid *S. litura*, sedangkan kelompok predator umumnya berasal dari spesies laba-laba. Di ekosistem sawah ditemukan berbagai predator, dan yang termasuk dalam kelompok predator penting adalah *Pheropsophus occipitalis*, *Paederus fuscipes*, *Coccinella arcuata*, *Pardosa pseudoannulata*, *Oxyopes* sp., *P. sumatrana*, *Verania lineata*, *Broscus* sp, dan *Chelisoches* sp. (Khodijah *et al.* 2012). Arobi *et al.* (2013) menemukan bahwa Cocopet (*Forficula auricularia*) memiliki potensi membunuh larva instar II hingga 96%. Potensi ini dapat dimanfaatkan dan dijaga kelestariannya, salah satunya dengan mengurangi penggunaan pestisida sintetik.

Aplikasi predator dan parasitoid di lapang dapat dilakukan di awal budidaya sebagai tindakan preventif. Adapun beberapa strategi yang dapat digunakan dalam perbanyakan predator ini antara

lain konservasi dengan cara sistem tanam yang lebih beraneka ragam, baik bunga maupun tanaman inang predator, manipulasi habitat dan menjaga kondisi suhu mikro sesuai bagi predator, menekan penggunaan pestisida sintetik, produksi massal dan karakterisasi molekuler strain spesies predator (Singh *et al.* 2017b). Salah satu contoh penerapan paket teknologi budidaya yang efisien berbasis konservasi musuh alami telah dilakukan pada tanaman kapas yakni dengan penggunaan varietas unggul, perlakuan benih dengan imidakloprit 10 g/kg benih sebelum tanam, aplikasi molases (10 ml/l air), dan penerapan konsep ambang kendali dengan mempertimbangkan keadaan predator. Penerapan konsep ini diketahui sangat efisien dalam budidaya dan bersifat ramah bagi predator dan musuh alami, serta mampu meningkatkan pendapatan petani 21,6-42,6% dibandingkan dengan cara petani (Nurindah 2014).

Peningkatan populasi predator dan parasitoid juga dapat dilakukan dengan introduksi, yaitu menambah atau memasukkan populasi musuh alami yang digunakan dalam jumlah banyak. Keberhasilan introduksi bergantung pada kemampuan beradaptasi terhadap inang dan iklim, serangan musuh alami lokal, dan ketepatan teknik pelepasan (Herlina 2011). Di samping itu, predator dan parasitoid juga dapat dilakukan dengan augmentasi, yaitu upaya peningkatan jumlah dan pengaruh musuh alami yang sebelumnya telah berfungsi di ekosistem tersebut, baik dengan cara pelepasan sejumlah tambahan

baru maupun dengan cara memodifikasi ekosistem sehingga jumlah dan daya mangsa predator dapat ditingkatkan.

Nematoda Entomopatogen

Kelompok nematoda entomopatogen (NEP) telah diketahui manfaatnya dalam pengendalian hayati serangga hama. Nematoda entomopatogen yang diketahui efektif adalah *Steinernema* (Steinernematidae) dan *Heterorhabditis* (Heterorhabditidae) (Radhakrishnan dan Shanmugam 2017). Selain itu, sifat polifagnya dapat membantu untuk berkembang biak dan bertahan di alam. Larva yang terinfeksi mengalami kerusakan pada saluran pencernaan.

Siklus hidup NEP diawali dari tahap telur, dan selanjutnya tahap juvenil. Juvenil infektif melakukan penetrasi secara aktif melalui trakea ke dalam tubuh serangga (haemocoel), selanjutnya melepaskan bakteri simbiosis yang mengeluarkan toksin yang dapat membunuh inang dengan sangat cepat. Jaringan hancur, lisis, terlihat adanya perubahan warna kutikula menjadi lebih pucat, dan mengeluarkan cairan. Pada *S. exigua* menyebabkan perubahan warna tubuh menjadi coklat kehitaman. Umur juvenil infektif yang umum digunakan dalam pengendalian adalah instar II (Kamariah 2013). Agensi ini mudah diperbanyak dengan cara membiakkannya pada serangga inang. Nematoda akan memanfaatkan nutrisi dalam tubuh larva untuk berkembang biak, selanjutnya bermigrasi dengan cara keluar dari tubuh larva dan mencari inang lain. Nematoda dapat berkembang biak dalam tubuh inang dan menghasilkan dua sampai tiga generasi, sehingga populasinya bertambah. Nematoda entomopatogen dengan konsentrasi yang tinggi, pada kondisi kelembaban udara yang tinggi dan suhu optimal sangat efektif membunuh serangga hama (Laznik *et al.* 2012).

S. carpocapsae, *S. longicaudum*, *Steinernema* sp. dan *H. indica* mampu menyebabkan kematian larva *S. litura* >90% pada 48 jam setelah inokulasi (JSI) (Yan *et al.* 2019). Acharya *et al.* (2020) membuktikan bahwa beberapa isolat *H. indica*, *S. carpocapsae*, dan *S. longicaudum* juga mampu menekan pertumbuhan *S. litura*. Aplikasi *Steinernema* 800 JI/2 ml air dan 1000 JI/2 ml air menghasilkan mortalitas larva instar III *S. exigua* 87% dan 95% pada enam hari setelah aplikasi (Kamariah 2013). Hasil uji NEP famili Steinernematidae juga dilaporkan Afifah *et al.* (2013) di mana isolat (konsentrasi 200 JI/1,5 ml) yang ditemukan pada tanaman kedelai efektif membunuh ulat grayak 34% pada larva instar III. Isolat *H. indica* juga

dilaporkan mampu membunuh larva hingga 76% (5×10^9 JI/ml) (Radhakrishnan dan Shanmugam 2017).

NEP dapat diisolasi dari tanah dan dibiakkan secara massal. Tanah (tekstur berpasir) diambil pada kedalaman 10-15 cm kemudian dimasukkan ke dalam plastik. Sampel tanah dipindahkan ke dalam botol plastik yang sebelumnya telah diisi larva ulat *Tenebrio molitor*. Larva yang terinfeksi akan mati dan mengalami perubahan warna. Apabila berwarna coklat tua kemerahan kemungkinan terinfeksi *Heterorhabditis*, dan berubah menjadi coklat tua kehijauan kemungkinan terinfeksi *Steinernema*. Namun demikian, perlu diperhatikan kemungkinan adanya gejala infeksi yang meragukan, misalnya warna khas infeksi tidak merata dan berbau busuk (Woodring dan Kaya 1988). Larva yang terinfeksi NEP dibilas dengan air steril dan diinkubasi. Inkubasi dapat dilakukan dengan menggunakan cawan berdiameter 15 cm berisi air keran setinggi 0,5 cm. Pada tengah cawan diletakkan tutup cawan petri berdiameter 5 cm yang telah diberi alas kertas tisu lembab, selanjutnya diletakkan bangkai larva. Cara inkubasi ini sesuai untuk mengisolasi Juvenil infektif (JI) *Steinernema*. Cara isolasi JI *Heterorhabditis* yakni tutup cawan petri ditelungkupkan pada tengah cawan yang berisi air, kemudian kertas tisu diletakkan di atasnya dan ujung tisu dipastikan menyentuh air, dan bangkai larva diletakkan di atasnya. Perangkap ditempatkan pada ruang dengan suhu kamar dan kondisi gelap. Inkubasi berlangsung selama 10-20 hari. Pemanenan dilakukan dengan memindahkan cairan dalam cawan ke dalam gelas erlemeyer. Juvenil infektif dicuci dengan air keran sebanyak tiga kali, selanjutnya JI disimpan dalam 25-30 ml air. Juvenil infektif yang terkumpul dapat diinokulasikan kembali pada larva untuk menaikkan populasinya (Woodring dan Kaya 1988; Chaerani *et al.*, 2007).

Aplikasi nematoda di lapang dapat dilakukan dengan penyemprotan pada permukaan tanah dengan mencampurkan NEP dengan surfaktan atau gel, sehingga lebih efisien per satuan luas (Shapiro-Ilan *et al.* 2012). Yan *et al.* (2019) menguji kesesuaian suhu terhadap virulensi NEP, dan diketahui bahwa NEP memiliki kesesuaian suhu yang beragam yakni 10-30 °C bergantung pada jenis isolat. Erdiansyah (2016) menunjukkan bahwa formulasi cair *S. carpocapsae* lebih efektif membunuh larva 83% dibandingkan formula bubuk 51%. Potensi NEP dalam mengendalikan *S. litura* cukup besar, namun aplikasi di lapang belum banyak dikaji. Berbagai kajian terbaru akan sangat membantu memberikan informasi terkait pemanfaatan NEP dalam pengendalian *S. litura*.

Pestisida Nabati

Beragam jenis senyawa metabolit sekunder tumbuhan telah dimanfaatkan untuk mengendalikan serangga hama. Senyawa metabolit sekunder berperan penting dalam pengendalian hama tanaman. Potensi pemanfaatan senyawa metabolit sekunder sebagai pestisida nabati untuk pengendalian ulat grayak telah banyak diteliti (Tabel 5).

Cara kerja pestisida nabati dengan mempengaruhi aktivitas makan, gangguan pada sistem reproduksi, dan bersifat mengusir hama (Tabel 6). Selain itu, aktivitas senyawa metabolit sekunder dapat mengganggu sistem reproduksi serangga, mempengaruhi sistem saraf otot, keseimbangan hormon, reproduksi, penolak, penarik dan anti makan (Mediantie dan Cahyono 2012).

Cara pembuatan pestisida nabati sangat sederhana, dan dapat dilakukan menggunakan bahan tanaman yang basah atau kering. Daun segar dihaluskan dan dilarutkan dalam air dan didiamkan beberapa jam, kemudian ditambahkan perekat dan langsung diaplikasikan. Indiaty dan Marwoto (2008) menjelaskan cara pembuatan ekstrak biji mimba yaitu biji dikeringanginkan, kemudian digiling, diayak dan dilarutkan dalam pelarut (25-50 g dalam 1 liter air dan ditambahkan 1 ml alkohol 70%), selanjutnya direndam selama 12 jam. Hasil rendaman disaring dan ditambahkan 0,5 ml perata atau 1 g deterjen dan siap disemprotkan. Cara lain pembuatan pestisida dari bagian daun segar dilaporkan oleh Rahmawati *et al.* (2019) dengan menggunakan daun tanaman sirsak. Daun sirsak segar dicuci dengan

Tabel 5. Jenis dan bagian tanaman yang berpotensi sebagai pestisida nabati dan efektivitas terhadap ulat grayak *Spodoptera litura*

Jenis tanaman	Stadia hama yang diamati	Kandungan senyawa	Keefektifan pestisida nabati
Biji mimba (<i>Azadirachta indica</i>)	Larva instar II, pupa dan imago	Fenol (Nahak dan Sahu 2011)	Efektif membunuh 98% telur dan 100% larva, pupa dan imago <i>S. litura</i> (Gadi 2017)
Daun bintaro (<i>Cerbera odollam</i>)	Larva instar II	Fenol, flavonoid, alkaloid, tannin, antosianin, dan glikosida (Saho dan Marar 2018)	Konsentrasi 2% efektif menghambat pertumbuhan dan perkembangan <i>S. litura</i> (Sa'diyah <i>et al.</i> 2013)
Ekstrak daun, biji sirsak (<i>Annona muricata</i>) dan biji mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>)	Larva instar III	Daun sirsak: Asetogenin & Annonain (Moghadamtousi <i>et al.</i> 2015) Biji Mahoni: limonoid (Fowles <i>et al.</i> 2012)	Pengaruh ekstrak daun sirsak terhadap waktu berhenti makan lebih tinggi yaitu sebesar 33,3%. Persentase kegagalan pembentukan pupa dan imago terbaik pada aplikasi ekstrak biji mahoni sebesar 70% dan 76,7%. (Yanuwiadi <i>et al.</i> 2013)
Daun melinjo (<i>Gnetum gnemon</i> L.)	Larva instar III	Fenolik dan antioksidan (Wazir <i>et al.</i> 2011)	Konsentrasi 20% berpengaruh dalam menekan aktivitas makan larva uji (Moniharapon dan Moniharapon 2014)
Daun mindi (<i>Melia azedarach</i> L.)	Larva instar III	alkaloid, tanin, saponin, fenolik, triterpenoid, dan flavonoid	Metode maserasi Jazzar dengan konsentrasi 20% efektif membunuh larva (Amin <i>et al.</i> 2016)
Buah mahkota dewa (<i>Phaleria papuana</i> Warb.)	Larva instar II	alkaloid, tannin, flavonoid, fenol, saponin, lignan, minyak atsiri, dan sterol (Batubara <i>et al.</i> 2012)	Konsentrasi 5% menghasilkan nilai LC50 yaitu 7,9% pada 8 hari setelah aplikasi (HSA) (Zestyadi <i>et al.</i> 2018)
Daun mimba (<i>Azadirachta indica</i>)	Larva instar III	Saponin, alkaloid (Krishna dan Krishnaiah 2014)	Konsentrasi ekstrak 20% efektif membunuh hama (Manoe <i>et al.</i> 2018)
Bunga kembang bulan (<i>Tithonia diversifolia</i> A.Gray)	Larva instar II	flavonoid dan terpenoid (Alkandahri dan Subarnas 2017)	Konsentrasi 8% efektif membunuh larva (Azwana <i>et al.</i> 2019)

Tabel 6. Kandungan senyawa metabolit sekunder tanaman dan mekanisme penghambatan pada larva (*Spodoptera litura*)

Senyawa metabolit	Mekanisme penghambatan	Referensi
Azadirachtin, salanin, meliantriol	Mengganggu proses pergantian kulit, menurunkan nafsu makan, dan menghalau hama	Indiati dan Marwoto (2008)
Flavonoid	Mengganggu proses makan, bersifat racun, dan menolak hama untuk meletakkan telur	War <i>et al.</i> (2012)
Asetogenin & annonain	Repellen (penolak serangga) dan anti-feedent (penghambat makan)	Moghadamtousi <i>et al.</i> (2015)
Limonoid	Anti-feedent (penghambat makan)	Fowles <i>et al.</i> (2012)
Saponin steroid	Saponin steroid berperan sebagai anti-feedent dan toksin pada serangga	Hussain <i>et al.</i> (2019)
Tanin	Mengikat protein sehingga mengakibatkan proses penyerapan protein yang terjadi dalam sistem pencernaan menjadi terganggu dan mengganggu aktivitas makan serangga, serta aktivitas enzim detoksifikasi larva	Yuan (2020)
Minyak atsiri	Bersifat menghambat aktivitas enzim acetylcholin esterase yang dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan serangga	Jankowska <i>et al.</i> (2018)

air mengalir, dikeringanginkan dan ditimbang sesuai kebutuhan. Dalam 1 kg daun sirsak dibutuhkan pelarut (air) sebanyak 1 liter (1:1). Daun dihaluskan dengan cara ditumbuk dan ditambahkan air. Campuran bahan disaring untuk mendapatkan ekstrak. Hasil saringan dapat diencerkan dan ditambahkan sedikit deterjen sebagai perekat, selanjutnya disimpan kurang lebih selama 24 jam sebelum siap digunakan. Aplikasi pestisida nabati dapat dilakukan seperti pada pestisida sintetik, yakni dengan melihat kejadian di lapang. Aplikasi sebaiknya dilakukan pada sore hari, sehingga tidak mudah terdegradasi dan efektif bertahan di tanaman. Pestisida nabati merupakan salah satu dari beberapa komponen PHT, sehingga produk-produk ini dapat dikombinasikan dengan beberapa pengendalian lain sehingga dapat mencapai target pengendalian yang diharapkan.

Tanaman Perangkap

Tanaman perangkap merupakan strategi tolak tarik (*push-pull strategy*) yang prinsipnya mengendalikan secara non toksik, yang secara tidak langsung dapat meningkatkan peran musuh alami (Midega *et al.* 2014). Tanaman perangkap ditanam untuk memikat dan menjauhkan hama dari tanaman utama atau tanaman komersial, sehingga tanaman utama terlindung dari serangan hama. Hama diusahakan untuk menjauhi tanaman utama dan terkonsentrasi pada tanaman perangkap. Prinsip penanaman tanaman perangkap bergantung pada preferensi hama, spesies tanaman, kultivar, dan fase pertumbuhan tanaman. Keunggulan dari tanaman perangkap yakni mengurangi kerusakan tanaman

utama, menarik organisme menguntungkan, mengurangi penggunaan input eksternal, meningkatkan keanekaragaman hayati, dan mempertahankan produktivitas.

Tanaman perangkap yang dipilih umumnya mempunyai nilai ekonomis, sehingga mudah diadopsi petani. Populasi tanaman perangkap yang ditanam harus lebih rendah dibandingkan tanaman budidaya. Pola penanaman tanaman perangkap berlajur satu atau dua baris di antara petakan tanaman budidaya, contoh 2 baris tanaman perangkap di antara 8 baris tanaman utama. Waktu tanam antara tanaman perangkap dan tanaman budidaya perlu diperhatikan. Pada tanaman perangkap yang berumur lebih panjang dari tanaman budidaya, maka sebaiknya penanaman tanaman perangkap dilakukan lebih awal dari tanaman budidaya, sedangkan pada tanaman yang berumur sama dengan tanaman budidaya dapat ditanam bersamaan, untuk mencegah keterlambatan panen (Nurindah *et al.* 2009). Dengan pengaturan waktu tanam, diharapkan nilai ekonomis dari tanaman perangkap dan nilai kemanfaatannya sebagai perangkap OPT dapat optimal.

Tanaman perangkap menghasilkan bahan kimia atau volatil yang menarik hama untuk singgah. Spesies tanaman dan kultivar tertentu menghasilkan senyawa volatil yang berbeda. Nuridah *et al.* (2009) melaporkan bahwa populasi *S. litura* pada tanaman tembakau dapat ditekan dengan penggunaan tanaman perangkap kacang hijau (*Vigna radiata* L.) dan jagung (*Zea mays* L.) dengan persentase penekanan masing-masing 50% dan 25%. Zhou

et al. (2010) melaporkan beberapa jenis tanaman perangkap yang dapat digunakan untuk pengendalian *S. litura* pada tembakau seperti jarak kepyar (*Ricinus communis*), talas (*Colocasia esculenta*), kacang tanah (*Arachis hypogaea*), dan ubijalar (*Ipomoea batatas*). Namun dari semua jenis tanaman ini, jarak kepyar diketahui memerangkap lebih banyak larva dan berhasil mengurangi serangan pada tanaman tembakau. Hasil penelitian Zhou *et al.* (2011) menemukan bahwa aplikasi tanaman perangkap *C. esculenta* dan S/NPV efektif menekan populasi larva dan meningkatkan kepadatan predator dibandingkan dengan pengendalian dengan pestisida sintetik.

Kajian tanaman perangkap dalam mengendalikan *S. litura* pada tanaman kedelai masih terbatas. Bedjo (2015) merekomendasikan genotipe kedelai MLG 3023 sebagai perangkap *S. litura* pada tanaman kedelai, karena adanya sifat kerentanan kultivar terhadap serangan *S. litura*. Pemilihan tanaman sebagai perangkap sebaiknya mempertimbangkan efektivitas dan nilai ekonomisnya. Jarak kepyar direkomendasikan dalam pengendalian *S. litura* pada tanaman kedelai karena efektif memerangkap larva, dan umur panen lebih panjang (110-121 hari) (Santoso *et al.* 2014) dibandingkan tanaman kedelai, sehingga dapat melindungi tanaman kedelai selama fase pertumbuhannya.

Varietas Tahan

Varietas unggul tahan hama merupakan salah satu komponen penting dalam pengelolaan hama terpadu (PHT). Dalam budidaya tanaman kedelai, penggunaan varietas tahan telah dilakukan untuk menghindari kehilangan hasil akibat serangan hama dan penyakit utama. Varietas tahan ulat grayak harus menjadi pilihan utama ketika hendak melakukan budidaya di lahan yang telah diketahui merupakan wilayah endemik serangan ulat grayak. Penggunaan varietas tahan dapat menekan tingkat kerusakan tanaman, mengurangi atau menghilangkan aplikasi pestisida, tidak merusak lingkungan dan menekan kehilangan hasil. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah identifikasi plasma nutfah berdasarkan karakter morfologi dan fisiologi yaitu sifat antixenosis dan antibiosis tanaman terhadap serangga hama (Krisnawati *et al.* 2017).

Mekanisme ketahanan antixenosis dan antibiosis merupakan sifat pertahanan alami tanaman terhadap kerusakan yang disebabkan oleh hama, seperti pertahanan fisik atau kimia yang menyebabkan serangga menolak untuk tinggal. Pertahanan fisik dapat berupa duri, trikoma, sedangkan pertahanan kimia dapat berupa racun atau enzim pencernaan,

bahkan pada beberapa tanaman dapat menghasilkan senyawa kimia yang dapat menarik predator atau parasit hama (Hare 2011; Clavijo McCormick *et al.* 2012). Beberapa varietas diketahui memiliki kerapatan trikoma daun yang tinggi seperti varietas Kipas Merah dan mengalami peningkatan kerapatan seiring bertambahnya umur tanaman (Hendrival *et al.* 2013). Karakter morfologi trikoma ini lebih berperan dibandingkan dengan karakter lainnya untuk pengendalian *S. litura* (Adie *et al.* 2012).

Mekanisme antibiosis melibatkan karakter sintetik dan fisika dalam perkembangan dan proses fisik serangga (Oki *et al.* 2012). Pengukuran kepekaan larva terhadap mekanisme antibiosis dapat dilakukan dengan mengamati abnormalitas larva, mortalitas, perkembangan pupa, dan berat larva. Suharsono dan Suntono (2007) melaporkan bahwa Balitkabi telah memperoleh dua galur introduksi (IAC-100 dan IAC-80596-2 dari Brazilia) yang tahan terhadap hama pengisap polong dan ulat grayak. Turunan persilangan IAC banyak dikembangkan untuk memperoleh galur-galur baru berdaya hasil tinggi dan tahan serangan ulat grayak. Salah satunya adalah G100H yang merupakan turunan persilangan antara IAC dengan Himeshirazen, yang mempunyai tingkat ketahanan tinggi terhadap ulat grayak. Hasil persilangan lainnya dengan menggunakan IAC 100 sebagai tetua diperoleh galur harapan kedelai yang tergolong agak tahan hingga tahan terhadap ulat grayak yaitu galur IAC-100/Kaba-G-80, IAC100/Kaba-G-67, IAC-100/Burangrang-P-95, IAC-100/Kaba-G-47, dan IAC-100/Burangrang-G-119 (Sundari dan Sari 2015). Krisnawati *et al.* (2017) melaporkan adanya sifat ketahanan antixenosis dan antibiosis dari genotip kedelai G511H/Anj-1-4 terhadap ulat grayak. Ketahanan antixenosis dari genotip kedelai G511H/Anj-1-4 berupa trikoma pendek dan kepadatan trikoma, sedangkan ketahanan antibiosis berupa kandungan senyawa yang ada dari tanaman yang dapat diukur berdasarkan parameter perkembangan larva. Galur-galur ini perlu untuk dikaji dan dikembangkan untuk mendukung percepatan ketersediaan varietas tahan ulat grayak. Hingga saat ini pembentukan varietas kedelai tahan ulat grayak masih terus dilakukan. Balitkabi sejak 2016 hingga 2019 telah melepas beberapa varietas dengan sifat tahan dan agak tahan terhadap ulat grayak di antaranya Dering 3 (tahan), Dena 2, Dering 2, Demas 3, Derap 1, Deja 1 (agak tahan) (Balitkabi 2016; Balitkabi 2021). Diharapkan varietas-varietas ini dapat diadopsi petani, sehingga dapat mengurangi kejadian serangan di lapang dan meningkatkan produksi kedelai.

KESIMPULAN

Pengendalian ramah lingkungan merupakan penerapan perlindungan tanaman yang sesuai dengan sistem pengendalian hama terpadu (PHT) dengan memadukan pendekatan-pendekatan yang mengandalkan peran agroekosistem. Pengendalian ulat grayak bersifat ramah lingkungan merupakan potensi yang menjanjikan karena sangat efisien, mudah diperoleh di alam, aman bagi kesehatan lingkungan dan makhluk hidup di sekitarnya. Beberapa cara pengendalian yang telah diketahui keefektifannya adalah penggunaan agens hayati *S/NPV*, cendawan entomopatogen *B.bassiana*, *M. anisopliae*, *N. rileyi* dan *L. lecanii*. Parasitoid dan predator *Forficula auricularia*, nematoda entomopatogen famili Steinernematidae, pestisida nabati, tanaman perangkap (jarak kepyar, kacang hijau, kacang tanah, talas, ubijalar), dan varietas tahan. Beberapa agens pengendalian ini dapat diperbanyak secara mandiri dan sederhana. Komponen pengendalian ini memiliki kelemahan, salah satunya adalah kecepatan membunuh yang lebih lambat dibandingkan pestisida sintetis. Oleh karena itu, perlu perpaduan teknologi dalam satu sistem pengendalian hama terpadu sehingga lebih efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Abou-Taleb, Hamdy HK, Barrania AA, Attia MA. 2015. Comparative effectiveness of fipronil and other insecticide treatments against cotton leafworm and role of two detoxification enzymes. *Alexandria Science Exchange Journal* 36(4) : 342-348
- Acharya R, Su YS, Shim JK, Lee KY. 2020. Virulence of four entomopathogenic nematodes against the tobacco cutworm *Spodoptera litura* Fabricius. *Biological Control*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104348> (Diakses 10 Feb 2021)
- Adie MM. 2007. Panduan pengujian individual, kebaruan, keunikan, keseragaman dan kestabilan kedelai. Pusat Perlindungan Varietas Tanaman. Departemen Pertanian Republik Indonesia. 12 hlm
- Adie MM, Krisnawati A, Mufidah AZ. 2012. Derajat ketahanan genotipe kedelai terhadap hama ulat grayak. Hlm. 29-36. Dalam: Rahmiana AA *et al* (eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2012*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
- Adie M, Krisnawati A, Baliadi Y. 2020. Evaluation for soybean resistance to army worm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). pp: 1-8. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 484. International Conference on Sustainable Cereals and Crops Production Systems in the Tropics 23-25 September 2019. Makassar City Indonesia
- Afifah L, Rahardjo BT, Tarno H. 2013. Eksplorasi nematoda entomopatogen pada lahan tanaman jagung, kedelai dan kubis di Malang serta virulensinya terhadap *Spodoptera litura* Fabricius. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan* 1(2): 1-9
- Ahmad M, Gaffar A, Rafiq M. 2013. Host plants of leaf worm *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. *Asian Journal of Agriculture Biology* 1(1):23-28
- Akbar ME, Buchory D. 2012. Pengaruh lama ketiadaan inang terhadap kapasitas reproduksi parasitoid *Snellenius manilae* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae). *Jurnal Entomologi Indonesia* 9(1): 14-22
- Alkandahri MY, Subarnas A. 2017. Kandungan senyawa sintetis dan aktivitas farmakologi ekstrak daun kembang bulan (*Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray) sebagai antimalaria. *Farmaka* 15(3): 170-186
- Amin ZA, Wardhani T, Pratamaningtyas S. 2016. Pengaruh metode maserasi jassar dan balafif dalam memperoleh ekstrak air daun mindi (*Melia azedarach* L.) sebagai insektisida botani pada ulat grayak (*Spodoptera litura* F.). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian* 10(2): 110-12
- Anggara AW, Buchori D, Pudjianto. 2015. Kemapanan parasitoid *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) pada agroekosistem sederhana dan kompleks. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan* 3(3): 111-125
- Arabi Y, Oemry S, Zahara F. 2013. Daya predasi cecopet (*Forficula auricularia*) (Dermaptera: Nisulabidae) pada berbagai instar larva ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) (Lepidoptera : Noctuidae) di laboratorium. *Jurnal online Agroekoteknologi* 1(2): 296-303
- Aryo K, Purnomo, Wibowo, Aeny TN. 2017. Virulensi beberapa isolat *Metarhizium anisopliae* terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) di laboratorium. *Jurnal Agrotek Tropika* 5(2): 96-101
- Asi MR, Bashir MH, Afzal M, Zia K, Akram M. 2013. Potential of entomopathogenic fungi for biocontrol of *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *The Journal of Animal and Plant Sciences* 23(3): 913-918
- Azwana, Mardiana S, Zannah RR. 2019. Efikasi insektisida nabati ekstrak bunga kembang bulan (*Tithonia diversifolia* A.Gray) terhadap hama ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) pada tanaman sawi di laboratorium. *Jurnal Biolink* 5(2): 131-141
- Babu SR, Dudwal R, Meena PK, Rokadia P. 2018. Estimation of avoidable losses due to defoliators (semilooper complex and common cutworm, *Spodoptera litura* Fab.) in different varieties of soybean. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 7(8): 3078-3085

- Balai penelitian tanaman aneka kacang dan umbi [Balitkabi]. 2016. Deskripsi varietas. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/publikasi/deskripsi-varietas>. (Diakses 15 Apr 2021)
- Balai penelitian tanaman aneka kacang dan umbi [Balitkabi]. 2021. Deskripsi varietas terbaru. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/informasi/deskripsi-varietas-terbaru>. (Diakses 15 Apr 2021)
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan [BPTP Sulsel]. 2015. Laporan hasil penelitian dan pengkajian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian
- Batubara I, Kotsuka S, Yamauchi H, Kuspradini T, Mitsunaga, Darusman LK. 2012. TNF- α production inhibitory activity, phenolic, flavonoid and tannin contents of selected Indonesian medicinal plants. *Research Journal of Medicinal Plant* 6(6):406-415
- Bedjo. 2005. Pemanfaatan *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Virus (SNPV) untuk pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada tanaman kedelai. *Buletin Palawija* 7(8): 1-9
- Bedjo. 2015. Pengendalian larva ulat grayak (*Spodoptera litura*) dengan virus SNPV. Info Teknologi, Balai penelitian tanaman aneka kacang dan umbi 13 Agustus 2015. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/infotek/pengendalian-larva-ulat-grayak-spodoptera-litura-dengan-virus-slnpv/> (Diakses 11 Feb 2021)
- Bedjo. 2017. The potential of various isolates of *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Viruses from East Java (Indonesia) to control *Spodoptera litura* on soybean. *Biodiversitas* 18(2): 582-588
- Bhargavi GB, Manjula K, Rao R, Reddy BR. 2018. Efficacy of oil based formulations of *Nomuraea rileyi* (Farlow) samson against *Spodoptera litura* in vitro. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 7(10): 3413-3422
- Buchori D, Herawati E.D, Sari A. 2008. The effectiveness of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera: Scelionidae) for controlling welsh onion pest *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) (in Indonesian). *Jurnal Entomologi Indonesia* 5(2): 81-95
- Budi AS, Afandhi A, Puspitarini RD. 2013. Patogenesitas jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* Balsamo (Deuteromycetes: Moniliales) pada larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan* 1(1):57-65
- Chaerani, Suryadi Y, Priyatno TP, Koswanudin D, Rahmat U, Sujatmo, Yusuf, Griffin CT. 2007. Isolasi nematoda patogen serangga steinernema dan heterorhabditis. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 7(1):1-9
- Clavijo Mc Cormick A, Unsicker SB, Gershenzon J. 2012. The specificity of herbivore-induced plant volatiles in attracting herbivore enemies. *Trends in Plant Science* 17: 303-310
- Direktorat Jendral Tanaman Pangan [Dirjentan]. 2019. Laporan Kinerja. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Kementerian Pertanian. Jakarta, Hal: 46
- Dudhbale C, Surpam A, Kothikar R, Koche M. 2017. Bio-efficacy of chemical insecticides against *Spodoptera litura* infesting soybean. *American Journal of Entomology* 1(1): 16-18
- Dwi H. 2011. Sedikit Tentang Pestisida. http://dinkesjatengprov.go.id/index.php?opypion=com_content&view=article&id=48%3Aseadikittentang-pestisida&catid=42%3Apl&lang=en (Diakses 1 Juni 2011)
- Erdiansyah I. 2016. Pemanfaatan formula nematoda entomopatogen *Steinernema carpocapsae* untuk mengendalikan hama ulat *Spodoptera litura* pada pertanaman kedelai. *Jurnal Ilmiah Inovasi* 16(1): 33-40
- Fattah A, Ilyas A. 2016. Siklus hidup ulat grayak (*Spodoptera litura* F) dan tingkat serangan pada beberapa varietas unggul kedelai di Sulawesi Selatan. Hlm 834-842. Dalam Muslimin *et al* (eds). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Banjarbaru 2016*. BPTP Balitbangtan Kalimantan Selatan
- Fowles RG, Mootoo BS, Ramsewak RS, Khan A. 2012. Toxicity-structure activity evaluation of limonoids from *Swietenia* species on *Artemia salina*. *Pharmaceutical Biology* 50(2): 264-267
- Gadi N. 2017. Effect of *Azadirachta indica* extracts on oriental leafworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Chronicle of The New Researcher* 2(1): 1-5
- Hare JD. 2011. Ecological role of volatiles produced by plants in response to damage by herbivores insects. *Annual Review of Entomology* 56:161-180
- Hendriyal, Latifah, Hayu R. 2013. Perkembangan *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) pada kedelai. *Jurnal Floretek* 8: 88-100
- Herlina L. 2011. Introduksi parasitoid, sebuah wacana baru dalam pengendalian hama kutu putih pepaya *Paracoccus marginatus* di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 30(3): 87-97
- Hidayani, Rusli R, Lubis YS. 2013. Keanekaragaman spesies parasitoid telur hama Lepidoptera dan parasitasnya pada beberapa tanaman di kabupaten Solok, Sumatera Barat. *Jurnal Natur Indonesia* 15(1):9-14
- Hussain M, Debnath B, Qasim M, Bamisile BS, Islam W, Hammed MS, Wang L, Qiu D. 2019. Role of saponins in plant defense against specialist herbivores. *Molecules* 24:1-21
- Indiati SW, Marwoto. 2008. Potensi ekstrak biji nimba sebagai insektisida nabati. *Buletin Palawija* 15: 9-14

- Indrayani IGAA, Prabowo H, Mulyaningsih S. 2013. Patogenisitas dua isolat lokal jamur *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson terhadap *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). Jurnal Penelitian Tanaman Industri 19 (1):8-14
- Indriyanti DR, Mahmuda S, Slamet M. 2017. Effect of *Beauveria bassiana* doses on *Spodoptera litura* mortality. International Journal of Scientific and Technology Research 6(9): 206-210
- Jankowska M, Rogalska J, Wyszowska J, Stankiewicz M. 2018. Molecular targets for components of essential oils in the insect nervous system. Molecules 23(24):1-20
- Kamariah, Nasir B, Pangeso J. 2013. Efektifitas berbagai konsentrasi nematoda entomopatogen (*Steinernema* sp.) terhadap mortalitas larva *Spodoptera exiqua* Hubner. eJurnal Agrotekbis 1(1): 2338-3011
- Khodijah, Herlinda S, Irsan C, Pujiastuti Y, Thalib R. 2012. Artropoda predator penghuni ekosistem persawahan lebak dan pasang surut Sumatera Selatan. Jurnal Lahan Suboptimal 1(1): 57-63
- Kim KH, Kabir El, Jahan SA. 2017. Exposure to pesticides and the associated human health effects. Science of The Total Environment 575:525-535
- Kiranasasi AD, Chailani SR, Afandhi A, Bedjo. 2013. Persistensi tiga isolat *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Virus (S/NPV) asal Nusa Tenggara Barat dan Jawa Timur untuk mengendalikan larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman kedelai (*Glycine max* L). Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan 1(4):59-66
- Kouvelis VN, Wang C, Skrobek A. 2011. Assessing the cytotoxic and mutagenic effects of secondary metabolites produced by several fungal biological control agents with the Ames assay and the vitotox(w) test. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis 722(1):1-6
- Krishna PG, Krishnaiah GM. 2014. Chemical composition of the leaves of *Azadirachta indica* Linn (Nemm). International Journal of Advancement in Engineering Technology Management and Applied Science 1(5): 21-31
- Krisnawati A, Bayu MSYI, Adie M. 2017. Identification of soybean genotypes based on antixenosis and antibiosis to the armyworm (*Spodoptera litura*). Nusantara Bioscience 9(2): 164-169
- Laba IW. 2010. Analisis empiris penggunaan insektisida menuju pertanian berkelanjutan. Pengembangan Inovasi Pertanian 3(2): 120-137
- Laznik Z, Vidrih M, Trdan S. 2012. Effect of different fungicides on viability of entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* (Filipjev), *S. carpocapsae* (Weiser) and *Heterorhabditis downesi* (Stock, Griffin and Burnell) (Nematoda: Rhabditida) under laboratory conditions. Chilean Journal of Agricultural Research 72: 62-67
- Lemtur M, Kumari, A, Choudhary JS, Pan RS, Maurya S. 2017. Natural incidence of *Nomuraea rileyi* an entomopathogenic fungus on *Spodoptera litura* infesting groundnut in eastern region of India. The Bioscan 12(2):843-846
- Liao YL, Yang B, Xu MF, Lin W, Wang DS, Chen KW, Chen HY. 2019. First report of *Telenomus remus* parasitizing *Spodoptera frugiperda* and its field parasitism in southern China. Journal of Hymenoptera Research 73: 95-102
- Lubis AAN, Anwar R, Soekarno BPW, Istiaji B, Sartiami D, Irmansyah, Herawati D. 2020. Serangan ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*) pada tanaman jagung di desa Petir kecamatan Daramaga kabupaten Bogor dan potensi pengendaliannya. Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat 2(6):931-939
- Manoe BL, Harini TS, Nahas AE. 2018. Uji efikasi ekstrak kasar daun nimba terhadap mortalitas ulat grayak *Spodoptera litura* F di laboratorium. Agrisa 7(2):346-352
- Maonaro, Kumari A, Choudhary JS, Pan RS, Maurya S. 2017. Natural incidence of *Nomuraea rileyi* an entomopathogenic fungus on *Spodoptera litura* infesting groundnut in eastern region of India. The Bioscan 12(2):843-846
- Maramorosch K. 2007. Viruses, vectors, and vegetation: an autobiography. Advances in Virus Research 70:1-31
- Marwoto, Suharsono. 2008. Strategi dan komponen teknologi pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada tanaman kedelai. Jurnal Litbang Pertanian 27(4) : 131-136
- Masyitah I, Sitepu SF, Safni I. 2017. Potensi jamur entomopatogen untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* F pada tanaman tembakau in vivo. Jurnal Agroekoteknologi FP USU 5(30): 484-493
- Mediantie S, Cahyono S. 2012. Preferensi species lalat buah terhadap atraktan metil eugenol dan cue-lure dan populasinya di Sumatera Barat dan Riau. Journal of Horticulture 18(2):227-233
- Midega CAO, Jonsson M, Khan ZR, Ekbom B. 2014. Effects of landscape complexity and habitat management on stemborer colonization, parasitism and damage to maize. Agriculture Ecosystems Environment 188: 289-293
- Moanaro, Kumari A, Choudhary JS, Pan RS, Maurya. 2017. Natural incidence of *Nomuraea rileyi* an entomopathogenic fungus on *Spodoptera litura* infesting groundnut in eastern region of India. The Bioscan 12(12): 843-846
- Moghadamtousi SZ, Fadaeinasab M, Nikzad S, Mohan G, Ali HM, Kadir HA. 2015. *Annona muricata* (Annonaceae): a review of its traditional uses, isolated acetogenins and biological activities. International Journal of Molecular Science 16(7): 15625-658

- Moniharapon DD, Moniharapon M. 2014. Ekstrak etanol daun melinjo (*Gnetum gnemon* L.) sebagai anti feedant terhadap larva ulat grayak (*Spodoptera litura* fab.) pada tanaman sawi (*Brassica sinensis* L.). Jurnal Budidaya Pertanian 1(2): 100-104
- Nahak G, Sahu RK. 2011. Evaluation of antioxidant activity of flower and seed oil of *Azadirachta indica* A juss. Journal of Applied and Natural Science 3(1):78-81
- Narvekar PF, Mehendale SK, Karmarkar MS, Desai SD, Golvankar GM. 2018. Effect of BT on Third instar larvae against *Spodoptera litura* (Fab.) on different host plants under laboratory condition. International Journal of Chemical Studies 6(6): 899-901
- Nelly N, Yusniman, Rahmawatu Y. 2011. Pengaruh instar larva inang *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) terhadap keberhasilan hidup parasitoid *Eriborus argenteopilosus* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae). Jurnal Entomology Indonesia 8(1):36-44
- Nurazizah I, Basit A, Murwani I, Prabowo H. 2018. Evaluasi efek campuran fipronil dan diafenthiuron dalam mengendalikan hama ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). Jurnal Folium 1(2): 79-87
- Nurhayati, Sayuthi, Husni. 2017. The effectiveness of entomopatogen fungi of *Beauveria bassiana* Ferr for handling the *Spodoptera litura* F. caterpillar on soybean plant (*Glycine max* L. Merr). Journal of Pharmacy and Biological Sciences 12(4):73-86
- Nuridah, Sunarto DA, Sujak. 2009. Tanaman perangkap untuk pengendalian serangga hama tembakau. Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri 1(2): 55-68
- Nurindah. 2014. Konservasi musuh alami mendukung budi daya tanaman kapas tanpa penyemprotan insektisida. Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri 6(2):99-107
- Oki N, Komatsu K, Sayama T, Ishimoto M, Takahashi M, Takahashi M. 2012. Genetic analysis of antixenosis resistance to the common cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) and its relationship with pubescence characteristics in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Breeding Science 61: 608-617
- Petlamul W, Prasertsan P. 2012. Evaluation of strains of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Spodoptera litura* on the basis of their virulence, germination rate, conidia production, radial growth and enzyme activity. Mycobiology 40 (2): 111-116
- Prayogo Y. 2005. Potensi kendala dan upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. Buletin Palawija 10: 53-65
- Prayogo Y. 2012. Bio-lec: Biopestisida untuk pengendalian hama dan penyakit utama kedelai. Disampaikan pada Seminar Internal Balitkabi, 4 Juni 2012. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/berita/bio-lec-alternatif-pengganti-insektisida-sintetik/> (Diakses 14 Jan 2021)
- Prayogo Y. 2017. Biopestisida untuk pengendalian hama dan penyakit kedelai. Dalam Nugrahaeni N *et al* (eds), *Bunga rampai teknik produksi benih kedelai* (75-94). Malang: IAARD Press
- Pusat Data dan Informasi [Pusdatin]. 2016. Statistik Iklim OPT dan DPI. Direktorat tanaman pangan Kementerian Pertanian. Jakarta, hal: 37
- Pusat Data dan Informasi [Pusdatin]. 2017. Statistik Iklim OPT dan DPI. Direktorat tanaman pangan Kementerian Pertanian. Jakarta, hal: 37
- Pusat Data dan Informasi [Pusdatin]. 2020. Statistik Iklim OPT dan DPI. Direktorat tanaman pangan Kementerian Pertanian. Jakarta, hal: 37
- Pusat Pengkajian Perdagangan Dalam Negeri [PPPDN]. 2019. Analisis perkembangan harga bahan pangan pokok di pasar domestik dan internasional. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. Jakarta, hal: 66
- Radhakrishnan S, Shanmugam S. 2017. Bioefficacy of entomopathogenic nematodes against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) in Bhendi. International Journal of Current Microbiology and Applied Science 6(7): 2314-2319
- Rahmawati R, Syarief M, Jumiatur, Djenal. 2019. Potensi ekstrak daun sirsak (*Anona muricata*) pada pengendalian hama pengisap polong (*Riptortus linearis*) tanaman kedelai. Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences 3(1):22-29
- Ramaiah M, Maheswari TU. 2018. Biology studies of tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* Fabricius. Journal of Entomology and Zoology Studies 6(5):2284-2289
- Ramanujam B, Rangeshwaran R, Sivakmar G, Mohan M, Yandigeri MS. 2014. Management of insect pests by microorganisms. Proceedings of the Indian National Science Academy. 80(2): 455471
- Rao GVR, Wightman JA, Rao DVR. 2011. World review of the natural enemies and diseases of *Spodoptera litura* (F) (Lepidoptera: Noctuidae). International Journal of Tropical Insect Science 14(3): 273-284
- Rohlf M, Churchill ACL. 2011. Fungal secondary metabolites as modulators of interactions with insects and other arthropods. Fungal Genetics and Biology 48: 23-34
- Rosmiati A, Hidayat C, Efrin F, Setiati Y. 2018. Potensi *Beauveria bassiana* sebagai agens hayati *Spodoptera litura* Fabr pada tanaman kedelai. Jurnal Agrikultura 29(1):43-47
- Sa'diyah NA, Purwani KI, Wijayawati. 2013. Pengaruh ekstrak daun bintaro (*Cerbera odollam*) terhadap

- perkembangan ulat grayak (*Spodoptera litura* F.). Jurnal Sains dan Seni Pomits 2(2):111-115
- Saho A, Marar T. 2018. Phytochemical analysis, antioxidant assay and antimicrobial activity in leaf extracts of *Cerbera odollam* Gaertn. Pharmacognosy Journal 10(2):285-292
- Samosir K, Setiani O, Nurjazuli. 2017. Hubungan pajanan pestisida dengan gangguan keseimbangan tubuh petani hortikultura di kecamatan Ngablak kabupaten Magelang. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia 16(2): 63-69
- Santoso BB, Sudika IW, Jaya IKD, Aryana IGPM. 2014. Hasil biji kadar minyak jarak kepyar lokal beaq amor (*Ricinus communis* L) pada berbagai umur pemangkasan batang utama. Jurnal Agronomi Indonesia 42(3): 244-249
- Shapiro Ilan DI, Han R, Dolinski C. 2012. Entomopathogenic nematode production and application rechnology. The Journal of Nematology 44(2):206-217
- Sharma N, Srivastava R. 2013. In vitro production of nuclear polyhedrosis virus of *Helicoverpa armigera*. Persian Gulf Crop Protection 2: 18-31
- Singh D, Raina TK, Singh J. 2017a. Entomopathogenic fungi: an effective biocontrol agent for management of insect populations naturally. Journal of Pharmaceutical Science. and research 9(6): 830-839
- Singh KN, Rachana RR, Jhonson T, Varatharajan R. 2017b. Conservation of insect predators for pest management. International Journal of Tropical Agriculture 35(4): 921-929
- Suhairiyah. 2013. Pengaruh pemberian cendawan *Lecanicillium lecanii* terhadap mortalitas ulat grayak (*Spodoptera litura*) secara In Vitro. Lentera Bio 2(3): 253-257
- Suharsono, Suntono. 2007. Efektivitas beberapa jenis insektisida sintetik dan galur tahan untuk mengendalikan hama perusak daun. Hasil Penelitian Tahun 2005. Balitkabi, Malang. Hal: 7
- Sundar B, Rashmi V, Sumith HK, Sandhya. 2018. Study the incidence and period of activity of *Spodoptera litura* on soybean. Journal of Entomology and Zoology Studies 6(5): 331-333
- Sundari T, Sari KP. 2015. Perbaikan ketahanan kedelai terhadap hama ulat grayak. Iptek Tanaman Pangan 10(1):19-28
- Syahroni MNG, Haryadi NT. 2019. Uji efektivitas konsentrasi *Spodoptera litura*-nuclear polyhedrosis virus (SNPV) JTM97C formulasi bubuk terhadap larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman kedelai. Jurnal Pengendalian Hayati 2(2): 46-52
- Tobing SSL, Marheni, Hasanuddin. 2015. Uji efektivitas *Metarhizium anisopliae* Metch. dan *Beauveria bassiana* Bals. terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) pada tanaman kedelai (*Glicyne max* L.) di rumah kaca. Jurnal Agroteknologi 4(1): 1659-1665
- Trizelia, Armon N, Jaelani H. 2015. Keanekaragaman cendawan entomopatogen pada rizosfer berbagai tanaman sayuran. Hlm 998-1004. Dalam: Setyawan AD *et al* (eds). Prosiding seminar nasional masyarakat biodiversitas Indonesia 1(5) 2015. Masyarakat Biodiversitas Indonesia
- Wang B, Kang Q, Lu Y, Bai L, Wang C. 2012. Unveiling the biosynthetic puzzle of destruxins in *Metarhizium* species. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 109: 1287-1292
- War AR, Paulraj MG, Ahmad T, Buhroo AA, Hussain B, Ignacimuthu S, Sharma HC. 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. Plant Signaling and Behavior 7: 1306-1320
- Wazir D, Ahmad S, Muse R, Mahmood M, Shukor MY. 2011. Antioxidant activities of different parts of *Gnetum gnemon* L. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology 20 (2):234-240
- Woodring JL, Kaya HK. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid nematodes: a handbook of biology and techniques. Southern Cooperative Series Bulletin 331. Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, Arkansas
- Yadav DS, Kamte AS, Jadhav RS. 2012. Bio-efficacy of cyantraniliprole a new molecule against *Scelodonta strigicollis* Montschulsky and *Spodoptera litura* Fabricius in grapes. Pest Management in Horticultural Ecosystems 18: 128-134
- Yan X, Arain MS, Lin Y, Gu X, Zhang L, Li J, Han R. 2019. Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Economic Entomology 113(1):64-72
- Yanuwiadi B, Amin SL, Hiasinta GH, Bedjo. 2013. Potensi ekstrak daun sirsak, biji sirsak dan biji mahoni untuk pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura* L.). Natural B 2 (1): 88-93
- Yuan Y, Li Lusha, Zhao J, Chen M. 2020. Effect of tannic acid on nutrition and activities of detoxification enzymes and acetylcholinesterase of the fall webworm (Lepidoptera: Arctiidae). Journal of Insect Science 20 (1):1-7
- Zestyadi IRS, Solikhin, Yasin N. 2018. Toksisitas ekstrak buah mahkota dewa (*Phaleria papuena* Warb.) terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) di laboratorium. Jurnal Agrotek Tropika 6(1):21-25

- Zhou Z, Chen Z, Fu Xu Z. 2010. Potential of trap crops for integrated management of the tropical armyworm *Spodoptera litura* in Tobacco. Journal of Insect Science 10 (17): 1-11
- Zhou ZS, Fu Xu Z, Chen ZP. 2011. Co efficacy of trap crop, *Colocasia esculenta* (L) Schott and biological agent, *Spodoptera litura* nuclear polyhedral virus on the tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius) in the Tobacco Field. Pakistan Journal of Zoology 43(4):689-699
-

**Buletin Palawija Volume 19 Nomor 1
Tahun 2021, hlm 1-81**

Daftar Isi

Identification of Peanut Germplasm Tolerance to Salinity Stress

Herdina Pratiwi, Novita Nugrahaeni,
Abdullah Taufiq 1-9

The Role of Leaf Characters of Peanuts on Whitefly (*Bemisia tabaci* Genn.) Infestation

Kurnia Paramita Sari, Nurul Aini,
Bambang Tri Raharjo 10-21

Serapan Nitrogen dan Fosfor serta Hasil Kedelai Edamame (*Glycine max* (L.) Merrill) pada Tanah Alfisol akibat Aplikasi Biochar dan Vermikompos

Allaganur Rochman, Joko Maryanto,
Okti Herliana 22-30

Pertumbuhan dan Produktivitas Beberapa

Varietas Kedelai di Bawah Tegakan Kelapa

Bayu Suwitono, Himawan Bayu Aji, Yayat Hidayat,
Hermawati Cahyaningrum, Fredy Lala, Kisey Bina
Habehaan 31-40

***Beauveria bassiana*: Biopestisida Ramah Lingkungan dan Efektif untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman**

Marida Santi Yudha Ika Bayu, Yusmani Prayogo, Sri
Wahyuni Indiaty 41-63

Pengendalian Ramah Lingkungan Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada Tanaman Kedelai

Emerensiana Uge, Eriyanto Yusnawan,
Yulianto Baliadi 64-80

Indeks Buletin Palawija Volume 19 Nomor 1
Tahun 2021 81

Novita Nugrahaeni 1
Nurul Aini 10
Okti Herliana 22
Sri Wahyuni Indiaty 41
Yayat Hidayat 31
Yulianto Baliadi 64
Yusmani Prayogo 41

Indeks Subjek

aksesi kacang tanah 1
Alfisol 22
Arachis hypogaea L. 10
Beauveria bassiana 41
Bemisia tabaci Genn 10
Biochar 22
Biopestisida 41
Efikasi 41
karakter daun 10
kedelai 31
kedelai 64
kedelai edamame 22
kelapa 31
pengendalian hama 64
ramah lingkungan 64
rasio K/Na 1
salinitas 1
serapan N dan K 22
Spodoptera litura 64
teknologi pengendalian 41
tumpangsari 31
varietas 31
vermikompos 22

Indeks Penulis

Abdullah 1
Allaganur Rochman 22
Bambang Tri Raharjo 10
Bayu Suwitono 31
Emerensiana Uge 64
Eriyanto Yusnawan 64
Fredy Lala 31
Herdina Pratiwi 1
Hermawati Cahyaningrum 31
Himawan Bayu Aji 31
Joko Maryanto 22
Kisey Bina Habehaan 31
Kurnia Paramita Sari 10
Marida Santi Yudha Ika Bayu 41

