

Volume 5, Nomor 1, 2021

PISSN : 2615-2207 /EISSN : 2579-843X

AGROSAINSTEK

Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian

<http://agrosainstek.ubb.ac.id>

DAFTAR ISI (CONTENT)

The Response of Foxtail Millet Candidate Varieties from Nagekeo Regency to Leaf Blight (<i>Bipolaris setariae</i>) <i>Suriani Suriani, Amran Muis, Septian Hary Kalqutny</i>	1-7
Parameter Genetik Karakter Agronomi pada Galur F ₁ Padi Hasil Persilangan Galur Murni dan Kultivar Lokal Indonesia <i>Eko Binnaryo Mei Adi, Sri Indrayani, Nana Burhana, Enung Sri Mulyaningsih</i>	8-17
Mitigasi Cekaman Salinitas pada Fase Perkecambahan Kedelai melalui Invigorasi dengan Ekstrak Kulit Manggis dan Ekstrak Kunyit <i>Maman Suryaman, Ida Hadiyah, Yeni Nuraeni</i>	18-26
Ameliorasi Media Tailing Pascatambang Timah dengan Sabut Kelapa pada Budidaya Pakcoy (<i>Brassica rapa</i> L. <i>chinensis</i>) dengan Sistem Irigasi Growick <i>Ismed Inonu, Rion Apriyadi, Dera Utari</i>	27-33
Isolasi dan Seleksi Cendawan Rhizosfer dan Endofit asal Tanaman Kelor sebagai Agens Penginduksi Perkecambahan pada Benih Padi <i>Hishar Mirsam, Masluki Masluki, Mutmainnah Mutmainnah</i>	34-43
Stabilitas Hasil Calon Varietas Jagung Hibrida Toleran Nitrogen Rendah <i>Slamet Bambang Priyanto, Nolahdi Wicaksana, Meddy Rachmadi</i>	44-53
Effect of Microwave Treatment on the Profile of Volatile Compounds and Characteristics of White Pepper (<i>Piper nigrum</i> L.) Essential Oil <i>Atma Elfahdi</i>	54-63
Pengaruh Teknik Pengendalian Gulma dan Frekuensi Aplikasi Insektisida Terhadap Kelimpahan Populasi dan Intensitas Serangan Hama Utama pada Tanaman Lada (<i>Piper nigrum</i> L.) <i>Rion Apriyadi, Tri Lestari</i>	64-71
Potensi Bakteri Asal Bambu dalam Memproduksi Asam Indol Asetat (IAA) <i>Maisya Zahra Al Banna, Widiastini Arifuddin</i>	72-80
Variabilitas, Korelasi, dan Analisis Kelas Sepuluh Genotipe Nilam (<i>Pogostemon cablin</i> Benth.) <i>Sri Nurmayanti, M Tahir, Gusti Ayu Putu Dianti</i>	81-88

AGROSAINSTEK

Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian

Volume 5 ▪ Nomor 1 ▪ 2021

PISSN : 2615-2207

EISSN : 2579-843X

KETUA EDITOR (*EDITOR IN CHIEF*)

Gigih Ibnu Prayoga, S.P., M.P. (Universitas Bangka Belitung)

ANGGOTA EDITOR (*EDITORIAL BOARD MEMBERS*)

Ropalia, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Deni Pratama, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Herry Martha Saputra, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Euis Asriani, S.Si., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Santika Sari, S.P., M.P. (Universitas Padjadjaran)

Yati Setiati, S.P., M.P. (Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati)

Novi Handayani, A. Md. (Universitas Bangka Belitung)

PENERBIT (*PUBLISHER*)

Universitas Bangka Belitung

ALAMAT EDITOR (*EDITORIAL ADDRESS*)

Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung
Gedung Semangat, Kampus Terpadu Balunijuk,
Desa Balunijuk Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka
E-mail: agrosainstek@gmail.com

AKREDITASI (*ACCREDITATION*)

Terakreditasi nasional peringkat SINTA 2 berdasarkan SK Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kemenristekdikti Nomor: 36/E/KPT/2019

MITRA BESTARI (*REVIEWERS*)

Nono Carsono, S.P., M.Sc., Ph.D. (Universitas Padjadjaran)

Dr. Sosiawan Nusifera, S.P., M.P. (Universitas Jambi)

Dr. Inanpi Hidayati Sumiasih, S.P., M.Si. (Universitas Trilogi)

Budy Frasetya Taufik Qurrohman, S.TP., M.P. (Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati)

Jakty Kusuma, S.P., M.P. (Politeknik Negeri Lampung)

Fitri Widiyanti, SP., MBtS., PhD. (Universitas Padjadjaran)

Dr. Tri Lestari, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Dr. Eries Dyah Mustikarini, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Dr. Ismed Inonu, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Dr. Ratna Santi, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Dr. Ihsan Nurkomar, S.P. (Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Dr. M. Khais Prayoga, S.P., M.P. (Pusat Penelitian Teh dan Kina)

Agustin Zarkani S.P., M.Si., Ph.D. (Universitas Bengkulu)

Dr. Nyayu Siti Khodijah, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Rion Apriyadi, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Sari Intan Kailaku, S.TP, M.Si. (Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian)

Ankardiansyah Pandu Pradana, S.P., M.Si. (Universitas Jember)

Muh. Adiwena, S.P., M.Si. (Universitas Borneo Tarakan)

Dr. Yani Maharani, S.P., M.Si. (Universitas Padjadjaran)



AGROSAINSTEK

Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian

Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>

Research Article

The Response of Foxtail Millet Candidate Varieties from Nagekeo Regency to Leaf Blight (*Bipolaris setariae*)

Suriani^{1*}, Septian Hary Kalqutny¹, Amran Muis¹

¹Indonesian Cereals Research Institute, Jl. Dr. Ratulangi No. 274 Maros

Received: November 18, 2020 /Received in revised : March 29, 2021/ Accepted: March 31, 2021

ABSTRACT

Foxtail millet has the potential to be developed as a healthier food alternative because of its high nutritional value. Disease such as leaf blight caused by *Bipolaris setariae* is one of the limiting factors in Foxtail millet productivity. One of the efforts to control the pathogen is by utilizing resistant varieties. In this study, two candidate varieties and two germplasm accessions were tested to determine the level of resistance to *Bipolaris setariae* leaf blight. The study was arranged based on a complete randomized design with six replications. Each test material was inoculated with the spore suspension at 4 WAP. Disease intensity was observed based on the disease scoring at 7, 9, and 11 WAP. AUDPC value is calculated based on the intensity of the attack at a particular observation time. Grain weight was recorded and statistically analyzed. The two candidate varieties of foxtail millet Pagamogo and Tedamude from Nagekeo Regency showed a moderately resistant response to leaf blight and had the lowest AUDPC values of 907.69 and 912.31. The highest increase in AUDPC values was observed in the initial observation period at 0-49 DAP.

Keywords: AUDPC; *Bipolaris setariae*; Foxtail millet; Leaf blight; Plant resistance.

1. Introduction

Foxtail millet had been a staple food in some parts of the world before rice cultivation was widely known to the public (Rini 2018). In Indonesia, Foxtail millet is generally used as bird food. However, in some areas on Buru Island (Maluku) and Numfor Island (Papua), this crop is used as an alternative food (Randall *et al.* 2016). Foxtail millet can grow well in high temperature, limited water availability, and without fertilizers. It can even grow in suboptimum lands that are difficult to plant other food crops such as wheat and rice (Bhuja 2009). Saxena *et al.* (2018) reported that millets have a good adaptation in areas with low rainfall.

Foxtail millet contains several nutrients, including protein, minerals, and vitamins which are typically higher than rice and wheat. The average protein content of some foxtail millet germplasm from India is 12.63% (Kamatar *et al.* 2015). Foxtail millet also has lower carbohydrate content than rice and wheat. Foods with low carbohydrate and high fiber content are very good to be used as healthier alternative food, especially for diabetics and heart

disease patients (Kamatar *et al.* 2015). This potential can be optimized by making the foxtail millet as local food to promote food diversification, thus reducing rice and imported food (Randall *et al.* 2016).

Because of the potential of foxtail millet as healthier alternative food, foxtail millet development through breeding were carried out to improve or obtain the desired unique characteristics from the existing germplasm collection. East Nusa Tenggara Province is known to be an area with a high number of foxtail millet germplasm. Therefore, the Nagekeo Regency government, in collaboration with the Assessment Institute for Agricultural Technology of NTT, develop the local germplasms to become a newly released variety.

One of the important main characters in developing new varieties is the plant's resistance against pests and diseases. Some of the pests attacking foxtail millet are stem borers, birds, and leaf borers (Kalaisekar & Padmaja, 2017). The diseases that commonly occur in foxtail millet are blast (*Pyricularia setariae*), brown leaf spot

*Korespondensi Penulis.

E-mail : surianipalla@gmail.com (Suriani)

DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i1.207>

(*Drechslera setariae*), rust (*Uromyces setariae*), downy mildew (*Sclerospora graminicola*) and soot (*Ustilago crameri*) (Konda 2015). Brown leaf spot disease or millet leaf blight caused by the fungi *Drechslera setaria* (Saw.) Subram. & Jain synonym of *Helminthosporium drechs*, *Bipolaris setariae* (Saw.) Shoem (Kumar 2011; Kadam & Sharma 2018; Manamgoda *et al.* 2014). *B. setariae* is also known to have a broad host range, Niu *et al.* (2014) reported that the pathogen also attacks the seeds of coconut plants. In a separate study, Duan *et al.* (2012) also reported a *B. setariae* attack on cassava. The study conducted by Kadam & Sharma (2018) reported that the main diseases of millet during 2017 in India with the highest disease severity are leaf blight and leaf rust. Furthermore, Timilsina *et al.* (2016) also reported that leaf blight is a major disease of millet and the tests conducted showed that all 12 accessions of millet germplasm collected from several regions in Nepal were affected by leaf blight. The yield losses caused by leaf blight caused by *Bipolaris setariae* on foxtail millet is remain to be determined.

Leaf blight on millet can cause damage in all stages of plant growth, from seed to seed formation (Kumar 2011). Symptoms are characterized by the formation of lesions on the leaves; over time, the lesions fuse and can cause the dry leaf. Diseases that attack the leaves can cause a decrease in yield because plants experience a decrease in photosynthetic areas, increased respiration rates, and there is a decrease in photosynthate translocation from infected tissue (Binghan *et al.* 2009). Early infection in millet plants can cause seedling rot (Das *et al.* 2016). *Bipolaris setariae* can be transmitted through seeds or survived on infected plants residues on the field as a source of inoculums (Das *et al.* 2016; Nasnwa *et al.* 2018). Leaf blight on foxtail millet that can cause economic losses have never been reported in Indonesia, but in 2008 it was reported a severe and widespread attack in Iran's South Khorasa region (Mirzaee *et al.* 2010).

Plant diseases control by using resistant varieties is considered effective because it can prevent the spread of the disease as demonstrated by other cereal crops (Altaf *et al.* 2016; Al-Saidi 2016). However there are no report regarding the use of resistance varieties to control tis disease. Disease-resistant varieties are developed by a series of breeding and evaluation. This study was conducted to evaluate two candidate varieties of foxtail millet from Nagekeo Regency against leaf blight. This candidate varieties are expected to have resistance to blight so that they become a new superior variety that will be developed.

2. Materials and Methods

The study was carried out in the Cereals Plant Research Institute greenhouse in August to November 2018. A total of four accessions were used in this study, namely 1-A, 1-B, 8, and 12-B. Accessions 1-A and 1-B are candidate varieties of foxtail millet from the Nagekeo Regency in East Nusa Tenggara, while accessions 8 and 12-B are two of the germplasm collections of ICERI (Indonesian Cereals Research Institute). The research was arranged based on a Complete Randomized Design with six replicates.

Bipolaris setariae isolates preparation

Infected leaves were collected and isolated in the laboratory by growing the pathogen on Potato Dextrose Agar (PDA), and incubated for two days. Fungal hyphae that grow were purified and incubated for 14 days in an incubator. The fungi were identified microscopically and macroscopically by looking at the morphological form of the fungus. The isolates were later grown on PDA and incubated for 12 days as inoculant material.

Field Inoculation

The foxtail millet were planted in a plot with an area of 1 × 5 m, with the spacing of 75 × 20 cm, 2 rows each. Seeds are planted directly by making holes in the ground. Maintenance includes weeding, fertilizing and watering. Fertilization was done based on Tatuhey (2014) recommendation, namely urea 200 kg ha⁻¹, SP-36 83 kg ha⁻¹, and KCL 100 kg ha⁻¹ on 10 and 30 days after planting (DAP). Artificial pathogen inoculation was carried out at four weeks after planting (WAP) by spraying the plant materials with the suspension of pathogen spores that had been prepared in the laboratory with a density of 10⁶ spores/ml in the afternoon as much as approximately 10 ml/plant. Before the plants are inoculated with pathogens, watering is done to increase plant moisture. The research were conducted in an isolated screening house to minimize the spread of the disesase outside the research area.

The observation of the severity of leaf blight

The severity of the disease was first observed 3 weeks after the inoculation of the pathogen and was observed every 2 weeks by scoring 10 random samples per row. The scoring value is then transformed to the severity of the disease by using the following formula:

$$DS = \frac{\sum(n_i \times v_i)}{Z \times N} \times 100\%$$

where, DS=disease severity; n =infected plant number;
v =score ; Z = highest score used (5); N =
number of plants observed

Disease severity scores namely 0 = no symptoms; 1 = spots of more than 1% of the leaf surface; 2 = 5-10 % on the leaf surface; 3 = brown spots with gray center around 5-25% of the leave surface; 4 = 25-50% discoloration of adjacent segments; 5 = More than 50% of infected leaves.

The determination of the level of plant resistance to leaf blight disease was categorized by using the following criteria, namely 0 - 5%: Highly Resistant; 5-20%: Resistant; 20-40%: Moderately Resistant; 40-60%: Susceptible; and > 60%: Highly Susceptible.

To determine the disease's progress in each material tested, data of the disease severity were plotted against the time of observation to get the disease development curve. For statistical analysis, the area under the disease development curve (Area Under Diseases Progress Curve, AUDPC) is calculated using the following formula (Mehmood *et al.* 2016):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{X_i + X_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

where, X=disease intensity; t= time of observations; n= number of observations

Grain weight

The total weight of the grains from two rows of plants in each unit was weighed. The data for each parameter were analyzed by using the STAR Ver. 2.0.1 for Windows. The data were analyzed statistically by using ANOVA followed by Duncan post-hoc test.

3. Results

The severity of the leaf blight

Based on the observations, the symptoms of leaf blight caused by *B. setariae* on foxtail millet began to be found in the vegetative phase with the appearance of elongated lesions on the lower leaves (Figure 1a). Symptoms then spread to the top leaves. The lesions formed were brown with pronounced borders. The lesions develop and fused so that the infected leaves become dry. The microscopic morphology of *B. setariae* conidia was straight ellipse with both ends slightly bent and have septae (Figure 1b).

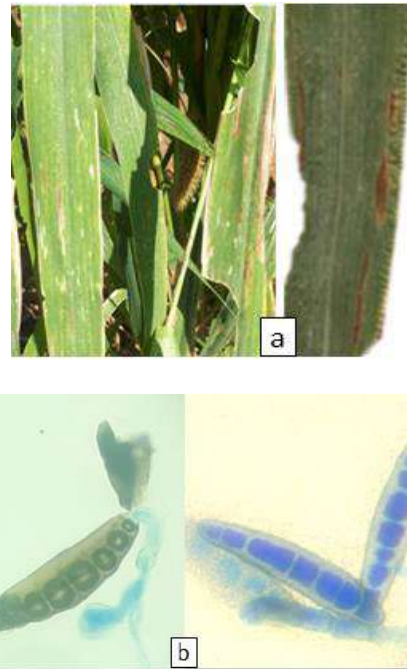


Figure 1. Symptoms of foxtail millet leaf blight (a); Conidia of *B. setariae* (b)

The severity of leaf blight disease observed on the test materials at 7 WAP was began to vary and significantly different statistically. Candidate varieties Pagamogo and Tedamude showed a low attack percentage and were significantly different with genotype 12-B that was infected by 30% (Figure 2). At the age of 9 WAP, the results did not show any significant difference between two candidate varieties and genotype 8. The genotype 12-B that had the highest disease at the beginning of the observation showed the highest disease severity of 49% and continued to increase until reaching 58% at 11 WAP and significantly different from the other 3 genotypes.

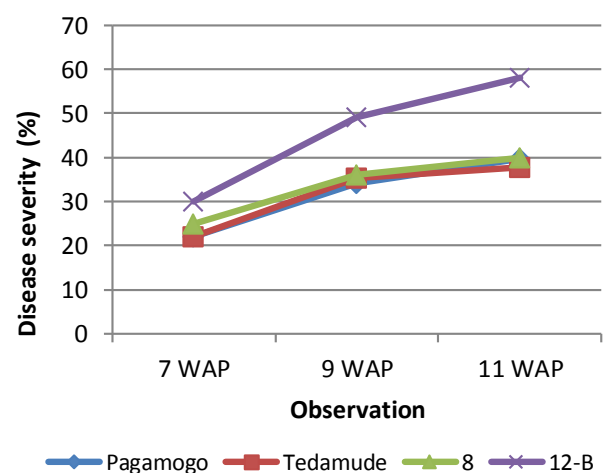


Figure 2. The disease severity at 7, 9 and 11 WAP in Maros, 2018.

The resistance of the foxtail millet against leaf blight disease

The results of the disease severity at 11 WAP showed that there were 3 genotypes of foxtail millet that were infected less than 40% severity or can be categorized as moderately resistant to leaf blight, namely genotype Pagamogo, Tedamude and 8 (Table 1).

Table 1. Resistance levels of four foxtail millet genotypes to leaf blight in Maros, 2018.

Genotypes	The average of the disease at 11 WAP (%)	Resistance Category
Pagamogo	39.67b	Moderately Resistance
Tedamude	37.67b	Moderately Resistance
8	40.00b	Moderately Resistance
12-B	58.00a	Susceptible

Notes: Different letters indicate significant differences between genotypes at α 0.05.

Based on the AUDPC value calculation, the two candidate varieties of foxtail millet from Nagekeo Regency showed the lowest values of all tested materials, 907.69 and 912.31, respectively. In comparison, genotype 12-B, which is categorized as susceptible to millet leaf blight, showed an AUDPC value of 1,302 (Table 2).

Table 2. Average values of AUDPC of leaf blight in foxtail millet genotypes in Maros, 2018.

Genotypes	AUDPC
Pagamogo	907.69
Tedamude	912.31
8	959
12-B	1,302

The increase in the value of the AUDPC in the particular observation period can be seen in Figure 3. The highest increase of AUDPC value was observed in the initial observation period, which is 0-49 DAP, then followed by the 49-63 DAP period. The lowest increase of AUDPC value was observed in the 63-77 DAP period; this shows that the highest increase in attack intensity was found in the initial growth period.

Difference in AUDPC value at T

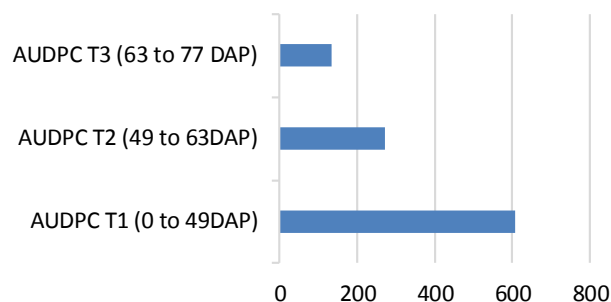


Figure 3. The increase of the AUDPC value in a particular time span of observation (0-49 DAP, 49-63 DAP, 63-77 DAP).

Grain Weight

The average grain weight of each test material showed statistically significant differences between accessions. Accessions 1-B produced the highest grain weight (520.87 g) and significantly different from the other three accessions (Table 3). While the 12-B genotype that showed the highest percentage of disease severity results have the lowest grain weight (237.28 g) compared to other accessions

Table 3. Average grain weight and harvest time of 4 foxtail millet Genotypes in Maros, 2018.

Genotypes	Grain weight (g)	Harvest Time (DAP)
Tedamude	520.87 a	84
Pagamogo	363.812 b	89
8	245.40 b	88
12-B	237.28 b	76

Notes: Different letters indicate significant differences between genotypes at α 0.05.

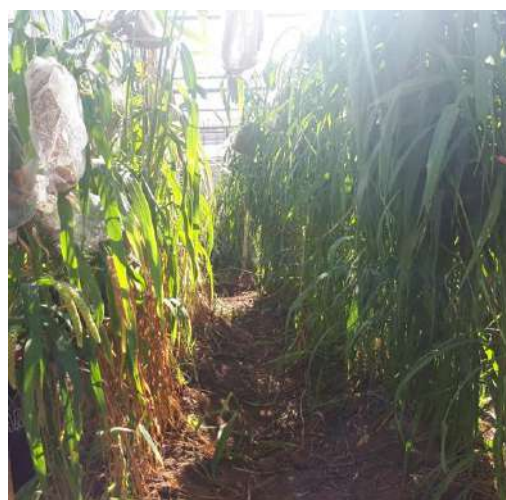


Figure 4. The disease severity comparison between Susceptible variety (left) and Moderately Resistance variety (right).

4. Discussion

The symptoms of the disease observed in this study were similar symptoms by the reported by Kumar (2011) which stated that *B. setariae* caused elongated spots with irregular shapes, sizes varying from 3 to 20 mm, dark brown with lighter border color and sometimes causing the veins of the leaf broken. The symptoms of disease infection appeared 7-10 days after inoculation of the pathogen.

The high severity of blight can affect plant development because it disturbs photosynthesis processes. The leaf blight causes elongated brownish lesions on the leaves. Lesions formed will reduce the photosynthetic area and indirectly reduce production (Khaeruni *et al.* 2014). The lesions will fuse so that the leaves will dry and can even kill the plant. This will disturb the process of plant metabolism. Yield losses due to leaf blight attacks depend on the variety planted, the age of the plant infected, environmental conditions, and geographical areas (Kumar 2011). The change in temperature trends can affect the disease equilibrium in some region, the importance of major disease may reduce, and vice versa the importance of the minor disease increase (Karkee *et al.* 2020)

Genotype 12-B was infected up to 58% and categorized as Susceptible. The genotype that showed consistently high levels of resistance could be further developed to be a released variety. The genotype that showed good resistance to the disease until 11 MST have fewer yield losses due to the disease because it has completed the seed filling stage and entered the seed maturation stage.

The two candidate varieties of foxtail millet from Nagekeo Regency showed the lowest values of all tested materials, 907.69 and 912.31, respectively. In comparison, genotype 12-B, categorized as susceptible to millet leaf blight, showed an AUDPC value of 1,302. Genotype with low AUDPC values indicate the suppression of disease progression due to the mechanism of resistance inherited by these plants.

The lowest increase of AUDPC value in 63-77 DAP period indicate that the highest increase in attack intensity was found in the initial growth period. The initial period of growth becomes a critical susceptible period for foxtail millet to *B. setariae* infection. Plants do not have known immune systems like in animals, but they have developed wide defences mechanisms such as structural, chemical, and protein-based defences (Freeman & Beattie, 2008). The plant defense happens before (pre-existing barriers) and during pathogen infection (pathogen- or microbe-

associated molecular patterns/ PAMPs or MAMPs) (Garcion *et al.* 2014). Furthermore, Zhinhuan *et al.* (2000) reported that the plants resistant to blight generally involve the production of enzymes in cell walls that can suppress the pathogens' growth.

Besides, the resistance might also involve the ability of the plant to form a specific structure that can inhibit the development of pathogens, this structural changes such as the lack of stomata per unit area of the leaf, thickness of the cuticle layer, the formation of tissue of cork, or the production of toxic substances before or after the pathogens entered the plant tissue, so the pathogens fail to develop further and cause disease (Andersen *et al.*, 2018). Pathogens that successfully infect tissue can cause damage to epidermal cells, the nucleus of the cells and other organelles, ultimately causing severe damage to the leaves (Dalimunthe *et al.* 2015).

The low grain weight on the varieties with the highest disease severity study suggested that this disease may affect production. Ramappa *et al.* (2006) reported that leaf blight can reduce the weight of pearl millet grains up to 77% and the weight reduction varies between the varieties tested. The difference in weight of foxtail millet grains is influenced by disease attack and genetic differences in each plant.

5. Conclusion

Based on the study results, the two candidate varieties of foxtail millet 1 Pagamogo and Tedamude from Nagekeo Regency showed a moderately resistant response to leaf blight. They had the lowest AUDPC values of 907.69 and 912.31. Candidate variety Tedamude had the highest grain weight compared to other genotypes. The highest increase in AUDPC values was observed in the initial observation period at 0-49 DAP.

6. Acknowledgments

We thank Dr. Evert Y Hosang (Assessment Institute for Agricultural Technology – NTT) for guiding in writing this manuscript.

7. Declaration of Conflicting Interests

The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article.

8. References

Altaf M, Raziq F, Khan I, Hussain H, Shah B, Ullah W, Naeem A, Adnan M, Junaid K, Shah SRA, Attaullah, Iqbal M. 2018. Study on the response of different maize cultivars to various inoculum

- levels of *Bipolaris maydis* (Y. Nisik & C. Miyake) shoemaker under field conditions. *J Entomol Zool Stud.* 4(2):533-537.
- Andersen EJ, Ali S, Byamukama E, Yen Y, Nepal MP. 2018. Disease Resistance Mechanisms in Plants. *Genes (Basel).* 9(7):339. doi:10.3390/genes9070339
- Bhuja. 2009. *Teknologi Budidaya Millet*. Departemen Pertanian Balai Informasi Pertanian Provinsi Irian Jaya. Jayapura.
- Bingham IJ, Walters DR, Foulkes MJ, Paveley ND. 2009. Crop traits and the tolerance of wheat and barley to foliar disease. *Annals of Applied Biology.* 154:159173
- Dalimunthe CI, Fairuzah Z & Daslin A. 2015. Ketahanan lapangan tanaman karet klon IRR seri 100 terhadap tiga patogen penting penyakit gugur daun. *Jurnal Penelitian Karet* 33 (1): 35 – 4.
- Das IK, Nagaraja A, & Tonapi VA. 2016. *Diseases of Millets*. ICAR-Indian Institute of Millets Research Rajendranagar, Hyderabad.
- Duan CF, Huang GX, Li CP, Shi T, Guo RQ, Li YX, Liu Q, Yan W, Lou YQ, Zhang LH, Liu GH. 2012. Isolation and identification of pathogen of a leaf spot disease of cassava in Yunnan. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 24(12):118-120. <http://www.jxnyxb.com>
- Freeman BC, Beattie GA. 2008. An Overview of Plant Defenses against Pathogens and Herbivores. The Plant Health Instructor. DOI: 10.1094/PHI-I-2008-0226-01
- Garcion C, Lamotte O, Cacas JL, Métraux JP. 2014. *Mechanisms of Defence to Pathogens: Biochemistry and Physiology*. Vol 9781118371. doi:10.1002/9781118371848.ch6
- Kadam PR, Sharma KK. 2018. Identification and severity of important diseases of foxtail millet [*Setaria italica* (L.) Beauv.]. *Contemporary Research in India Special Volume II*:179-183.
- Kalaisekar A, Padmaja PG. 2017. Insect Pests of Millets and Their Host Plant Relations. *Millets Sorghum Biol Genet Improv.* 267-290. doi:10.1002/9781119130765.ch10
- Kamatar MY, Brunda SM, Sanjeevsingh HH, Sowmya, Goudar G, & Hundekar, R. 2015. Nutritional composition of seventy five, elite germplasm of foxtail millet (*Setaria italica*). *Inter. J. of Engineering Research & Technology.* 4(4).
- Karkee A, Joshi BK, Ghimire KH, Gurung R, Pudasaini N, Pant S. 2020. Climate Change Trends and Disease Situations in Some Major Traditional Crops in the Mountains of Dolakha, Lamjung, Jumla and Climate Change Trends and Disease Situations in Some Major Traditional Crops in the Mountains of Dolakha, Lamjung, Jumla and Humla, Nepal. In *Traditional Crop Biodiversity for Mountain Food and Nutrition Security in Nepal* (D Gauchan, BK Joshi, B Bhandari, HK Manandhar and DI Jarvis, eds). Tools and Research Results of the UNEP GEF Local Crop Project, Nepal; NAGRC, LI-BIRD, and the Alliance of Bioversity International and CIAT
- Khaeruni A, Taufik M, Wijayanto T, & Johan EA. 2014. Perkembangan penyakit hawar daun bakteri pada tiga varietas padi sawah yang diinokulasi pada beberapa fase pertumbuhan. *J. Fitopatologi Indonesia* 10 (4): 119-125.
- Konda S, Nagaraja A, Nagamma G, Sangeetha PS, Patil S and Dev D. 2016. In vitro evaluation of bio-agents and fungicides against leaf blast (*Pyricularia setariae*) in foxtail millet [*Setaria italica* (L.) Beauv.]. *Journal of Pure and Applied Microbiology* 10(1):489.
- Kumar K. 2011. Studies on brown leaf spot disease (*Helminthosporium* spp.) of finger millet and foxtail millet. Thesis. University of Agricultural Sciences, Bengaluru.
- Manamgoda DS, Rossman AY, Castlebury LA, Crous PW, Madrid H, Chukenirote E, & Hyde KD. 2014. The genus *Bipolaris*. *Studies in Mycology* 79: 221-288.
- Mehmood Y, Khan MA. 2016. Effectiveness of resistant germplasm and biological control agents as a sustainable management for Fusarium wilt disease on chickpea. *Int. J. Agric. Biol.* 18(4): 726-734.
- Mirzaee MR, Zare ACR & Nasraba AA. 2010. A new leaf and sheath brown spot of foxtail millet caused by *Bipolaris australiensis*. *Australasian Plant Disease Notes* 5: 19–20.
- Nasnwa R., Godara SL & Singh M. 2018. Evaluation of fungicides against leaf spot disease of pearl millet caused by *Drechslera setariae* under field conditions. *Inter. J. of Current Microbiology and Applied Scienc.* 7 (4): 2319-7706.
- Niu XQ, Yu FY, Zhu H, Qin WQ. 2014. First report of leaf spot disease in coconut seedling caused by *Bipolaris setariae* in China. *Plant Disease*, 98(12):1742. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis>
- Ramappa HK, Ravishankar CR, & Prakash P. 2006. Reaction of kodo millet and barn yard millet entries to smut disease, in Future Policy Option in India. Vol III: Small Millets, Proceedings of the Third National Seminar on Millets Research and Development, March 11-12, 2004 (eds Krishnegowda KT, Seethrama N, Khairwal IS, et al.), All India Coordinated Pearl Millet Improvement Project, Agriculture Research Station, Mandor, Jodhpur, Rajasthan, India: pp 73-74.

- Randall A, Yuwariah Y, Nuraini A, Nurmala T, Irwan AW, & Qosim WA. 2016. Karakterisasi dan kekerabatan 23 genotip jawawut (*Setaria italica* L. Beauv) yang ditanam tumpangsari dengan ubi jalar berdasarkan karakter agromorfologi. *J. Pangan* 25 (1): 21 – 32.
- Rini DS. 2018. Potensi akses lokal jewawut (*Setaria italica* (L.) P. Beauv) sebagai pangan alternatif di lahan kering Pulau Sumba NTT. Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek III. 558-564.
- Al-Sadi A. 2016. Variation in Resistance to Spot Blotch and The Aggressiveness of *Bipolaris sorokiniana* on Barley and Wheat Cultivars. *Journal of Plant Pathology*, 98(1), 97-103.
- Saxena R, Vanga SK, Wang J, Orsat V and Raghavan V. 2018. Millets for Food Security in the Context of Climate Change: A Review. *Sustainability* 2018, 10(7), 2228
- Timilsina D, Sapkota M, Yadav MK, Ghimire S. 2016. Agromorphological characterisation of foxtail millet (*Setaria italica* L. Beauv) at Rampur, Chitwan. Thesis. Tribhuvan University, Institute of Agriculture and Animal Science, Nepal.
- Tatuhey D. 2014. Eksplorasi, Karakterisasi dan Respon Nitrogen terhadap Komponen Pertumbuhan, Hasil Gluten dan Lemak pada Pokem (Gandum Papua). Tesis. Pascasarjana Universitas Padjadjaran.
- Zhinhuan, Yongbiao GX & Jingrui D. 2000. The pathogenic site of the C-toxin derived from *Bipolaris maydis* race C in maize (*Zea mays*). *Chinese Sci. Bull.* 45 (19): 176-179.

**AGROSAINSTEK****Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian**Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>**Research Article****Parameter Genetik Karakter Agronomi pada Galur F₁ Padi Hasil Persilangan Galur Murni dan Kultivar Lokal Indonesia*****Genetic Parameters of Agronomic Characters in F₁ Rice Line from Crossing between Pure Line and Indonesia Local Cultivar*****Eko Binnaryo Mei Adi^{1*}, Sri Indrayani¹, Nana Burhana¹, Enung Sri Mulyaningsih¹**¹ Pusat Penelitian Bioteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Raya Bogor km 46, Cibinong, Bogor 16911, Jawa Barat, Indonesia

Received: May 14, 2020 / Received in revised : April 26, 2021 / Accepted: April 28, 2021

ABSTRACT

Rice is one of the main sources of carbohydrates for Indonesian society. The development of new varieties depends on the availability of germplasm as the source genetic material. The development of new varieties can be done through artificial crosses (local cultivars and superior lines) for the creation of diversities. The research aimed to explore the genetics parameters from eight rice characters, for the selection program. The crossing was conducted by using four local cultivars and one pure line with diverse agronomic characters. Four hybrids (F₁) were planted using completely randomized design with four replications, and five parental as the check varieties (landrace and pure line). The correlation coefficient was found that there was one character showed strong correlation almost all the character that is panicle weight. While high heritability was found in harvest age, panicle length, number of grain per panicle, 1000 grain weight, and plant high. Hybrids that showed negative heterosis for harvest age are from B14081H-296 x Salak and Dampak x Carogol, which have shorter harvest age compared to the average of the parental plant which is dominant gene action and additive.

Keywords: Correlation; F₁ lines; Gene action; Heritability; Heterosis.**ABSTRAK**

Padi merupakan salah satu sumber karbohidrat utama bagi masyarakat Indonesia. Upaya pengembangan varietas baru sangat bergantung pada ketersediaan plasma nutfah sebagai sumber material genetik. Salah satu cara dalam pengembangan varietas baru melalui persilangan buatan untuk menciptakan keragaman dengan menggunakan kultivar lokal dan varietas/galur unggul. Tujuan penelitian ialah untuk mengeksplorasi korelasi, heterosis, aksi gen, dan heritabilitas arti luas pada delapan karakter padi, yang dapat digunakan dalam melakukan seleksi. Kegiatan persilangan buatan telah dilakukan dengan menggunakan satu galur unggul dan empat kultivar padi lokal yang memiliki karakter beragam. Empat populasi hasil persilangan (F₁) ditanam menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat ulangan, serta lima tetua (galur unggul dan padi lokal) sebagai pembandingan. Hasil perhitungan korelasi menemukan bahwa terdapat satu variabel yang menunjukkan korelasi pada hampir semua karakter yaitu bobot malai. Heritabilitas tinggi terdapat pada karakter umur panen, panjang malai, jumlah gabah per malai, bobot 1000 biji dan tinggi tanaman. Persilangan yang menunjukkan fenomena heterosis negatif ialah pada B14081H-296 x Salak dan Dampak x Carogol sehingga memiliki umur panen yang lebih pendek dari rata-rata kedua tetua dengan aksi gen dominan sebagian dan aditif.

Kata kunci: Aksi gen; Galur F₁; Heritabilitas; Heterosis; Korelasi.

*Korespondensi Penulis.

E-mail : oke20adi@yahoo.com (EBM Adi)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i1.143>

1. Pendahuluan

Padi merupakan salah satu tanaman budidaya di Indonesia dengan luas panen 10,68 jt ha pada 2019 dengan luas lahan sawah 7,46 jt ha (BPS 2020). Peningkatan keragaman varietas padi budidaya yang memiliki keunggulan tertentu akan memberikan pilihan bagi petani sesuai dengan kebutuhannya (Wulandari & Sudrajat 2017). Selain itu, teknologi budidaya (pemupukan dan pengairan, pengelolaan OPT), dan penggunaan varietas unggul baru dengan produktivitas tinggi, beradaptasi baik, toleran hama dan penyakit memiliki andil terhadap meningkatkan produksi padi hingga mencapai 130% dari tahun 1966 hingga tahun 2000 (Fahad *et al.* 2019).

Penggunaan varietas unggul baru yang memiliki karakteristik efisien terhadap penggunaan input eksternal untuk meningkatkan produksi telah dilakukan sejak awal revolusi hijau seperti varietas IR 64 dan beberapa varietas lainnya (Zaini 2009), pengembangan varietas ini menggunakan basis inbrida dalam perakitanannya (Zaini & Erythrina 2008). Prinsip pengembangan padi inbrida didasarkan pada homozigositas genom dalam kromosomnya, karena pada dasarnya padi merupakan tanaman menyerbuk sendiri. Varietas padi inbrida yang beredar seperti IR64 dan Ciherang tidak mungkin untuk ditingkatkan lagi produksinya karena keterbatasan factor genetic (Zaini & Erythrina 2008). Keterbatasan faktor genetik pada varietas inbrida dapat diperbaiki oleh varietas hibrida yang memiliki efek heterosis pada F_1 hasil persilangan.

Persilangan pada tanaman dilakukan untuk meningkatkan keragaman karakter tanaman, selain hal tersebut dapat juga digunakan untuk evaluasi kemampuan daya gabung individu. Persilangan yang terkait dengan pengembangan varietas inbrida akan diikuti dengan seleksi populasi F_1 yang seragam kemudian dilanjutkan populasi bersegregasi hingga didapatkan galur murni (Haryanto *et al.* 2017) dengan keunggulan tertentu sesuai dengan tujuan. Pada saat melakukan seleksi, informasi korelasi dan heritabilitas menjadi hal penting (Yuwono *et al.* 2016). Informasi tentang korelasi antar karakter dapat mempermudah proses seleksi sehingga menyederhanakan pekerjaan. Selain korelasi, dalam seleksi juga digunakan penghitungan heritabilitas yaitu nilai duga besarnya pengaruh ragam genetik pada suatu fenotipe atau morfologi (Effendy *et al.* 2018). Nilai heritabilitas yang diperoleh dapat digunakan untuk menggambarkan kontribusi faktor genetik terhadap morfologi (Sari *et al.* 2014). Proses seleksi dapat dilakukan pada populasi F_1 pada beberapa

kombinasi persilangan yang menunjukkan keragaman pada karakternya.

Populasi F_1 hasil persilangan antar dua tetua homozigot akan membentuk hibrida yang memiliki tingkat heterozigot (heterozigous homogenous) tertinggi namun dengan fenotipe homogen. Terkadang kombinasi persilangan memiliki gabungan genetik baru yang lebih baik dari performa kedua tetua (vigor hibrida/heterosis). Fenotipe yang lebih unggul pada F_1 banyak digunakan pada pembentukan varietas hibrida dengan produktivitas lebih tinggi hingga 25% dibandingkan varietas inbrida. Informasi yang diperoleh pada hasil persilangan dapat digunakan untuk membentuk populasi F_1 dengan performa lebih baik dari tetua. Fenomena hibrida dapat terjadi karena ada aksi gen (dominan, dominan sebagian, aditif, dan overdominan) pada karakter-karakter di populasi F_1 (Hochholdinger & Hoecker 2007).

Ruang lingkup penelitian ini ialah melakukan pengukuran korelasi, heritabilitas, heterosis dan aksi gen pada populasi F_1 persilangan antara kultivar padi lokal dan genotip unggul (galur). Tujuan penelitian ialah untuk mengukur keeratan hubungan antar karakter umur panen, panjang malai, tinggi tanaman, jumlah anakan produktif, bobot malai dan bobot 1000 biji, jumlah gabah isi dan jumlah gabah total, serta mengetahui aksi gen pada tiap karakter F_1 .

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan dari bulan Februari hingga Agustus 2018 bertempat di rumah kaca Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI, Cibinong-Bogor. Sembilan genotip yang digunakan sebagai bahan genetik penelitian terdiri dari empat populasi F_1 hasil persilangan dan tetua persilangan. Tetua yang digunakan adalah; galur murni unggul (B14081H-296) dan empat kultivar lokal (Batubara, Carogol, Dampak, dan Salak). Populasi F_1 yang digunakan yaitu: B14081H-296 x Batubara, B14081H-296 x Dampak, Dampak x Carogol, B14081H-296 x Salak.

Rancangan percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), dengan genotip sebagai faktor tunggal (sembilan genotip) yang diulang empat kali sehingga didapatkan 36 unit percobaan dengan tiap unit berisi lima benih. Sebelum ditanam benih direndam dalam larutan fungisida, kemudian dipindahkan ke media kompos di dalam *tray* untuk menumbuhkan tanaman hingga siap di pindah tanam. Pindah tanam dilakukan pada 20 hss (hari setelah sebar). Penanaman dilakukan di dalam ember berukuran 10 L, berisi 8 kg media tanam dengan komposisi tanah dan kompos (1:1) dengan air tergenang.

Perawatan tanaman dilakukan dengan menjaga jumlah air di dalam ember dalam kondisi macak-macak. Menjelang berbunga air di dalam ember dikurangi hingga kondisi tanah dalam keadaan lembab, kondisi ini dipertahankan hingga panen. Pemupukan anorganik dilakukan tiga kali, dengan dosis dan waktu pemberian yaitu; Umur 36, 51 dan 70 hss (hari setelah semai) masing-masing 12 g/ember urea, KCl, TSP (perbandingan 1:1:1). Pemupukan melalui daun (foliar spray) diberikan dengan menggunakan atonik setelah 50 hss setiap 10 hari hingga tanaman menjelang berbunga. Pengendalian OPT dilakukan intensif sehingga tidak menimbulkan kerusakan.

Pengamatan dilakukan terhadap karakter, umur panen (hss) ditentukan pada saat gabah memasuki masak fisiologis hingga 85%, panjang malai (cm) diukur dari leher malai hingga ujung malai, bobot malai (g) bobot rata-rata dari tiga malai normal, jumlah gabah isi permalai, jumlah gabah perumpun, bobot 1000 biji (g), tinggi tanaman (cm) diukur dari pangkal rumpun/permukaan tanah hingga ujung malai, jumlah anakan produktif perumpun.

Data yang diperoleh dianalisis untuk menduga korelasi antar karakter, nilai heterosis dan heterobeltiosis, aksi gen, serta heritabilitas arti luas. Korelasi di hitung berdasarkan koefisien korelasi Pearson. Nilai heterosis yang diduga adalah heterosis (*mid parent heterosis*) dan heterobeltiosis (*best parent heterosis*) (Virmani 1994).

$$\text{heterosis} = \frac{\mu_{F1} - \mu_{MP}}{\mu_{MP}} \times 100$$

$$\text{heterobeltiosis} = \frac{\mu_{F1} - \mu_{BP}}{\mu_{BP}} \times 100$$

Keterangan:

μ_{F1} = nilai rerata turunan

μ_{MP} = nilai rerata kedua tetua = $\frac{1}{2}(P1+P2)$

μ_{BP} = nilai rerata tetua terbaik

Derajat dominasi yang di tentukan berdasarkan Tanksley (1993) dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\frac{d}{a} = \frac{(F_1 - 0.5(P1 + P2))}{|P1 - P2|}$$

Keterangan: d = dominan; a = aditif; F₁= rerata hibrida; P1 dan P2= tetua .

Kategori rasio d/a aksi gen menurut Stuber *et al.* (1987) adalah: $-0,2 \leq 0,2$ aditif, $0,21 \geq 0,8$ dan $-0,21 \leq -0,8$ dominan sebagian, $-0,81 \leq -1,2$ dan $0,81 \geq 1,2$ dominan dan $\geq 1,2$ dan $\leq -1,2$ overdominan.

Selain aksi gen pengukuran heritabilitas arti luas dilakukan dengan merujuk metode Stansfield (1983). Penghitungan nilai heritabilitas arti luas

terlebih dahulu dilakukan analisis ragam, diikuti penghitungan nilai harapan kuadrat tengah perlakuan untuk memisahkan ragam genetik dan ragam lingkungan.

$$H_{bs}^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2} \times 100\%$$

dimana :

$$\sigma_g^2 = \frac{KT1 - \sigma_e^2}{r}$$

$$\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$$

Keterangan: H_{bs}^2 = Heritabilitas arti luas, σ_g^2 = Ragam genotip, σ_f^2 = Ragam fenotipe, KT1 = Kuadrat tengah perlakuan genotip, σ_e^2 = Kuadrat tengah galat, r = Jumlah ulangan.

Kategori heritabilitas berdasarkan Stansfield (1983) yaitu: $h^2 > 0,5$ = heritabilitas tinggi; h^2 antara 0,2–0,5 = heritabilitas edang; $h^2 < 0,2$ = heritabilitas rendah Penghitungan korelasi dan analisis ragam dilakukan dengan menggunakan software STAR 2.4, IRRI Losbanos.

3. Hasil

Heritabilitas

Nilai heritabilitas yang diperoleh berkisar dari tinggi hingga sedang (Tabel 1). Heritabilitas tinggi terdapat pada karakter tinggi tanaman, umur panen, panjang malai, jumlah gabah isi per malai dan bobot 1000 biji. Hasil serupa juga terdapat pada penelitian Haryanto *et al.* (2017) dengan heritabilitas tinggi pada karakter umur panen, tinggi tanaman, jumlah gabah per malai dan bobot 1000 biji. Heritabilitas arti luas katagori sedang terdapat pada bobot malai, jumlah anakan produktif per rumpun dan jumlah gabah isi permalai).

Korelasi

Nilai korelasi positif tertinggi 0,77 secara nyata diperoleh antara karakter panjang malai dan tinggi tanaman yang berarti terdapat hubungan erat antar dua karakter tersebut (Tabel 2). Korelasi negatif sebesar -0,68 terdapat antara karakter tinggi tanaman dengan jumlah anakan produktif. Fenomena ini mengindikasikan perbandingan terbalik antara kedua karakter tersebut, yaitu dengan semakin tinggi tanaman akan menunjukkan jumlah anakan produktif yang rendah.

Berdasarkan keseluruhan hasil analisis korelasi terdapat satu karakter yaitu bobot malai yang berkorelasi nyata pada hampir semua karakter lain kecuali pada umur panen. Korelasi negatif yang nyata pada jumlah anakan produktif menunjukkan bahwa bobot malai makin tinggi akan menurunkan

jumlah anakan produktif tiap rumpun dan menurunkan ukuran biji. Koefisien korelasi merupakan derajat hubungan antara dua variabel, kuat tidaknya hubungan kedua variabel tersebut ditentukan dengan besar dan nyatanya koefisien korelasi.

Heterosis dan Heterobeltiosis

Rerata F_1 hasil persilangan padi terdapat pada Tabel 3 menunjukkan nilai yang berbeda dari kedua tetua yang dikonfirmasi dengan nilai heterosis dan heterobiltiosis (Gambar 1 dan 2). Heterosis

pada karakter bobot dan panjang malai positif terdapat pada persilangan dua persilangan (Dampak x Carogol dan B14081H-296 x Dampak) yang tertinggi terdapat pada persilangan Dampak x Carogol dengan 24,5% dan 12,4% dengan rerata $5,5 \pm 0,6$ g dan $32,4 \pm 2,9$ cm. Heterosis positif juga diharapkan pada jumlah gabah dan gabah isi permalai terdapat pada persilangan B14081H-296 x Dampak dengan jumlah $254,3 \pm 26,5$ bulir, dengan nilai heterosis 21,8% dan heterobeltiosis sebesar 5,2% dengan jumlah isi $171,9 \pm 27,8$ bulir, walaupun heterosis negatif sebesar -2,2%.

Tabel 1. Kuadrat tengah, ragam genotip, ragam fenotipe, heritabilitas arti luas pada beberapa karakter agronomik padi

Karakter	KT	σ_e^2	σ_g^2	σ_f^2	H_{bs}^2	Kategori
Umur panen	737,15	36,15	175,25	211,40	0,83	tinggi
Bobot malai	4,15	0,89	0,82	1,70	0,48	sedang
Jumlah gabah isi	3635,78	1353,23	570,64	1923,87	0,30	sedang
Panjang malai	60,51	7,28	13,31	20,59	0,65	tinggi
Jumlah gabah per malai	8747,20	1024,56	1930,66	2955,22	0,65	tinggi
Bobot 1000 biji	57,55	9,05	12,12	21,18	0,57	tinggi
Tinggi tanaman	6935,42	31,56	1725,96	1757,52	0,98	tinggi
Jumlah anakan produktif	465,97	121,91	86,02	207,92	0,41	sedang

Keterangan : H_{bs}^2 = Heritabilitas arti luas, σ_g^2 = Ragam genotip, σ_f^2 = Ragam fenotipe, KT = Kuadrat tengah perlakuan genotip, σ_e^2 = Kuadrat tengah galat.

Tabel 2. Korelasi antara delapan karakter agronomic pada padi F_1 persilangan galur dan padi kultivar lokal

	UP	BM	PM	GI	GT	B1000	TT	JAP
UP	1,00	-0,08	0,04	-0,27 **	-0,27 **	0,07	-0,12	0,09
BM		1,00	0,60 **	0,72 **	0,74 **	0,62 **	0,60 **	-0,39 **
PM			1,00	0,07	0,67 **	0,54 **	0,77 **	-0,58 **
GI				1,00	0,49 **	0,15	0,05	0,01
GT					1,00	0,34 **	0,65 **	-0,58 **
BBt1000						1,00	0,69 **	-0,39 **
TT							1,00	-0,68 **
JAP								1,00

Keterangan: angka yang diikuti tanda * = nyata pada taraf kesalahan 5%, dan ** = nyata pada taraf kesalahan 1%, ns = tidak nyata, UP = umur panen, BM = bobot malai, PM = panjang malai, GI = jumlah gabah isi, GT = jumlah gabah permalai, B1000 = bobot 1000 biji, TT = tinggi tanaman, JAP = jumlah anakan produktif.

Karakter lainnya yang diharapkan menunjukkan heterosis positif adalah bobot 1000 biji. Persilangan Dampak x Carogol dengan bobot 1000 butir $29,5 \pm 5,4$ g menunjukkan heterosis 16,8%. Selain bobot 1000 biji hal serupa juga diharapkan pada jumlah anakan produktif (Naik *et al.* 2018). Heterosis positif pada jumlah anakan produktif terpadat pada persilangan B14081H-296 x Salak sebesar 11,4%, akan tetapi memiliki jumlah yang sangat sedikit yaitu $9,3 \pm 2,7$ batang. Jumlah anakan

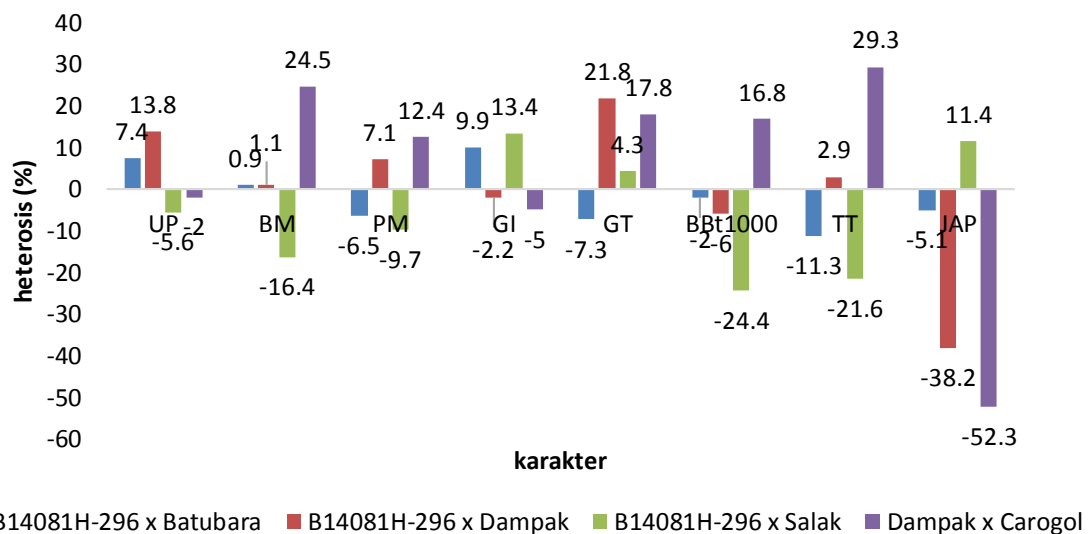
produktif tertinggi didapatkan pada persilangan B14081H-296 x Batubara dengan jumlah anakan $30,0 \pm 8,0$ batang walaupun heterosis negatif -5,1%. Selain karakter dengan heterosis positif, diharapkan pula karakter dengan heterosis negatif seperti pada karakter umur panen dan tinggi tanaman. Populasi F_1 yang menunjukkan nilai heterosis negatif cukup tinggi yaitu pada persilangan B14081H-296 X Batubara (-11,3%) dan B14081H-295 x Salak (-21,6%), tetapi hanya

persilangan B14081H-296 x Batubara tergolong tanaman semi kerdil dengan tinggi tanaman rata-rata F₁ = 98,0±2,5 cm. Umur panen populasi F₁ dari keempat persilangan menunjukkan nilai heterosis yang beragam, beberapa persilangan menunjukkan penambahan umur panen. Seperti pada persilangan dengan nilai heterosis positif, yaitu B14081H-296 x Batubara dan B14081H-296 x Dampak, dengan

heterosis sebesar 7,4% dan 13,8%. Berdasarkan karakter umur panen didapatkan umur panen yang lebih genjah dari rerata dua tetua ialah pada populasi F₁ B14081H-296 X Salak dan Dampak x Carogol masing-masing 114,0±4,6 hss dan 121,6121,6±5,1 hss, dengan nilai heterosis negatif sebesar -5,6 dan -2,0%.

Tabel 3. Hasil Rata-rata delapan karakter agronomi dari populasi F₁ empat persilangan kultivar padi lokal dan galur murni unggul.

Karakter	Persilangan			
	B14081H-296	B14081H-296	B14081H-296	Dampak
	X	X	X	X
	Batubara	Dampak	Salak	Carogol
Umur panen (hss)	138,4±7,8	121,6±5,0	114,0±4,6	121,6±5,1
Bobot malai (g)	3,7±0,6	4,5±0,5	4,4±0,2	5,5±0,6
Panjang malai (cm)	24,2±1,1	27,8±3,0	28,7±1,8	32,4±2,9
Jumlah gabah isi permalai	150,1±26,8	171,9±27,8	161,9±5,7	139,5±21,2
Jumlah gabah permalai	169,9±29,2	254,3±26,5	259,3±19,9	252,5±26,1
Bobot 1000 biji (g)	21,7±1,4	21,0±1,0	21,5±1,6	29,5±5,4
Tinggi tanaman (cm)	98,0±2,5	123,3±3,1	128,0±3,7	187,7±6,4
Jumlah anakan produktif	30,0±8,0	18,3±5,6	20,0±6,8	9,3±2,7



Keterangan: UP= umur panen, BM=bobot malai, PM=panjang malai, GI=jumlah gabah isi, GT=jumlah gabah total, B1000=bobot 1000 biji, TT=tinggi tanaman, JAP=jumlah anakan produktif

Gambar 1. Heterosis dari empat persilangan pada delapan karakter agronomik

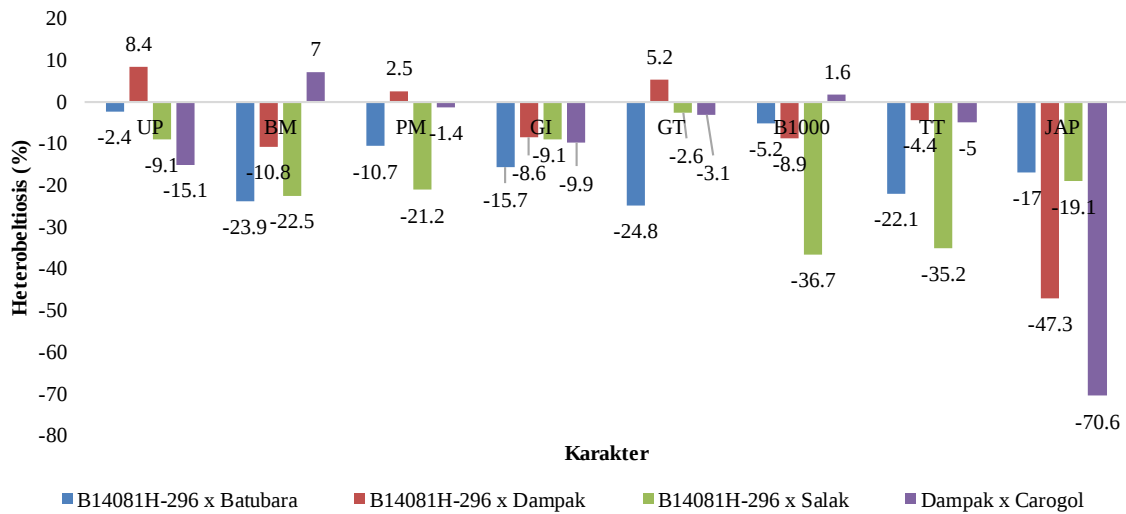
Aksi Gen

Hasil dari empat kombinasi persilangan yang dilakukan menunjukkan aksi gen yang beragam pada delapan karakter diamati. Aksi gen tersebut dapat menunjukkan derajat dominansi tiap karakter pada masing-masing kombinasi persilangan (Tabel 4). Aksi gen aditif pada karakter bobot malai, jumlah gabah isi, tinggi tanaman dan jumlah anakan produktif terdapat pada persilangan B14081H-296

x Batubara, dan dominan sebagian pada karakter lainnya. Persilangan B14081H-296 x Dampak menunjukkan aksi gen aditif pada tinggi tanaman, bobot malai, dan gabah isi permalai. Karakter panjang malai dan jumlah gabah permalai menunjukkan aksi gen dominan sebagian sementara, aksi gen overdominan hanya terdapat pada dua karakter yaitu umur panen dan jumlah anakan produktif perrumpun. Persilangan B14081H-296 x Salak, menunjukkan aksi gen aditif pada karakter jumlah anakan produktif perrumpun dan dominan

pada karakter bobot malai, sedangkan pada persilangan lainnya menunjukan dominan sebagian. Persilangan Dampak x Carogol pada umur

panen menunjukan adanya aksi gen aditif dan karakter selain itu menunjukan aksi gen dominan sebagian.



Keterangan: UP= umur panen, BM=bobot malai, PM=panjang malai, GI=jumlah gabah isi, GT=jumlah gabah total, B1000=bobot 1000 biji, TT=tinggi tanaman, JAP=jumlah anakan produktif

Gambar 2. Heterobeltiosis dari empat persilangan pada delapan karakter agronomik

Tabel 4. Aksi gen pada beberapa karakter agronomik padi dari empat persilangan

Persilangan	Karakter							
	UP	BM	PM	GI	GT	BBt1000	Tinggi	JAP
B14081H-296 x Batubara	0,4 dominan sebagian	0,0 aditif	-0,7 dominan sebagian	0,2 aditif	-0,2 aditif	-0,3 dominan sebagian	-0,4 dominan sebagian	-0,2 aditif
B14081H-296 x Dampak	1,4 overdominan	0,0 aditif	0,8 dominan sebagian	-0,2 aditif	0,7 dominan sebagian	-0,9 dominan	0,2 aditif	-1,6 over- dominan
B14081H-296 x Salak	-0,7 dominan sebagian	-1,0 dominan	-0,3 dominan sebagian	0,3 dominan sebagian	0,3 dominan sebagian	-0,6 dominan sebagian	-0,5 dominan sebagian	0,2 aditif
Dampak x Carogol	-0,1 aditif	0,7 dominan sebagian	0,4 dominan sebagian	-0,5 dominan sebagian	0,4 dominan sebagian	0,6 dominan sebagian	0,6 dominan sebagian	-0,4 dominan sebagian

Keterangan: BM=bobot malai, PM=panjang malai, GI=jumlah gabah isi permalai, GT=jumlah permalai, Bbt1000=bobot 1000 biji, TT=tinggi tanaman, JAP=jumlah anakan produktif perumpun

4. Pembahasan

Heritabilitas tinggi terdapat pada karakter tinggi tanaman, umur panen, panjang malai, jumlah gabah isi per malai dan bobot 1000 biji. Tingginya heritabilitas akan memudahkan dalam kegiatan seleksi karena besarnya pengaruh genetik dari pada lingkungan. Heritabilitas yang tinggi menandakan proporsi genetik yang tidak dipengaruhi lingkungan lebih dominan (Yuwono *et al.* 2016) dalam ekspresi kelima karakter tersebut.

Heritabilitas arti luas kategori sedang terdapat pada bobot malai, jumlah anakan produktif perumpun dan jumlah gabah isi permalai hasil yang berbeda ditunjukan oleh penelitian Haryanto *et al.* (2017) dan Osman (2012) yang menunjukan bahwa jumlah gabah isi dan anakan produktif perumpun, yang tergolong tinggi. Hasil yang berbeda pada karakter tersebut diduga karena perbedaan material genetik dan metode analisis untuk menentukan nilai heritabilitas arti luas tersebut. Pada penelitian Haryanto *et al.* (2017) menggunakan material genetik berupa F₁ yang

berasal dari metode silang dialel (Hayman) dari tujuh tetua, sedangkan [Osman \(2012\)](#) menggunakan tiga belas genotip padi gogo lokal asal Sudan. Heritabilitas tergolong tinggi hingga sedang pada delapan karakter yang diamati akan memudahkan dalam kegiatan seleksi baik langsung maupun tidak langsung dengan menggunakan koefisien korelasi.

Hasil perhitungan korelasi positif nyata tertinggi didapatkan antara tinggi tanaman dan panjang malai. Hasil ini sesuai dengan penelitian [Prabowo et al. \(2014\)](#) yang menunjukkan nilai positif nyata. Korelasi positif menunjukkan tingginya nilai suatu karakter akan mempengaruhi tingginya karakter yang lain sehingga sifatnya berbanding lurus. Hal ini diduga dapat menjadi indikasi bahwa makin tinggi tanaman akan menghasilkan malai semakin panjang.

Penggunaan karakter yang berkorelasi kuat dapat menyederhanakan kegiatan seleksi karena dengan menyeleksi satu karakter akan diperoleh informasi karakter lainnya yang berkorelasi kuat. Karakter dengan korelasi nyata pada hampir seluruh karakter menunjukkan bahwa karakter tersebut dapat digunakan untuk seleksi tidak langsung ([Rostini et al. 2006](#)). Sehingga untuk melakukan seleksi dapat menggunakan karakter bobot malai sebagai karakter seleksi tidak langsung pada jumlah gabah isi, jumlah gabah total, bobot 1000 biji, dan tinggi tanaman.

Seleksi tidak langsung dengan menggunakan karakter bobot malai dengan heritabilitas tergolong sedang berarti terdapat pengaruh ragam lingkungan dalam pewarisannya untuk karakter bobot malai ([Jameela et al. 2014](#)) pada populasi hibrida atau F₁. Penggunaan populasi F₁ untuk seleksi perlu memperhitungkan parameter penting lainnya, yaitu fenomena heterosis. Heterosis adalah kondisi dimana galur F₁ lebih unggul dari pada tetua homozigotnya.

Populasi F₁ hasil persilangan antara dua tanaman homosigot yang berbeda secara genetik akan menghasilkan keturunan dengan kondisi heterozigot. Populasi heterozigot memiliki penampilan fenotip yang seragam dan terkadang memiliki penampilan lebih baik dari kedua tetuanya ([Kaeppeler 2012](#)), yang dikenal dengan istilah "hybrid vigour" oleh Shull pada 1908 ([Snyder & David 1957](#)). Fenomena ini dijelaskan dengan tiga teori yaitu teori dominan dan over dominan, serta teori interaksi antar alel. Teori dominan menjelaskan vigor yang muncul pada F₁ merupakan hasil kumpulan gen-gen dominan yang baik dalam satu genotip. Teori kedua yaitu overdominasi menjelaskan bahwa superioritas F₁ merupakan kondisi superior heterozygositas terhadap homozygositas. Artinya individu tanaman yang

superior adalah individu yang memiliki jumlah alel dalam keadaan *heterozygos* terbanyak ([Satoto & Suprihanto 2008](#)). Teori ketiga menjelaskan adanya interaksi gen-gen overdominan antar alel yang terjadi karena kondisi heterosigot pada lokus yang berbeda ([Shapira & David 2016](#)) atau epistasis ([Liang et al. 2015](#)).

Karakter panjang malai merupakan salah satu karakter penting yang berhubungan dengan hasil ([Aryana et al. 2018](#)). Malai yang panjang akan meningkatkan jumlah cabang primer dan sekunder yang akan meningkatkan jumlah gabah ([Hijam & Singh 2019](#)). Heterosis pada karakter bobot dan panjang malai positif terdapat pada persilangan (Dampak x Carogol dan B14081H-296 x Dampak) yang tertinggi terdapat pada persilangan Dampak x Carogol dengan 24,5% dan 12,4%. Hasil ini sesuai dengan penelitian [Aryana et al. \(2018\)](#) dan [Hijam & Singh \(2019\)](#) yang menunjukkan nilai heterobeltiosis dari positif dan negatif pada panjang malai, nilai positif tertinggi dapat mencapai 10% dan 36,44%. Hasil penelitian [Joshi \(2003\)](#) menunjukkan nilai heterobeltiosis dan heterosis dari negatif hingga positif padi hibrida dari beberapa persilangan kultivar padi dan galur CMS dengan nilai tertinggi didapatkan nilai 11,72 dan heterobeltiosis 10,5% pada karakter panjang malai.

Tingginya nilai heterosis pada persilangan Dampak x Carogol diduga karena adanya pengaruh aksi gen non aditif pada kedua karakter tersebut. Selain karakter bobot dan panjang malai, heterosis positif juga diharapkan pada jumlah gabah per malai dan gabah isi. Jumlah gabah per malai tertinggi didapatkan pada persilangan B14081H-296 x Dampak dengan jumlah berkisar 254±26,5 butir dengan nilai heterosis 21,8%, dengan jumlah gabah isi sekitar 171,9±27,8 butir tertinggi dari seluruh persilangan walaupun menunjukkan heterosis negatif (-2,2%). Hal serupa juga didapatkan pada penelitian yang dilakukan oleh [Dan et al. \(2015\)](#) yaitu 13,1% pada 34 hibrida, ([Joshi 2003](#)) dari 25,5% hingga 39,39% dari lima hibrida, ([Hijam & Singh 2019](#)) dapat mencapai 79,1% pada karakter jumlah gabah per malai. Jumlah gabah dan gabah isi per malai dapat meningkatkan produksi sehingga diharapkan memperoleh nilai heterosis positif yang tinggi.

Karakter bobot 1000 biji menunjukkan heterosis positif pada persilangan Dampak x Carogol positif 16,8%, seperti hasil penelitian [Hijam & Singh \(2019\)](#) heterosis dapat mencapai 25,56% pada bobot 1000 biji. Namun pada persilangan yang menunjukkan jumlah anakan tertinggi didapatkan pada persilangan bukan dengan heterosis tertinggi yaitu persilangan B14081H-296 x Batubara dengan heterosis -5,1% di bandingkan heterosis 11,4% pada persilangan B14081H-296 x Salak, hal ini

diduga karena salah satu tetua yang digunakan menunjukkan kemampuan membentuk anakan yang jauh berbeda diantara tetua lainnya sehingga akan didapatkan nilai heterosis positif karena jumlah anakan lebih tinggi dari rerata kedua tetua. Heterosis positif pada bobot 1000 biji dan anakan produktif akan meningkatkan jumlah gabah dan produksi di banding rerata kedua tetua (Naik *et al.* 2018) sehingga dapat meningkatkan produktivitas. Munculnya heterosis positif pada karakter panjang malai, gabah isi, gabah total dan bobot 1000 biji serta jumlah anakan produktif akan meningkatkan produksi (Joshi 2003). Perbedaan nilai tersebut terjadi karena perbedaan tetua yang digunakan sehingga komposisi genetik yang terbentuk akan berpengaruh pada ekspresi hibridanya.

Heterosis pada karakter tinggi tanaman muncul nilai positif dan negatif. Pada tinggi tanaman diharapkan mendapatkan tanaman semi kerdil (Joshi 2003), yaitu tanaman dengan tinggi kurang dari 110 cm (*Standard Evaluation System for rice*, IRRI, 2016). Tanaman semi kerdil didapatkan pada persilangan B14081H-296 x Batubara dengan heterosis -11,3%. Hasil penelitian (Aryana *et al.* 2018) menunjukkan nilai heterosis negatif pada delapan persilangan dari -0,5 hingga -10,4%. Tanaman semi kerdil (pendek) akan meningkatkan produksi karena lebih toleran terhadap kerebahan, sedangkan tanaman yang lebih tinggi akan lebih mudah rebah dan memiliki indek panen yang rendah (Joshi 2003).

Selain tinggi tanaman pada umur panen pada persilangan B14081H-296 x Batubara juga menunjukkan heterosis negatif. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa persilangan padi Bg 379-2 x Bw400 menunjukkan umur panen yang lebih pendek dari kedua tetua (Perera *et al.* 2013) dan penelitian (Hijam & Singh 2019) yang menunjukkan terjadinya pemendekan umur pada F₁ hingga -9,74% dari rata-rata kedua tetua. Pada persilangan dengan nilai heterosis negatif menunjukkan bahwa hibrida dengan umur lebih genjah dari kedua tetua, sehingga seleksi akan diarahkan pada hibrida dengan umur genjah (Hijam & Singh 2019). Hal ini sesuai dengan kehendak petani yang mengharapkan tanaman dengan umur panen yang lebih singkat sehingga diharapkan dari nilai heterosis negatif atau umur panen lebih cepat dari rata-rata tetua.

Empat kombinasi persilangan yang digunakan menunjukkan keunggulan pada karakter yang berbeda. Karakter umur panen didapatkan pada persilangan B14081H-296 x Salak, yang dipengaruhi oleh aksi gen dominan sebagian. Karakter jumlah anakan produktif dan Tinggi tanaman terbaik didapatkan pada persilangan

B14081H-296 x Baturbara dengan aksi gen aditif dan dominan sebagian walaupun memiliki nilai heterosis negatif pada kedua karakter tersebut. Aksi gen dominan sebagian pada karakter jumlah gabah permalai terdapat pada persilangan B14081H-296 dengan Dampak dan Salak serta persilangan Dampak dengan Carogol dengan jumlah gabah permalai berkisar 250 bulir. Bobot 1000 biji dan panjang malai terbaik pada persilangan Dampak x Carogol, dengan aksi gen dominan sebagian. Aksi gen dominan sebagian menyebabkan F₁ yang diperoleh berada pada rentang antara tetua tertinggi (untuk nilai positif) rerata kedua tetuanya (Budyanti 2016) dan tetua terendah (untuk nilai negatif).

Karakter dengan aksi gen overdominan berarti populasi anakan F₁ lebih baik dari pada rata-rata tetua atau tetua (tertinggi atau terendah) pada karakter yang terkait (Shahid *et al.* 2011). Hasil penelitian terdahulu melaporkan aksi gen dominan pada karakter komponen hasil padi. Aksi gen merupakan informasi penting karena dapat digunakan untuk memprediksi heterosis (Tiwari *et al.* 2011), aksi gen diduga terjadi karena adanya pengaruh gen non aditif berupa dominan, epistasis atau keduanya (William & Bridge 1972). Aksi gen dominan sempurna, dominan sebagian, overdominan dan aditif pada delapan karakter yang diamati dari empat persilangan dapat menunjukkan fenomena heterosis pada populasi F₁. Karakter dengan aksi gen aditif menunjukkan pengaruh seimbang antara tetua jantan dengan tetua betina. Adanya aksi gen nonaditif pada suatu karakter akan sangat berguna dalam eksploitasi fenomena heterosis pada F₁ untuk pengembangan varietas hibrida (Husain *et al.* 2013; Shapira & David 2016). Selain hal tersebut kombinasi persilangan superior pada banyak karakter dapat digunakan untuk merakit varietas hibrida di masa yang akan datang.

5. Kesimpulan

Heritabilitas arti luas dengan nilai tinggi terdapat pada karakter umur panen, panjang malai, jumlah gabah per malai, bobot 1000 biji dan tinggi tanaman sehingga mampu meningkatkan efektifitas seleksi. Aksi gen pada populasi empat persilangan dapat menunjukkan adanya fenomena heterosis dan heterobeltiosis dari delapan karakter agronomik yang diamati dari empat kombinasi persilangan.

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Winning Borneo Mandiri atas kerjasama, dukungan sarana dan prasarana selama melakukan penelitian, serta semua pihak yang telah membantu

pelaksanaan penelitian dan penulisan artikel ilmiah.

7. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

8. Daftar Pustaka

- Aryana IGPM, Sudarmawan AAK, Santoso, Budi B. 2018. Keragaan F1 dan Heterosis Karakter Agronomis pada Beberapa Persilangan Padi Beras Merah. *J Agron Indones (Indonesian J Agron)*. 45(3):221–227. doi:10.24831/jai.v45i3.12247.
- BPS. 2020. Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2019 (Hasil Survei Kerangka Sampel Area). Jakarta.
- Budiyanti T. 2016. Efek Heterosis dan Aksi Gen Ukuran Buah pada Hibrida Pepaya. *J Groekotek*. 8(1):38 – 46.
- Dan Z, Hu J, Zhou W, Yao G, Zhu R, Huang W, Zhu Y. 2015. Hierarchical Additive Effects on Heterosis in Rice (*Oryza sativa* L.). *Front Plant Sci*. 6:1–11. doi:10.3389/fpls.2015.00738.
- Effendy E, Respatijarti R, Waluyo B. 2018. Keragaman Genetik dan Heritabilitas Karakter Komponen Hasil dan Hasil Ciplukan (*Physalis* sp.). *J Agro*. 5(1):30–38. doi:10.15575/1864.
- Fahad S, Adnan M, Noor M, Arif M, Alam M, Khan IA, Ullah H, Wahid F, Mian IA, Jamal Y, et al. 2019. Major Constraints for Global Rice Production. In: Hasanuzzaman M, Biswas M, Jiban F, Nahar K, editors. *Advances in Rice Research for Abiotic Stress Tolerance*. Cambridge: Woodhead Publishing. p. 1–22.
- Haryanto TAD, Adi EBM, Riyanto A, Susanti D, Hidayat P. 2017. Genetic Studies on Grain Protein Content and Some Agronomic Characters of Rice by Halfdiallel Crossing System. *Asian J Appl Sci*. 5(2):461–466. doi:10.24203/ajas.v5i2.4753.
- Hijam C, Singh NB. 2019. Heterosis for Grain Yield and its Important Components in Aromatic Rice (*Oryza Sativa* L.). *Int J Agric Sci Res*. 9(2):75–79. doi:10.24247/ijasrpr20198.
- Hochholdinger F, Hoecker N. 2007. Towards The Molecular Basis of Heterosis. *Trends Plant Sci*. 12(9):427–432. doi:10.1016/j.tplants.2007.08.005.
- Husain MA, Askandar HS, Hassan ZA. 2013. Selecting High Yielding Wheat Hybrid from a Restricted Factorial Mating Design. *Sarhad J Agric*. 29(2):173–179.
- Jameela H, Sugiharto AN, Soegianto A. 2014. Genetik dan Heritabilitas Karakter Komponen Hasil pada Populasi F2 Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Hasil Persilangan Varietas Introduksi dengan Varietas Lokal. *J Produksi Tanam*. 2(4):324–329.
- Joshi BK. 2003. Heterosis in F1 Rice Hybrids. *J Inst Agric Anim Sci*. 24:29–36.
- Kaeppler S. 2012. Heterosis: Many Genes, Many Mechanisms—End the Search for an Undiscovered Unifying Theory. *ISRN Bot*. 2012:1–12. doi:10.5402/2012/682824.
- Liang Q, Shang L, Wang Y, Hua J. 2015. Partial dominance, Overdominance and Epistasis As The Genetic Basis of Heterosis in Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *PLoS One*. 10(11):1–21. doi:10.1371/journal.pone.0143548.
- Naik RK, Babu PR, Babu JDP, Rani YA, Rao VS. 2018. Exploitation of Heterosis for Yield and its Components in Rice. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*. 7(09):2018–2025. doi:https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.709.244.
- Osman K. 2012. Genetic Variability for Yield and Related Attributes of Upland Rice Genotypes in Semi Arid Zone (Sudan). *AFRICAN J Agric RESEARCH*. 7(33):4613–4619. doi:10.5897/ajar12.529.
- Perera UIP, Bentota AP, Ratnasekara D, Senanayake SGJN. 2013. Heterosis in F1 Generations of Two Indica Rice Crosses for Growth and Yield Characteristics. *J Agric Sci*. 8(3):136–141. doi:10.4038/jas.v8i3.6082.
- Prabowo H, Djoar DW, Parjanto P. 2014. Korelasi Sifat-Sifat Agronomi dengan Hasil dan Kandungan Antosianin Padi Beras Merah. *Agrosains J Penelit Agron*. 16(2):49–54. doi:10.20961/agsjpa.v16i2.18920.
- Rostini N, Giametri Y, Amien S. 2006. Korelasi Hasil dan Komponen Hasil dengan Kualitas Hasil Pada 100 Genotip Nenas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) dari Beberapa Seri Persilangan Generasi F1. *Zuriat*. 2(17):103–113. doi:10.24198/zuriat.v17i2.6729.
- Sari WP, Damanhuri, Respatijarti. 2014. Keragaman dan Heritabilitas 10 Genotip pada Cabai Besar (*Capsicum annum* L.). *J Produksi Tanam*. 2(3):301–307.
- Satoto, Suprihanto. 2008. Pengembangan Padi Hibrida di Indonesia. *Iptek Tanam Pangan*. 3(1):27–40.
- Shahid MQ, Liu G, Li J, Naeem M, Liu X-D. 2011. Heterosis and Gene Action Study of Agronomic

- Traits in Diploid and Autotetraploid Rice. *Acta Agric Scand Sect B Soil Plant Sci Soil Plant Sci*. 61(1):23–32.
- Shapira R, David L. 2016a. Genes With A Combination of Over-Dominant and Epistatic Effects Underlie Heterosis in Growth of *Saccharomyces cerevisiae* At High Temperature. *Front Genet*. 4(7):1–17. doi:10.3389/fgene.2016.00072.
- Shapira R, David L. 2016b. Genes With A Combination of Over-Dominant and Epistatic Effects Underlie Heterosis in Growth of *Saccharomyces cerevisiae* At High Temperature. *Front Genet*. 4(7):1–14. doi:10.3389/fgene.2016.00072.
- Snyder LH, David PR. 1957. The Principles of Heredity. 5th ed. Boston: D.C. Heath.
- Stansfield WD. 1983. Schaum's Outline of Theory and Problems of Genetics. New York: McGraw-Hill.
- Stuber CW, Edwards MD, Wendel JF. 1987. Molecular Marker-Facilitated Investigations of Quantitative Trait Loci In Maize. II. Factors Influencing Yield and Its Component Traits 1. *Crop Sci*. 27(4):639–648. doi:10.2135/cropsci1987.0011183X002700040006x.
- Tanksley SD. 1993. Mapping Polygenes. *Annu Rev Genet*. 27:205–233.
- Tiwari DK, Pandey P, Giri SP, Dwivedi JL. 2011. Prediction of Gene Action, Heterosis and Combining Ability to Identify Superior Rice Hybrids. *Int J Bot*. 7(2):126–144. doi:10.3923/ijb.2011.126.144.
- Virmani. 1994. Heterosis and Hybrid Rice Breeding. Monographs on Theoretical and Applied Genetics 22. IRRI. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hongkong, Barcelona, Budapest: Springer-Verlag.
- William RMJ, Bridge RR. 1972. Heterosis and Gene Action in Cotton, *Gossypium hirsutum* L. *Crop Sci*. 2(May-June):304–310.
- Wulandari NS, Sudrajat. 2017. Preferensi Petani dalam Penentuan Varietas Padi Di Desa Pablengan Kecamatan Matesih Kabupaten Karanganyar. *J Bumi Indones*. 6(4):1–9. <http://lib.geo.ugm.ac.id/ojs/index.php/jbi/article/view/927>.
- Yuwono PD, Murti RH, Basunanda P. 2016. Studi Keragaman Genetik Dua Puluh Galur Inbred Jagung Manis Generasi S7. *Ilmu Pertanian (Agricultural Sci)*. 18(3):127–134. doi:10.22146/ipas.7919.
- Zaini Z. 2009. Memacau Peningkatan Produktivitas Padi melalui Inovasi Teknologi Budi Daya Spesifik Lokasi dalam Era Revolusi Hijau Lestari. *Pengemb Inov Pertan*. 2(1):35–47. <http://203.190.37.42/publikasi/ip021093.pdf>.
- Zaini Z, Erythrina. 2008. Pengembangan Padi Hibrida dengan Pendekatan PTT dan Penanda Padi. *Iptek Tanam Pangan*. 3(4):156–166.

**AGROSAINSTEK****Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian**Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>**Research Article****Mitigasi Cekaman Salinitas pada Fase Perkecambahan Kedelai melalui Invigorasi dengan Ekstrak Kulit Manggis dan Ekstrak Kunyit*****Mitigation of Salinity Stress of Soybean Germination through Invigoration with Mangosteen Peels and Turmeric Extracts*****Maman Suryaman^{1*}, Ida Hadiyah¹, and Yeni Nuraeni¹**¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Siliwangi
Jl. Siliwangi No. 24 Tasikmalaya 46115 Jawa Barat

Received: July 20, 2020 / Received in revised : March 31, 2021 / Accepted: April 12, 2021

ABSTRACT

The germination period is a critical phase of abiotic stress, including salinity stress. Invigoration can be done to reduce the effect of salinity stress and speed up the germination process. This research was aimed to find out the effect of invigoration to mitigate salinity stress of soybean seed germination. This research was conducted in the Greenhouse of Faculty of Agriculture, Siliwangi University. The experiment was arranged in a randomized block design with factorial patterns and three replications. First factor was the level of salinity of seawater, consisted of 3 levels (0% = EC = 0,6 mS cm⁻¹; 10% = EC = 7,69 mS cm⁻¹; and 20% = EC = 11,4 mS cm⁻¹). The second factor was invigoration, which consisted of 4 levels (water as control, mangosteen peel extract, turmeric extract, and mixture of mangosteen peel extract + turmeric extract with a ratio of 1:1). Results showed that there was no interaction effect between the invigoration and salinity stress on all parameters observed, but there was an independent effect of invigoration on soybean vigor and salinity stress. The salinity stress had a significant negative effect on seed germination. The invigoration of mangosteen peel extract or turmeric extract was able to maintain soybean seed vigor under salinity stress conditions. Therefore the invigoration could mitigate the effect of salinity stress of soybean seed germination.

Keywords: Germination; Invigoration; Mitigate; Salinity stress; Soybean.**ABSTRAK**

Fase perkecambahan merupakan fase yang peka terhadap cekaman abiotik, termasuk cekaman salinitas. Invigorasi dapat mengurangi efek negatif cekaman salinitas dan mempercepat proses perkecambahan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perlakuan invigorasi dalam memitigasi cekaman salinitas pada fase perkecambahan. Penelitian dilaksanakan di rumah plastik Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan pola faktorial yang diulang 3 kali. Faktor 1 = cekaman salinitas air laut, terdiri dari 3 level (0% = DHL = 0,6 mS cm⁻¹; 10% = 7,69 mS cm⁻¹; dan 20% = 11,4 mS cm⁻¹), Faktor 2 = invigorasi, terdiri dari 4 level (air sebagai kontrol, ekstrak kulit manggis, ekstrak kunyit, dan campuran ekstrak kulit manggis dan ekstrak kunyit). Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terjadi efek interaksi secara nyata antara cekaman salinitas dengan invigorasi terhadap semua parameter pengamatan, tetapi masing masing perlakuan secara mandiri memberikan pengaruh yang signifikan. Cekaman salinitas menimbulkan efek negatif pada fase perkecambahan. Invigorasi dengan menggunakan ekstrak kulit manggis atau ekstrak kunyit dapat mempertahankan vigor kedelai pada kondisi cekaman salinitas, sehingga dapat digunakan untuk memitigasi cekaman salinitas pada fase perkecambahan.

Kata kunci: Cekaman salinitas; Invigorasi; Kedelai; Mitigasi; Perkecambahan.

*Korespondensi Penulis.

E-mail : mamansuryaman@unsil.ac.id (M Suryaman)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i1.172>

1. Pendahuluan

Kedelai merupakan tanaman pangan terpenting ketiga di Indonesia setelah padi dan jagung. Kedelai termasuk sumber protein yang murah (Khojely *et al.*, 2018), dan sangat baik untuk pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat, sehingga konsumsinya meningkat terus dari waktu ke waktu. Tercatat konsumsi kedelai pada tahun 2017 sebesar 8,78 kg kapita⁻¹ tahun⁻¹, sementara pada tahun 2020 diproyeksikan mencapai 9,52 kg kapita⁻¹ tahun⁻¹ (Kementerian Pertanian, 2018). Kebutuhan kedelai di Indonesia tiap tahun terus meningkat serta tidak dapat dipenuhi oleh produksi dalam negeri, sehingga tiap tahun terus mengimpor. Pada tahun 2019 mengimpor sebanyak 2,67 juta ton kedelai yang setara dengan 1,06 milyar US\$ (Badan Pusat Statistik, 2020). Oleh karena itu guna menghemat devisa diperlukan upaya untuk meningkatkan produksi dalam negeri sekaligus untuk mengurangi impor. Peningkatan produksi kedelai nasional dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu : 1) peningkatan produktivitas, 2) peningkatan intensitas tanam, dan 3) perluasan areal tanam (Rachman *et al.*, 2013). Peningkatan produktivitas dilakukan dengan cara intensifikasi teknis budidaya, termasuk penggunaan varietas unggul. Peningkatan intensitas tanam terutama dilakukan pada lahan sawah, dengan memanfaatkan sisa kelembaban tanah setelah padi dipanen. Perluasan areal tanam dilakukan dengan menanam berbagai lahan yang tersedia. Dengan semakin terbatasnya lahan yang produktif, maka perluasan areal tanam dapat dilakukan dengan memanfaatkan lahan marginal seperti lahan yang mempunyai kadar garam tinggi (salin).

Salinitas termasuk salah satu faktor lingkungan paling menentukan yang membatasi produktivitas tanaman (Zorb *et al.*, 2019). Salinitas mempengaruhi tanaman dengan beberapa cara: cekaman osmotik, toksisitas ion, gangguan nutrisi, cekaman oksidatif, perubahan proses metabolisme, disorganisasi membran, pengurangan laju pembelahan dan pembesaran sel (Rasool *et al.*, 2013; Farooq *et al.*, 2015; Zorb *et al.*, 2019). Cekaman osmotik terjadi karena meningkatnya kadar NaCl di luar sel, yang akan menghambat proses serapan air sehingga dapat mengakibatkan dehidrasi sel dan penurunan tingkat turgor sel (Sopandie, 2014), yang selanjutnya akan menghambat pertumbuhan. Dilain pihak tanaman merespons cekaman osmotik dengan cara mengakumulasi senyawa organik sebagai osmoregulator atau osmo-protektan yang berguna untuk memelihara turgor sel (Kordrostami & Rabiei, 2019) agar proses metabolisme tidak terganggu. Dengan meningkatnya kadar NaCl, serapan

terhadap ion Na⁺ dan Cl⁻ juga meningkat, lalu diakumulasi di dalam sel, yang pada akhirnya dapat menimbulkan keracunan (Parihar *et al.*, 2015). Dalam kondisi cekaman oksidatif, terjadi perubahan proses metabolisme sel yang menyebabkan produksi reaktif oksigen spesies (ROS) meningkat secara berlebihan sehingga merusak protein, lemak, asam nukleat, dan dapat menyebabkan kematian sel tanaman (Soundararajan *et al.*, 2019; Ahmad *et al.*, 2019). ROS sendiri termasuk radikal bebas, bersifat destruktif dan sangat reaktif karena memiliki elektron yang tidak berpasangan (Sayuti & Yenrina, 2015). Untuk melindungi dari kerusakan sel akibat ROS (radikal bebas), tanaman merespons melalui sistem pertahanan antioksidan (Kleio *et al.*, 2020), baik antioksidan enzim maupun antioksidan non enzim (Mandi *et al.*, 2018; Kleio *et al.*, 2020). Namun demikian, antioksidan endogen yang dihasilkan tanaman sering tidak memadai untuk mengatasi kerusakan akibat ROS (Soundararajan *et al.*, 2019), oleh karena itu perlu ditambahkan antioksidan secara eksogen.

Ekstrak kulit manggis mengandung beberapa fitokimia diantaranya senyawa fenolik dan flavonoid yang bersifat antioksidan (Jaisupa, *et al.*, 2018). Kulit buah manggis kaya akan xanthone, metabolit sekunder yang mempunyai bioaktivitas sebagai antioksidan (Gondokesumo *et al.*, 2019; Ibrahim *et al.*, 2016), selain itu kulit buah manggis juga mengandung procyanidin, yang juga bersifat antioksidan (Qin *et al.*, 2017). Sementara itu kunyit termasuk salah satu tanaman yang potensial sebagai sumber antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas (Borra *et al.*, 2013; Asouri *et al.*, 2013). Sifat antioksidan dari kunyit tersebut dipengaruhi oleh senyawa fenolik yang dikandungnya (Zheng *et al.*, 2017).

Tanaman legum termasuk katagori tanaman yang sensitif terhadap cekaman salinitas (Khan & Basha, 2015), dengan ambang batas salinitas untuk kedelai sebesar 5,0 mS cm⁻¹ (Chinnusamy *et al.*, 2005). Fase perkecambahan dan pertumbuhan bibit merupakan fase yang paling sensitif terhadap salinitas (Ibrahim, 2016). Cekaman salinitas menyebabkan perubahan fisiologis dan biokimia yang merugikan bagi benih yang berkecambah (Paparella *et al.*, 2015; Ibrahim, 2016). Dilain pihak invigorasi meningkatkan perkecambahan dan vigor pada kondisi cekaman abiotik (Oliviera & Filho, 2016), serta memitigasi pengaruh cekaman salinitas (Feghhenabi *et al.*, 2020). Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan invigorasi ekstrak kulit manggis dan kunyit dalam memitigasi cekaman salinitas pada fase perkecambahan benih kedelai.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai bulan Juni tahun 2019, bertempat di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi. Alat - alat yang digunakan adalah: blender, kertas saring, oven, timbangan digital, sprayer, baki perkecambahan, tabung ukur, conductivity meter, waterbath. Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: benih kedelai varietas Detap 1 (diperoleh dari Balitkabi Malang), kulit buah manggis, kunyit, air laut, air sumur, etanol 96%, dan media tanah.

Ekstrak kulit buah manggis dibuat dengan cara sebagai berikut (Indrianingsih *et al.*, 2019 dengan modifikasi).

- Buah dicuci bersih kemudian dipisahkan antara kulit dan daging buahnya
- Kulit buah tanpa bagian luar kemudian dipotong kecil-kecil dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 4 hari
- Kulit buah manggis yang sudah kering kemudian diblender sampai menjadi serbuk
- Ekstrak kulit buah manggis diperoleh dengan cara maserasi menggunakan etanol 500 ml dengan serbuk kulit buah manggis sebanyak 100 gram selama 2 hari dengan beberapa kali pengadukan
- Setelah itu larutan disaring dengan menggunakan kertas saring untuk memisahkan ampas dan filtratnya
- Filtratnya kemudian diuapkan menggunakan waterbath sehingga diperoleh ekstrak kulit buah manggis.

Ekstrak kunyit diperoleh dengan cara sebagai berikut (Wahyuningtyas *et al.*, 2017 dengan modifikasi)

- Kunyit dicuci bersih, kemudian diiris dengan ketebalan $\pm$ 3-5 mm dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 hari
- Kunyit yang telah kering lalu dihaluskan dengan menggunakan blender sehingga diperoleh serbuk kunyit
- Proses pembuatan ekstrak kunyit menggunakan metode maserasi. Serbuk kunyit ditimbang sebanyak 100 g, lalu dilarutkan dengan etanol sebanyak 500 ml
- Maserasi dilakukan selama 2 hari dengan beberapa kali pengadukan
- Setelah itu larutan disaring dengan menggunakan kertas saring untuk memisahkan ampas dan filtratnya
- Filtratnya kemudian diuapkan menggunakan waterbath sehingga diperoleh ekstrak kunyit.

Sebelum benih ditanam, diberi perlakuan invigorasi terlebih dahulu dengan cara merendam benih tersebut di dalam air, larutan ekstrak kulit manggis, ekstrak kunyit, dan campuran ekstrak kulit manggis + ekstrak kunyit dengan konsentrasi yang telah ditentukan (sesuai dengan perlakuan). Masing-masing perlakuan invigorasi direndam selama 12 jam. Setelah mencapai waktu 12 jam, benih dibilas dengan menggunakan air, lalu benih dikering- anginkan, selanjutnya benih siap ditanam.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang berpola faktorial. Faktor pertama adalah cekaman salinitas (C) yang terdiri dari tiga taraf, yaitu: c_0 = Air sumur ($EC = 0,6 \text{ mS cm}^{-1}$), c_1 = Air laut 10% ($EC = 7,69 \text{ mS cm}^{-1}$), dan c_2 = Air laut 20% ($EC = 11,4 \text{ mS cm}^{-1}$). Faktor kedua adalah invigorasi yang terdiri dari empat taraf, yaitu: i_0 = Air (kontrol), i_1 = Ekstrak kulit manggis 1,5%, i_2 = Ekstrak kunyit 1,5%, i_3 = Campuran ekstrak kulit manggis 1,5% + ekstrak kunyit 1,5% ($v:v = 1:1$). Penanaman dilakukan setelah benih diberi perlakuan invigorasi. Benih ditanam pada baki perkecambahan dengan menggunakan media tanah, kemudian media tanam diberi perlakuan cekaman salinitas dengan menggunakan air sumur, air laut 10 %, dan air laut 20% (sesuai dengan perlakuan). Pemberian perlakuan cekaman salinitas dilakukan dengan cara menyiram media tanah tersebut dengan air, dan larutan air laut sesuai dengan konsentrasi perlakuan pada baki perkecambahan, hingga media tanah mencapai kondisi lembab. Pemeliharaan termasuk mempertahankan kondisi kelembaban media tanah terus dilakukan hingga percobaan berakhir. Data variabel respons yang diamati terdiri dari : daya kecambah, laju perkecambahan, panjang akar, bobot kering kecambah, daya hantar listrik benih, dan waktu perkecambahan

Daya kecambah dihitung berdasarkan banyaknya benih yang berkecambah sampai pengamatan terakhir dibandingkan dengan jumlah benih yang dikecambahkan dikalikan seratus persen. Kecepatan berkecambah didapat dengan cara menjumlahkan banyaknya benih yang berkecambah pada hari tertentu sampai hari pengamatan terakhir, dengan rumus sebagai berikut (Sutopo, 2004):

$$\text{Kecepatan berkecambah} = \frac{G_1}{D_1} + \frac{G_2}{D_2} + \dots + \frac{G_n}{D_n}$$

Keterangan : G = Jumlah benih yang berkecambah pada hari tertentu; D = Hari yang berhubungan dengan jumlah benih yang berkecambah; n = hari pengamatan.

Waktu perkecambahan merupakan total waktu yang diperlukan untuk berkecambah, dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Mavi *et al.*, 2010):

$$MGT = \frac{\sum(nT)}{\sum n}$$

Keterangan: MGT = Rata rata waktu yang dibutuhkan untuk perkecambahan; n = jumlah benih yang baru berkecambah pada waktu T; T = waktu (hari) mulai berkecambah.

Bobot kering kecambah didapat setelah kecambah dioven pada suhu 100 °C, hingga bobotnya konstan. Data daya hantar listrik diperoleh dengan cara merendam benih selama 24 jam, lalu air rendamannya diukur dengan Conductivity Meter (Ortiz *et al.*, 2018).

Berikutnya data tersebut dianalisis dengan sidik ragam univariat dan dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf probabilitas 95 % (Steel & Torrie, 1993).

3. Hasil

Hasil analisis statistik uji F terhadap seluruh data perkecambahan menunjukkan bahwa efek interaksi antara perlakuan cekaman salinitas dengan invigorasi tidak nyata. Namun demikian masing-masing perlakuan cekaman salinitas dan

invigorasi memberikan pengaruh secara nyata hingga sangat nyata (Tabel 1). Perlakuan cekaman salinitas memberikan pengaruh secara sangat nyata terhadap seluruh variabel respons yang diamati. Sementara itu perlakuan invigorasi mempengaruhi secara sangat nyata terhadap kecepatan tumbuh, daya hantar listrik, dan waktu berkecambah, sedangkan terhadap daya kecambah dan panjang akar berpengaruh secara nyata. Namun demikian terhadap bobot kering kecambah, perlakuan invigorasi tidak berpengaruh.

Pada berbagai penggunaan invigorasi, peningkatan cekaman salinitas mereduksi daya kecambah secara sangat nyata dari 85% (pada perlakuan tanpa cekaman) turun menjadi 42,08% (pada perlakuan cekaman air laut 20%), serta mengurangi kecepatan perkecambahan secara sangat nyata dari 10,17% etmal⁻¹ (perlakuan kontrol) menurun menjadi 5,89% etmal⁻¹ (perlakuan cekaman air laut 20 %). Sementara itu pada semua tingkat cekaman salinitas, perlakuan invigorasi meningkatkan daya kecambah secara nyata, dengan besaran peningkatan bervariasi dari 5,4 % (invigorasi campuran) hingga 12,5 % (invigorasi ekstrak kulit manggis) serta mempengaruhi peningkatan laju perkecambahan secara nyata, dengan besaran peningkatan bervariasi dari 8,9 % (invigorasi campuran) hingga 14,7 % (invigorasi ekstrak kulit manggis) dibandingkan dengan kontrol (Tabel 2).

Tabel 1. Hasil analisis ragam perlakuan cekaman salinitas dan invigorasi pada fase perkecambahan kedelai.

Parameter	Cekaman salinitas	Invigorasi	Interaksi C x I	Koefisien Keragaman (%)
Daya kecambah	267,87 **	4,56 *	0,25	7,02
Kecepatan tumbuh	174,12 **	5,41 **	1,26	7,34
Panjang akar	139,62 **	3,43 *	1,73	3,46
Bobot kering	23,07 **	2,07	1,71	15,82
Daya hantar listrik	714,34 **	8,02 **	1,30	7,68
Waktu berkecambah	46,64 **	12,91 **	2,13	3,06

Keterangan: * = berbeda nyata, ** = berbeda sangat nyata berdasarkan uji F.

Tabel 2. Pengaruh cekaman salinitas terhadap daya kecambah dan laju perkecambahan kedelai yang diberi invigorasi

Perlakuan	Daya kecambah (%)	Laju perkecambahan (% etmal ⁻¹)
Air sumur (EC = 0,6 mS cm ⁻¹)	85,00 c	10,17 c
Air laut 10% (EC = 7,69 mS cm ⁻¹)	72,08 b	7,40 b
Air laut 20% (EC = 11,4 mS cm ⁻¹)	42,08 a	5,89 a
Kontrol (Air)	62,22 a	7,21 a
Invigorasi dg ekstrak kulit manggis	70,00 b	8,27 b
Invigorasi dg ekstrak kunyit	67,78 b	7,95 b
Campuran ekstrak kulit manggis dan kunyit (1:1)	65,56 b	7,85 b

Keterangan: Angka rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan analisis statistik seperti disajikan pada Tabel 3, diketahui bahwa perlakuan cekaman salinitas pada berbagai penggunaan invigorasi mempengaruhi panjang akar dan bobot kering kecambah secara nyata, meningkatnya cekaman salinitas dari $EC = 0,6 \text{ mS cm}^{-1}$ (kontrol) ke $EC = 11,4 \text{ mS cm}^{-1}$ (air laut 20%) diikuti dengan pengurangan panjang akar dan penurunan bobot kering. Sementara itu perlakuan invigorasi pada berbagai tingkat cekaman salinitas mempengaruhi panjang akar secara nyata, penggunaan invigorasi ekstrak kulit manggis, ekstrak kunyit serta campurannya meningkatkan panjang akar dibandingkan dengan

kontrol (tanpa diberi invigorasi), dan cenderung meningkatkan bobot kering kecambah.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pada berbagai perlakuan invigorasi, cekaman salinitas secara bertingkat dari $EC = 0,6 \text{ mS cm}^{-1}$ (kontrol) hingga $EC = 11,4 \text{ mS cm}^{-1}$ (air laut 20%) meningkatkan daya hantar listrik benih dan memperpanjang waktu perkecambahan dengan sangat nyata. Namun sebaliknya pada berbagai cekaman salinitas, perlakuan invigorasi benih dari ekstrak kulit manggis, ekstrak kunyit serta campurannya memberikan efek pengurangan daya hantar listrik dan memperpendek waktu perkecambahan dengan sangat nyata (Tabel 4).

Tabel 3. Pengaruh cekaman salinitas terhadap panjang akar dan bobot kering kecambah normal kedelai yang diberi invigorasi

Perlakuan	Panjang akar (cm)	Bobot kering kecambah (g)
Air sumur ($EC = 0,6 \text{ mS cm}^{-1}$)	17,95 c	0,07 b
Air laut 10% ($EC = 7,69 \text{ mS cm}^{-1}$)	8,43 b	0,06 b
Air laut 20% ($EC = 11,4 \text{ mS cm}^{-1}$)	6,90 a	0,05 a
Kontrol (Air)	9,79 a	0,05 a
Invigorasi dg ekstrak kulit manggis	12,34 b	0,06 a
Invigorasi dg ekstrak kunyit	11,47 ab	0,06 a
Campuran ekstrak kulit manggis dan kunyit (1:1)	10,76 ab	0,06 a

Keterangan: Angka rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf $\alpha = 0,05$.

Tabel 4. Pengaruh cekaman salinitas terhadap daya hantar listrik dan waktu perkecambahan kedelai yang diberi invigorasi

Perlakuan	Daya hantar listrik ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)	Waktu perkecambahan (hari)
Air sumur ($EC = 0,6 \text{ mS cm}^{-1}$)	8,88 a	3,05 a
Air laut 10% ($EC = 7,69 \text{ mS cm}^{-1}$)	23,02 b	3,29 b
Air laut 20% ($EC = 11,4 \text{ mS cm}^{-1}$)	35,52 c	3,44 c
Kontrol (Air)	24,74 b	3,39 c
Invigorasi dg ekstrak kulit manggis	20,86 a	3,11 a
Invigorasi dg ekstrak kunyit	22,11 a	3,25 b
Campuran ekstrak kulit manggis dan kunyit (1:1)	22,18 a	3,30 bc

Keterangan: Angka rata-rata yang ditandai dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf $\alpha = 0,05$.

4. Pembahasan

Cekaman salinitas menyebabkan multi efek yang bersifat merugikan bagi pertumbuhan tanaman. Cekaman salinitas mengakibatkan cekaman osmotik, toksisitas ion, ketidakseimbangan hara, defisit air, cekaman oksidatif, gangguan proses metabolisme, kerusakan membran, dan reduksi sintesis sel (Rasool *et al.*, 2013; Farooq *et al.*, 2015;

Zorb *et al.*, 2019; Parihar *et al.*, 2015; Kordrostami & Rabiei, 2019) yang bisa berujung dengan kematian sel tanaman. Cekaman osmotik berkaitan dengan hambatan proses serapan air yang bisa mengakibatkan dehidrasi sel dan penurunan tingkat turgor sel (Sopandie, 2014), ketidakseimbangan hara mengawali toksisitas ion yang terjadi karena serapan yang berlebihan terhadap ion Cl^{-1} sehingga mengakibatkan

keracunan (Parihar *et al.*, 2015), dan cekaman oksidatif berkaitan dengan over produksi radikal bebas (ROS) (Soundararajan *et al.*, 2019; Ahmad *et al.*, 2019) yang semua proses tersebut walaupun dengan mekanisme yang berbeda, tetapi dapat mengakibatkan kerusakan dan kematian sel. Gangguan akibat cekaman oksidatif diawali dengan terjadinya kerusakan komponen sel oleh radikal bebas (ROS), kerusakan atau kebocoran membran sel, selanjutnya menimbulkan gangguan dan kerusakan pada proses sintesis sel dan aktivitas enzim, yang secara keseluruhan akan menimbulkan gangguan pada proses pertumbuhan bahkan bisa mengakibatkan kematian. Upaya untuk mengurangi dampak kerusakan akibat cekaman oksidatif dapat dilakukan dengan pemberian antioksidan, karena antioksidan dapat menangkal atau meredam daya rusak radikal bebas.

Ekstrak kulit manggis dan kunyit yang digunakan sebagai perlakuan invigorasi mengandung berbagai fitokimia yang bersifat antioksidan, karena itulah maka peranan atau fungsi ekstrak tersebut terutama lebih ke arah mitigasi akibat cekaman oksidatif, yakni berkaitan dengan kemampuan dalam menangkal radikal bebas (ROS) yang terjadi akibat cekaman oksidatif. Kemampuan mitigasi terhadap efek merugikan lainnya akibat cekaman salinitas belum jelas, karena tidak berkaitan secara langsung dengan penangkalan terhadap radikal bebas. Kondisi inilah yang diduga menjadi penyebab mengapa efek interaksi antara perlakuan invigorasi dengan cekaman salinitas tidak nyata.

Cekaman salinitas mempengaruhi perkecambahan terutama dengan menurunkan potensial osmotik larutan tanah sehingga akan menghambat penyerapan air oleh benih (Farooq *et al.*, 2015). Berkurangnya serapan air pada fase perkecambahan akan mengurangi aktivitas berbagai enzim hidrolitik yang terlibat dalam proses perkecambahan sehingga akan mengurangi kecepatan dan persentase perkecambahan. Dalam kondisi lingkungan tercekam seperti cekaman salin, maka proses metabolisme sel akan lebih banyak memproduksi radikal bebas sebagai upaya perlindungan diri. Namun jumlahnya yang berlebih, justru akan merusak selnya sendiri, sehingga akan mengganggu dan menghambat proses perkecambahan. Selain itu, ketidak seimbangan hara akibat cekaman juga berkontribusi bagi gangguan proses metabolisme sel. Oleh karenanya maka tingkat vigoritas perkecambahan akan mengalami penurunan, seperti tercermin dari daya kecambah, kecepatan perkecambahan, panjang akar, dan bobot kering mengalami penurunan, sebaliknya kerusakan membran semakin parah

serta waktu perkecambahan semakin lama (Tabel 2 sampai Tabel 4).

Pada kondisi tanpa cekaman (air sumur) maupun pada kondisi cekaman (air laut 10% atau 20%), perlakuan invigorasi meningkatkan daya kecambah secara signifikan. Invigorasi ekstrak kulit manggis meningkatkan daya kecambah hingga sebesar 12,5%, ekstrak kunyit sebesar 8,9%, dan ekstrak campuran sebesar 5,4% dari perlakuan tanpa invigorasi (kontrol). Demikian juga terhadap laju perkecambahan, perlakuan invigorasi meningkatkan kecepatan laju perkecambahan. Invigorasi dengan ekstrak kulit manggis, ekstrak kunyit, dan campuran ekstrak berturut-turut meningkatkan laju perkecambahan sebesar 14,7%, 10,3%, dan 8,8% dibandingkan dengan kontrol (Tabel 2). Ekstrak kulit manggis dan kunyit diketahui mengandung senyawa fitokimia yang bersifat antioksidan, sebagaimana diungkapkan oleh banyak peneliti. Antioksidan punya kemampuan untuk meredam atau menangkal radikal bebas (ROS), sehingga dampak negatif berupa kerusakan sel akibat peristiwa peroksidasi lemak, kerusakan DNA dan dampak negatif lainnya dapat dicegah (Sayuti & Yenrina, 2015). α -mangostin dari ekstrak kulit manggis bersifat antioksidan sehingga dapat berperan sebagai penangkap radikal bebas (Ibrahim *et al.*, 2016) sehingga sel dapat terlindungi dari kerusakan akibat cekaman salinitas. Demikian juga kunyit mengandung senyawa fitokimia yang bersifat antioksidan (Asouri *et al.*, 2013; Suprihatin *et al.*, 2020). Jenis fitokimia tersebut diketahui sebagai senyawa kurkuminoid yang sebagian besar berbentuk senyawa kurkumin dengan bioaktivitas termasuk sebagai antioksidan kuat (Priyadarsini, 2014), sehingga ekstrak kulit manggis dan kunyit dapat memitigasi dampak cekaman oksidatif akibat salinitas pada tahap perkecambahan.

Pada berbagai perlakuan invigorasi, peningkatan cekaman salinitas dari EC 0,6 mS cm⁻¹ (air sumur) ke EC 11,4 mS cm⁻¹ (air laut 20%), mengakibatkan pengurangan panjang akar secara sangat signifikan sebesar 61,5% dari 17,95 cm menjadi 6,90 cm. Sementara terhadap bobot kering kecambah juga mengalami reduksi dengan sangat signifikan sebesar 28,6% dari 0,07 g menjadi 0,05 g (Tabel 3). Cekaman salinitas akan mengurangi ketersediaan air yang dapat diserap oleh sel sehingga berdampak sel kehilangan tekanan turgor, dilain pihak juga terjadi akumulasi radikal bebas (ROS) yang dapat merusak atau mengganggu proses metabolisme pada pertumbuhan maupun perkembangan tanaman (Nxele *et al.*, 2017), termasuk proses perkecambahan juga mengalami gangguan sehingga berdampak terhadap penurunan panjang akar dan bobot akar.

Baik pada kondisi tanpa cekaman (air sumur) maupun dalam keadaan cekaman air laut (10% maupun 20%) perlakuan invigorasi meningkatkan panjang akar secara signifikan. Penggunaan ekstrak kunyit dan ekstrak kulit manggis meningkatkan panjang akar bervariasi dari 10% hingga 26% dibandingkan dengan kontrol. Demikian juga terhadap bobot kering kecambah juga mengalami peningkatan dari 0,05 g menjadi 0,06 g, akibat penggunaan ekstrak tersebut (Tabel 3). Bertambahnya panjang akar dan meningkatnya bobot kering kecambah mencerminkan bahwa proses pertumbuhan sel berlangsung tanpa gangguan, atau kondisi yang dapat menghambat proses sintesis sel dapat dicegah. Peningkatan panjang akar dan bobot kering kecambah tersebut diduga berkaitan dengan senyawa fitokimia yang bersifat antioksidan yang terkandung didalam ekstrak tersebut yang mampu mencegah potensi gangguan proses sintesis sel. Senyawa kurkumin yang terkandung dalam ekstrak kunyit termasuk kategori antioksidan yang lebih kuat dibandingkan dengan vitamin C dalam menangkap radikal bebas (Asouri *et al.*, 2013). Demikian juga senyawa fenol dan senyawa flavonoid yang terdapat dalam ekstrak kulit manggis bersifat antioksidan yang kuat (Suttirak & Manurakchinakorn, 2014) sehingga mampu memitigasi dampak kerusakan akibat cekaman salinitas melalui kemampuan mereduksi daya destruktif radikal bebas.

Peningkatan cekaman salinitas dari $EC = 0,6 \text{ mS cm}^{-1}$ (air sumur) ke $EC = 11,4 \text{ mS cm}^{-1}$ (air laut 20%) berdampak sangat nyata meningkatkan daya hantar listrik benih sebesar 300 % yakni dari $8,88 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ menjadi $35,52 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Perlakuan yang sama juga berdampak memperpanjang waktu perkecambahan dengan sangat nyata sebesar 12,8%, yakni dari 3,05 hari menjadi 3,44 hari (Tabel 4). Daya hantar listrik benih menggambarkan banyaknya elektrolit yang keluar dari dalam benih yang dideteksi dengan alat ukur Conductivity meter dari air rendaman benih. Semakin besar angka daya hantar listrik, berarti semakin banyak jumlah elektrolit yang keluar dari dalam benih akibat serangan radikal bebas (ROS) terhadap komponen membran sel, sehingga semakin lanjut tingkat kerusakan atau kebocoran membran sel benih tersebut. Keluarnya elektrolit dari dalam sel mengindikasikan tingkat kerusakan atau disorganisasi membran sel, sekaligus juga mencerminkan kondisi kualitas fisiologis dan tingkat vigor benih yang bersangkutan. Hal ini sejalan dengan pendapat Ortiz *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa uji daya hantar listrik berhubungan langsung dengan vigor benih dan integritas membran sel benih. Cekaman salinitas memicu produksi ROS secara berlebihan yang

melebihi sistem pertahanan antioksidan (Ahmad *et al.* 2019). Sebagai radikal bebas, ROS bersifat tidak stabil dan reaktif sehingga dengan mudah dapat merusak komponen sel seperti lemak, protein, dan asam nukleat yang mengakibatkan integritas membran sel menjadi lemah (Ahmad *et al.*, 2019). Selanjutnya terjadi kebocoran membran sel yang akan diikuti dengan keluarnya berbagai nutrisi dan cadangan makanan dari dalam sel, serta energi untuk pertumbuhan menjadi berkurang yang akan berakibat menurunnya daya kecambah dan vigor serta mempercepat proses penuaan atau deteriorasi (Mohammadi *et al.*, 2011).

Dilain pihak perlakuan invigorasi, baik pada kondisi tanpa cekaman (air sumur = $EC 0,6 \text{ mS cm}^{-1}$) maupun pada kondisi cekaman ($EC = 7,69 \text{ mS cm}^{-1}$, atau $EC = 11,4 \text{ mS cm}^{-1}$) secara sangat nyata menurunkan daya hantar listrik dan memperpendek waktu perkecambahan dibandingkan dengan kontrol (Tabel 4). Perlakuan invigorasi dengan ekstrak kulit manggis menurunkan tingkat kebocoran membran melalui pengukuran daya hantar listrik sebesar 15,7% menjadi $20,86 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ dari $24,74 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, serta mempercepat rata-rata waktu perkecambahan sebesar 8,3% dari 3,39 hari menjadi 3,11 hari. Invigorasi dengan ekstrak kunyit juga mengurangi kebocoran membran sel sebesar 10,6% dari $24,74 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, menjadi $22,11 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, serta mempercepat rata-rata waktu perkecambahan selama 0,14 hari menjadi 3,25 hari dari 3,39 hari. Kulit manggis mengandung senyawa utamanya yaitu xanthon yang bersifat antioksidan kuat (Gondokesumo *et al.*, 2019; Widowati *et al.*, 2020), dengan kemampuan menangkalkan radikal bebas sebesar 83,6% hingga 93,7% (Kaur *et al.*, 2020). Sementara itu kurkumin sebagai senyawa utama yang terkandung dalam ekstrak kunyit juga bersifat sebagai antioksidan (Revathi, *et al.*, 2015), bahkan dalam ekstrak kunyit terdapat 11 senyawa lainnya yang berpotensi sebagai antioksidan (Suprihatin *et al.*, 2020), yang termasuk katagori sebagai salah satu penangkap ROS (radikal bebas) terbaik (Priyadarsini, 2014). Antioksidan dapat meredam atau menangkalkan dampak negatif dari radikal bebas (Sayuti & Yenrina, 2015), dengan demikian ekstrak kulit manggis dan ekstrak kunyit punya kemampuan untuk mengurangi tingkat kerusakan membran sehingga tingkat vigoritas perkecambahan dapat dipertahankan. Dengan demikian ekstrak kulit manggis dan ekstrak kunyit berpotensi untuk mitigasi pada kondisi cekaman salinitas.

5. Kesimpulan

Perlakuan cekaman salinitas dengan invigorasi menyebabkan pengaruh interaksi secara tidak

nyata terhadap perkecambahan benih kedelai. Perlakuan cekaman salinitas mereduksi daya kecambah, laju perkecambahan, panjang akar, bobot kering, serta meningkatkan daya hantar listrik dan memperpanjang waktu perkecambahan benih kedelai. Sebaliknya, perlakuan invigorasi dengan ekstrak kulit manggis atau ekstrak kunyit meningkatkan daya kecambah, mempercepat laju perkecambahan, memperpanjang akar, mengurangi daya hantar listrik, mempersingkat waktu perkecambahan, dan dapat meningkatkan bobot kering kecambah. Dengan demikian perlakuan invigorasi dengan ekstrak kulit manggis atau ekstrak kunyit berpotensi dapat digunakan untuk mitigasi cekaman salinitas pada fase perkecambahan.

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi atas bantuan fasilitas laboratorium dalam pelaksanaan penelitian ini.

7. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

8. Daftar Pustaka

- Ahmad R, Hussain S, Anjun MA, Khalid MF, Saqib M, Zakir I, Hassan A, Fahad S, Ahmad S. 2019. Oxidative Stress and Antioxidant Defense Mechanisms in Plants Under Salt Stress. In Hasanuzaman M (Eds). *Plant Abiotic Stress Tolerance. Agronomic, Molecular and Biotechnological Approaches*, 191-205. Springer Nature Swizerland.
- Asouri M, Ataee R, Ahmadi AA, Amini A, Moshaei MR. 2013. Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Curcumin. *Asian J. Chem.* 25(13):7593-7595.
- Badan Pusat Statistik. 2020. Impor Kedelai menurut Negara Asal Utama 2010-2019. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Borra SK, Gurusurthy P, Mahendra J, Jayamathi KM, Cherian CN, and Chand R. 2013. Antioxidant and Free Radical Scavenging Activity of Curcumin Determined by using Different In Vitro and Ex Vivo Models. *J. Med. Plants Res.* 7(36):2680-2690.
- Chinnusamy V, Jagendorf A, Zhu J-K. 2005. Understanding and Improving Salt Tolerance in Plants. *Crop Sci.* 45(2):437-448. doi:10.2135/cropsci2005.0437
- Farooq M, Hussain M, Wakeel A, Siddique KHM. 2015. Salt Stress in Maize : Effects, Resistance Mechanisms, and Management. A Review. *Agron. Sustain. Dev.* (35):461-481.
- Feghhenabi F, Hadi H, Khodaverdiloo H, Genuchten MT. 2020. Seed Priming Alleviated Salinity Stress During Germination and Emergence of Wheat (*Triticum aestivum* L). *Agric. Water Management* 231:1-8.
- Gondokesumo ME, Pardjianto B, Sumitro SB, Widowati W, Handono K. 2019. Xanthones Analysis and Antioxidant Activity Analysis (Applying ESR) of Six Different Maturity Levels of Mangosteen Rind Extract (*Garcinia mangostana* Linn). *Pharmacogn J.* 11(2): 369-373.
- Ibrahim EA. 2016. Seed Priming to Alleviate Salinity Stress in Germinating. *J. Plant. Physiol.* 192: 38-46.
- Ibrahim MY, Hashim NM, Mariod AA, Mohan S, Abdulla MA, Abdelwahab SI, Arbab IA. 2016. α Mangostin from *Garcinia mangostana* Linn: An Update Review of its Pharmacological Properties. *Arab. J. Chem.* 9: 317-329.
- Indrianingsih AW, Rosyida VT, Ratih D, Batrisya. 2019. In Vitro Study of Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Garcinia mangostana* L. Peel Extract. *Advances in Engineering Research* 194 : 152-155.
- Kaur G, Singh A, and Dar BN. 2020. Mangosteen (*Garcinia mangostana* L). In Nayik GA and Gull A (Eds). *Antioxidants in Fruits : Properties and Health Benefits*. Springer Nature Singapore.
- Jaisupa N, Moongkarndi P, Lomarat P, Samer J, Tunrungtaevee V, Muangpaisan W. 2018. Mangosteen Peel Extract Exhibits Cellular Antioxidant Activity by Induction of Catalase and Heme Oxygenase-1 mRNA Expression. *J. Food Biochem.* 42:1-11.
- Kementerian Pertanian. 2018. Outlook Kedelai Komoditas Pertanian Subsektor Tanaman Pangan. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Khan PSSV, and Basha PO. 2015. Salt Stress and Leguminous Crops. In: *Legumes under Environmental Stress*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. p. 21-51.
- Khojely DM, Ibrahim SE, Sapey E, Han TF. 2018. History, Current Status, and Prospects of Soybean Production and Research in Sub-Saharan Africa. *Crop J.* 6: 226-235.
- Kleio DN, Theodoros D, and Roussos PA. 2020. Antioxidant Defense System in Young Olive Plants Against Drought Stress and Mitigation of Adverse Effects Through External Application

- of Alleviating Products. *Scientia Horticulturae* 259:1-11.
- Kordrostami M., and Rabiei B. 2019. Salinity Stress Tolerance in Plants: Physiological, Molecular, and Biotechnological Approaches. In Hasanuzzaman *et al.* (eds). *Plant Abiotic Stress Tolerance* p.101-127. Springer Nature Switzerland.
- Mandi S, Pal AK, Nath R, and Hembram S. 2018. ROS Scavenging and Nitrate Reductase Enzyme Activity in Mungbean (*Vigna radiata* L. Wlczek) under Drought Stress. *Int.J.Curr.Microbio.App.Sci.* 7(4):1031-1039.
- Mavi K, Demir I, and Matthews S. 2010. Mean Germination Time Estimates the Relative Emergence of Seed Lots of Three Cucurbit under Stress Condition. *Seed Sci. & Technol* 38: 14-25.
- Mohammadi H, Soltani A, Sadeghipour HR, and Zeinali E. 2011. Effect of Seed Aging on Subsequent Seed Reserve Utilization and Seedling Growth in Soybean. *Int. J. Plant Prod.* 5(1): 65-70.
- Nxele X, Klein A, Ndimba BK. 2017. Drought and Salinity Stress alters ROS Accumulation, Water Retention, and Osmolyte Content in Sorghum Plants. *South African Journal of Botany* 108: 261-166.
- Oliveira AB, Filho EG. 2016. How are Germination Performance and Seedling Establishment under Abiotic Stress Improved by Seed Priming ? A Review. *Australian J. Crop Sci.* 10 (7) : 1047-1051.
- Ortiz TA, Gomes GR, Vengrus NAD, Anschau R, Takahashi LSA. 2018. Electrical Conductivity Test for Evaluating Physiological Quality in Snap Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seeds. *Australian J. Crop. Science* 12(10):1561-1565.
- Paparella S, Araujo SS, Rossi G, Wijayasinghe M, Carbonera D, and Balestrazzi A. 2015. Seed Priming: State of the Art and New Perspectives. *Plant Cell Reports* 34(8): 1281-1293.
- Parihar P, Singh S, Singh VP, Prasad SM. 2015. Effect of Salinity Stress on Plants and Its Tolerance Strategies: A Review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22: 4056-4075.
- Priyadarsini KI. 2014. The Chemistry of Curcumin: From Extraction to Therapeutic Agent. *Molecules* 19: 20091-20112.
- Qin Y, Sun Y, Li J, Xie R, Deng Z, Chen H, and Li H. 2017. Characterization and Antioxidant Activities of Procyanidins from Lotus Seedpod, Mangosteen Pericarp, and Camellia Flower. *Inter. J. Food Properties* 20 (7): 1621-1632.
- Rachman A, Subiksa IGM, Wahyunto. 2013. Perluasan Areal Tanaman Kedelai ke Lahan Suboptimal. Dalam: Sumarno, Suyanto, Widjono A, Hermanto, Kasim H (Eds). *Kedelai Teknik Produksi dan Pengembangan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. hal. 185-204.
- Rasool S, Ahmad A, Siddiqi TO, Ahmad P. 2013. Change in Growth, Lipid Peroxidation and Some Key Antioxidant Enzymes in Chickpea Genotype Under Salt Stress. *Acta Physiol Plant* 35: 1039-1050.
- Revathi S, Ananth DA, Rameshkumar A, Sivasudha T. 2015. Synthesis, Characterization and Antioxidant Studies of Curcumin Derivatives. *Asian J. Chemistry* 27(1):1-6.
- Sayuti K, Yenrina R. 2015. *Antioksidan Alami dan Sintetik*. Andalas University Press.
- Soundararajan P, Manivannan A, and Jeong BR. 2019. Different Antioxidant Defense Systems in Halophytes and Glycophytes to Overcome Salinity Stress. In Gul B. *et al.* (Eds.) *Sabkha Ecosystems, Task for Vegetation Science VI*, 335-347. Springer Nature Switzerland.
- Sopandie D. 2014. *Fisiologi Adaptasi Tanaman terhadap Cekaman Abiotik pada Agroekosistem Tropika*. IPB Press. Bogor.
- Steel RGD, Torrie JH. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. PT.Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Suttirak W, Manurakchinakorn S. 2014. In Vitro Antioxidant Properties of Mangosteen Peel Extract. *J.Food Sci.Technol.* 51:3546-3558.
- Sutopo L. 2004. *Teknologi Benih*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Suprihatin T, Rahayu S, Rifai M, dan Widyarti S. 2020. Senyawa pada Serbuk Rimpang Kunyit (*Curcuma longa* L) yang Berpotensi sebagai Antioksidan. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 5(1):35-42.
- Wahyuningtyas SAP, Permana IDGM, dan Wiadnyani AAIS. 2017. Pengaruh Jenis Pelarut terhadap Kandungan Senyawa Kurkumin dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kunyit (*Curcuma domestica* Val.). *Jurnal ITEPA* 6(2): 61-70.
- Widowati W, Ginting CN, Lister INE, Girsang E, Amalia A, Wibowo SHB, Kusuma HSW, Rizal. 2020. Antiaging Effects of Mangosteen Peel Extract and Its Phytochemical Compound: Antioxidant Activity, Enzyme Inhibition and Molecular Docking Simulation. *Trop. Life Sci. Res* 31(3): 127-144.
- Zheng QT, Yang ZH, Yu LY, Ren YY, Huang QX, Liu Q, Ma XY, Chen ZK, Wang ZB, and Zheng X. 2017. Synthesis and Antioxidant Activity of Curcumin Analogs. *J. Asian. Nat. Prod. Res.* 19(5):489-503.
- Zorb C, Geilfus CM, Dietz KJ. 2019. Salinity and Crop Yield. *Plant Biology* 21 (Suppl.1):31-38.

**AGROSAINSTEK****Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian**Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>**Research Article****Penggunaan Sabut Kelapa pada Budidaya Pakcoy (*Brassica rapa* L. *chinensis*) dengan Sistem Irigasi Growick pada Media Campuran Tailing Pasir, Top Soil dan Pupuk Kandang*****Utilization of Coconut Husk on Pakcoy Cultivation (*Brassica rapa* L. *chinensis*) with Growick Irrigation System in Combination of Sandy Tailing, Top Soil and Chicken Manure Planting Media*****Ismed Inonu^{1*}, Rion Apriyadi¹, Dera Utari¹**¹ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung
Jl. Raya Balunijuk, Bangka, Indonesia 33215

Received: November 20, 2020 / Received in revised : May 03, 2021/ Accepted: May 20, 2021

ABSTRACT

Post-tin mining is mostly in the form of sand tailings, with a texture dominated by the sand fraction, so that the water holding capacity is low. The growick irrigation system was developed for plant cultivation in post-mining land, by utilizing a capillary axis to maintain the water content of the planting medium, it is necessary to ameliorate it with coconut husk. This study aims to determine the effect of the dose of coconut husk added to combination of sandy tailing, top soil and chicken manure planting media on the growth and yield of pakcoy with growick tailings irrigation system. Research held in the experiment and research station of Universitas Bangka Belitung. The study used a single completely randomized design (CRD) with 3 replications. The treatment dosage of coconut husk studied was 0; 200; 400; 600; 800, and 1000g per polybag. The data obtained analyzed statistically using the ANOVA and DMRT at $\alpha = 5\%$. The results showed that the growth and production of pakcoy were affected by the dose of coconut husk ameliorant, and the best growth and production was obtained at a dose of 600 g. Efficient use of water by plants at a dose of 600 g is the most efficient.

Keywords: Coconut husk; Growick; Pakcoy; Sand tailings.**ABSTRAK**

Lahan bekas tambang timah sebagian besar berbentuk tailing pasir, dengan tekstur didominasi oleh fraksi pasir, sehingga daya pegang airnya rendah. Sistem irigasi growick dikembangkan pada budidaya tanaman di lahan pascatambang, dengan memanfaatkan sumbu kapiler. Untuk mempertahankan kandungan air pada media tanam, maka perlu diameliorasi dengan sabut kelapa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis sabut kelapa yang ditambahkan pada media campuran tailing pasir, top soil dan pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil pakcoy dengan sistem irigasi growick. Penelitian di lahan Kebun Percobaan dan Penelitian Universitas Bangka Belitung. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Tunggal dengan 3 ulangan. Perlakuan dosis sabut kelapa yang diteliti adalah 0; 200; 400; 600; 800, dan 1000 g per polybag. Data yang diperoleh dianalisis statistika menggunakan ANOVA dan DMRT pada $\alpha = 5\%$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan dan produksi pakcoy dipengaruhi oleh dosis ameliorant sabut kelapa, dan pertumbuhan dan produksi paling baik diperoleh pada dosis 600 g. Penggunaan air oleh tanaman pada dosis 600 g paling efisien.

Kata kunci: Growick; Pakcoy; Sabut kelapa; Tailing pasir.

*Korespondensi Penulis.

E-mail : ismedinonu@yahoo.co.id (I Inonu)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i1.209>

1. Pendahuluan

Lahan bekas tambang timah di Kepulauan Bangka Belitung seluas 357.746 Ha (Badan Perencanaan Pembangunan Daerah 2016), yang sebagian besar berupa *tailing*. Menurut Pradana (2011), sekitar 80% bentuk *tailing* timah merupakan *sand* (pasir) dan sisanya *slime* dan *sandy slime*. *Tailing* pasir mempunyai tekstur yang didominasi oleh pasir kuarsa (>90%) dan C organik <1%, sehingga kemampuan memegang hara dan air sangat rendah (Dariah *et al.* 2010). Kapasitas pegang air di tanah yang berfraksi pasir sangat rendah yaitu berkisar 5 % - 10 % (Rusli *et al.* 2016). Keadaan tersebut menyebabkan air irigasi atau air hujan akan cepat hilang terinfiltrasi dari lapisan olah tanah, sehingga tidak tersedia bagi tanaman.

Kesulitan manajemen pengelolaan air di lahan pasca tambang menjadi salah satu masalah dalam pemanfaatannya untuk budidaya tanaman. Menurut Nugraha *et al.* (2014), jika air tidak tersedia cukup bagi tanaman dapat berakibat pada terganggunya proses metabolisme tanaman, yang akhirnya berpengaruh pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Untuk itu perlu sistem irigasi yang dapat memenuhi kebutuhan air tanaman serta dapat menyediakan air secara kontinyu di media tanamnya. Teknologi *water box* telah diperkenalkan oleh Groasis Ecological Water Saving Technology menggunakan *growbox* yang merupakan “ember cerdas” yang menyediakan air ke pohon dan sayuran sekaligus menciptakan iklim mikro yang sehat dan membantu akar pohon yang ditanam mencapai kedalaman lebih dari tiga meter. Ember tersebut diberi merk dagang *groasis waterbox*, yang dapat menghemat air 90% lebih sedikit daripada metode tradisional (Groasis 2017).

Kelemahan penerapan teknologi ini pada lahan bekas tambang adalah biaya alat yang mahal. Sistem ini dicoba dimodifikasi dengan cara mengkombinasikannya dengan sistem *wick* (sumbu) yang lazim digunakan pada hidroponik. *Wick system* merupakan suatu cara pemberian nutrisi di media tumbuh hidroponik melalui sumbu yang digunakan sebagai pengangkut dari reservoir. Teknologi modifikasi ini disebut dengan *growick*. Prinsip kerja *growick* adalah air dialirkan melalui sumbu secara kapiler dari reservoir ke permukaan akar tanaman pada media tanam secara kontinyu.

Sistem *growick* ini hanya dapat menghantarkan air ke media, tetapi kemampuan air untuk bertahan sangat bergantung kepada kemampuan media dalam memegang air. Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan media menahan air adalah ameliorasi dengan bahan organik. Salah satu bahan organik yang mempunyai fungsi kuat dalam memegang air adalah sabut kelapa. Hasil analisis

oleh Ekebabe *et al.* (2013), sabut kelapa mengandung lignin 29%, hemiselulosa 44%, dan selulosa 21%. Tingginya kandungan selulosa dan pektin akan mengikat molekul air secara kuat. Hasil penelitian Ramadhan *et al.* (2018), penggunaan cocopeat 25% dan 50% yang dikombinasikan dengan tanah pada media tumbuh semai sengan laut berpengaruh paling baik terhadap pertumbuhan semai sengan laut.

Pakcoy (*Brassica rapa* L. chinensis) merupakan salah satu sayuran yang dapat dibudidayakan di lahan *tailing* tambang timah dan telah dilakukan oleh Inonu *et al.* (2014). Pertumbuhan dan produksi pakcoy di lahan *tailing* pasir memberikan respon yang baik terutama jumlah daun dan tinggi tanaman. Nilai ekonomis pakcoy lebih tinggi dibandingkan dengan jenis sayuran kelompok kubis-kubisan yang lain sehingga cocok diusahakan di lahan pascatambang yang membutuhkan biaya produksi yang relatif lebih tinggi.

Dosis atau takaran sabut kelapa yang ditambahkan ke dalam media akan mempengaruhi kemampuan media dalam menyimpan air. Hasil penelitian Hasibuan *et al.* (2016), pemberian sabut kelapa mulai dari 400 g sudah mampu memenuhi kebutuhan dari pertumbuhan tanaman, tetapi pemberian sabut kelapa pada 600 g menunjukkan pertumbuhan tanaman yang paling baik dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Untuk itu diperlukan penelitian untuk memperoleh dosis sabut kelapa yang tepat agar media dapat menyediakan air dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan pakcoy. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis amelioran sabut kelapa terhadap pertumbuhan dan hasil pakcoy di media campuran *tailing* pasir, *top soil* dan pupuk kandang, dengan menggunakan sistem irigasi *growick* dan mendapatkan dosis yang tepat untuk budidaya pakcoy di media *tailing* pasca penambangan timah.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan dan Penelitian (KP2) Fakultas Pertanian Perikanan dan Biologi Universitas Bangka Belitung pada bulan Januari sampai dengan April 2020. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) tunggal 6 taraf perlakuan dosis sabut kelapa dan 4 ulangan. Setiap ulangan terdiri atas 4 tanaman, sehingga terdapat sebanyak 96 satuan percobaan. Adapun dosis sabut kelapa yang diteliti adalah: K0 (tanpa sabut kelapa), K2 (200 g), K4 (400 g), K6 (600 g), K8 (800 g), dan K10 (1.000 g) setiap polybag.

Tahap penelitian meliputi pembuatan instalasi *growick*, penyiapan media tanam, penanaman,

pemeliharaan, dan panen. Bahan-bahan yang diperlukan dalam pembuatan instalasi *growick* yaitu wadah ukuran 8 l, sumbu flannel dengan panjang 1 m, pipa PVC ukuran $\frac{3}{4}$ inch dengan panjang 15 cm. Perakitan instalasi *growick* dilakukan dengan membuat lubang pada wadah sesuai ukuran diameter pipa, kemudian ke dalam pipa dimasukkan sumbu flannel sepanjang 30 cm yang memanjang dari dalam wadah sampai ke bagian tengah media dalam polybag (Gambar 1). Selanjutnya instalasi yang siap pakai disusun dalam rumah plastik ukuran 7,5 m x 5 m x 3,5 m.



Keterangan :1. Wadah; 2. Air irigasi; 3. Sumbu; 4. Polibag; 5. Pipa Penghubung; 6. Pipa Kontrol

Gambar 1. Instalasi Irigasi Sistem Growick

Media tanam yang digunakan berupa campuran pasir tailing, *topsoil* dan pupuk kotoran ayam dengan perbandingan berat 7:2:1 (w/w). Sabut kelapa dicacah terlebih dahulu kemudian direndam selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan taninnya, ditiriskan dan dikeringkan. Selanjutnya sabut kelapa dicampur merata pada media sesuai dengan dosis perlakuan. Media tanam dimasukkan dalam wadah polybag ukuran 40 x 50 cm.

Bahan tanam berupa bibit pakcoy varietas Nauli F₁ umur 14 hari setelah semai dengan kriteria memiliki 4 helai daun. Penanaman dilakukan dengan cara memindahkan satu bibit dari *pottray* ke media tanam. Pemeliharaan meliputi penyiraman, penyulaman, pemupukan, dan pengendalian organisme pengganggu. Pengisian air dalam wadah sebanyak 4,5 l. Penambahan air dilakukan sesuai dengan banyaknya air yang berkurang dalam wadah. Setiap volume air yang ditambahkan dicatat. Pemupukan dengan pupuk NPK 16:16:16. Dosis yang diberikan pada tanaman yaitu 2 g per tanaman (Yuniarti et al. 2017), dengan cara dibenamkan pada media tanam. Pemberian pupuk dilakukan pada saat tanaman berumur 10 hari setelah tanam (Sumpena 2013). Pengendalian hama serangga dengan penyemprotan insektisida dengan bahan aktif profenofos 500 g.L⁻¹ dan klorantranilipol 50 g.L⁻¹.

Pemanenan pakcoy dilakukan pada saat tanaman berumur 29 hari setelah tanam (HST). Media tanam dibongkar dan seluruh bagian tanaman dipisahkan dari media tanamnya dan dibersihkan pada air mengalir.

Pengamatan peubah pertumbuhan meliputi tinggi tanam dan jumlah daun setiap 7 hari. Panjang akar, volume akar, bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan bobot kering total dan diukur pada 29 HST. Peubah produksi tanaman berupa bobot segar tanaman tanpa akar diamati pada 29 HST. Volume air yang dikonsumsi dihitung dari jumlah air yang ditambahkan ke reservoir selama penanaman. Efisiensi Penggunaan Air (EPA) dihitung dengan membagi bobot kering total dengan volume air yang dikonsumsi.

3. Hasil

Hasil sidik ragam (Tabel 1) menunjukkan dosis sabut kelapa memberikan pengaruh sangat nyata terhadap peubah tinggi tanaman, jumlah daun, bobot kering tajuk, bobot kering total, volume air, produksi tanaman dan efisiensi penggunaan air. Pengaruh nyata ditunjukkan pada parameter panjang akar dan volume akar, sedangkan pengaruh dosis sabut kelapa terhadap bobot kering akar dosis sabut kelapa tidak nyata.

Tabel 1. Sidik ragam pengaruh dosis sabut kelapa terhadap pertumbuhan dan hasil pakcoy di media tailing menggunakan sistem *growick*.

Peubah	Pr>F	Fhit	KK (%)
Tinggi tanaman	0,0020**	5,97	6,36
Jumlah daun	0,0076**	4,52	5,18
Panjang akar	0,0338*	3,11	10,52
Volume akar	0,0139*	3,93	16,38
Bobot kering tajuk	0,0069**	4,63	31,40
Bobot kering akar	0,2471 ^{tn}	1,47	28,51
Bobot kering total	0,0029**	5,56	29,94
Volume air	<0,0001**	3,81	18,70
Efisiensi Penggunaan Air (EPA)	0,0022**	5,86	37,13
Produksi tanaman	0,0028**	5,60	18,17

Keterangan: ^{tn}: berpengaruh tidak nyata; *: berpengaruh nyata; **: berpengaruh sangat nyata; Pr>F : nilai *probability*; Fhit: F hitung; KK: Koefisien keragaman.

Berdasarkan rerata dan hasil uji DMRT (Tabel 2), dosis sabut kelapa 600 g menghasilkan pertumbuhan tajuk yang paling baik. Tinggi tanaman pakcoy pada dosis 600 g paling tinggi dan berbeda nyata dengan dosis 0, 400, dan 1.000 g, tetapi berbeda tidak nyata dengan dosis 200 dan 800 g. Jumlah daun pada dosis 600 g sebanyak 19 helai dan berbeda nyata dengan dosis 0, 400, 800, dan 1000 g tetapi berbeda tidak nyata dengan dosis 200 g. Bobot kering tajuk paling berat yaitu dosis 600 g dan berbeda nyata dengan semua dosis lainnya.

Dosis amelioran sabut kelapa 600 g menghasilkan pertumbuhan akar yang paling baik berdasarkan uji DMRT (Tabel 3). Panjang akar yang terpanjang terdapat pada dosis 600 g dan berbeda nyata dengan dosis 400 g dan 1000 g, tetapi berbeda tidak nyata dengan dosis 0, 200, dan 800 g. Volume akar paling besar yaitu pada dosis 600 g berbeda nyata dengan dosis 400, 800, dan 1.000 g tetapi berbeda tidak nyata dengan dosis 0 dan 200 g. Berat kering akar terberat terdapat pada dosis 600 g dan berbeda nyata dengan dosis 400 g tetapi berbeda tidak nyata dengan dosis lainnya.

Tabel 2. Hasil uji DMRT rerata peubah pertumbuhan tajuk.

Peubah	Dosis Sabut Kelapa (g)					
	0	200	400	600	800	1000
Tinggi tanaman (g)	25,31bc	27,20ab	23,50c	29,25a	26,61ab	24,75bc
Jumlah daun (helai)	17,56bc	18,18ab	16,12c	19,0a	17,43bc	17,16bc
Bobot kering tajuk (g)	10,16b	12,90b	10,63b	18,89a	8,41b	8,63b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) $\alpha = 5\%$.

Tabel 3. Hasil uji DMRT peubah pertumbuhan akar pakcoy pada media tailing dan berbagai dosis sabut kelapa.

Peubah	Dosis Amelioran Sabut Kelapa (g)					
	0	200	400	600	800	1000
Panjang akar (cm)	21,30a	21,23a	17,59b	20,93a	19,83ab	17,29b
Volume akar (cm ³)	6,06ab	6,25ab	5,00b	7,50a	5,58b	4,92b
Berat kering akar (g)	1,06	0,95	0,75	1,21	0,84	0,87

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) $\alpha = 5\%$.

Tabel 4 Hasil uji DMRT peubah bobot kering total, volume akar, dan EPA pakcoy pada media tailing dan berbagai.dosis sabut kelapa.

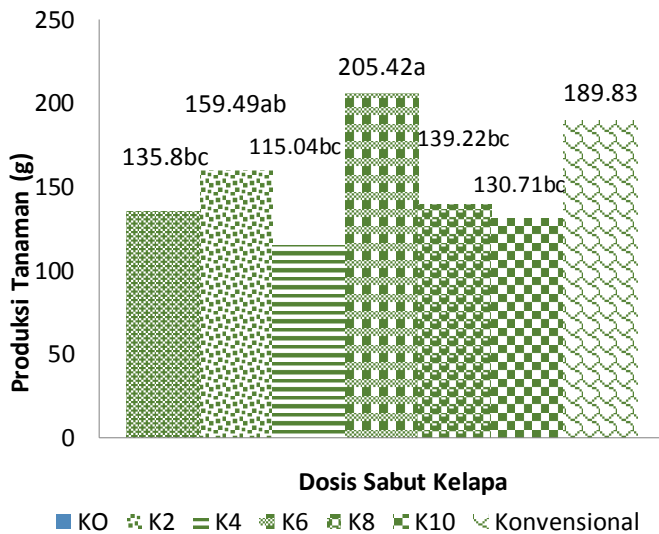
Peubah	Dosis Amelioran Sabut Kelapa (g)					
	0	200	400	600	800	1000
Bobot kering total (g)	11,23b	13,88b	9,01b	20,10a	9,26b	9,51b
Volume air (l)	23,67a	21,59b	21,30b	20,41bc	19,68cd	18,71d
EPA (g.L ⁻¹)	0,45b	0,62b	0,40b	1,11a	0,46b	0,49b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) $\alpha = 5\%$.

Produksi tanaman sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan tajuk dan akar. Berdasarkan diagram batang dan hasil DMRT pada Gambar 2, produksi tanaman pakcoy pada dosis amelioran sabut kelapa 600 g menghasilkan produksi yang paling tinggi dan berbeda nyata dengan dosis 0, 400, 800 dan 1.000 g tetapi berbeda tidak nyata dengan dosis 200 g. Dari gambar terlihat produksi pakcoy pada 600 g sabut kelapa lebih tinggi dibandingkan produksi pakcoy pada dosis lain, tetapi masih lebih rendah dibandingkan produksi pakcoy tanpa sistem irigasi *growick* dan sabut kelapa.

Volume air yang paling sedikit digunakan pada perlakuan 1.000 g, berbeda nyata dengan dosis 0 g, 200 g, 400 g, 600 g, tetapi berbeda tidak nyata dengan dosis 800 g. Berat kering total tanaman adalah berat kering keseluruhan tajuk dan akar tanaman. Berat kering total semakin kecil apabila dosis sabut kelapa yang diberikan semakin banyak. Berdasarkan hasil uji DMRT pada Tabel 4, berat kering total pakcoy tertinggi yaitu pada dosis amelioran sabut kelapa 600 g dan berbeda nyata dengan dosis lainnya. Efisiensi penggunaan air (EPA) oleh pakcoy dengan media yang ditambah sabut kelapa dosis 600 g paling efisien

dibandingkan dosis lainnya dengan nilai efisiensi sebesar 1,11 g. L⁻¹ yang berarti setiap 1 liter volume air yang digunakan menghasilkan berat kering sebesar 1,11 g. Nilai tersebut berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.



Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada dosis sabut kelapa menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) $\alpha = 5\%$.

Gambar 2. Rerata produksi tanaman pada pemberian berbagai dosis amelioran sabut kelapa di media tailing.

4. Pembahasan

Perbedaan dosis sabut kelapa menyebabkan ketersediaan air di media menjadi berbeda. Semakin tinggi dosis sabut kelapa yang ditambahkan, semakin rendah konsumsi air (Tabel 4). Kondisi ini menyebabkan semakin banyak jumlah air yang disimpan, karena sifat sabut kelapa yang relatif konservatif terhadap air. Berdasarkan Tabel 4, volume air yang paling banyak yaitu pada perlakuan kontrol dengan rata-rata 24,93 L⁻¹ tanaman dan terendah pada perlakuan dosis sabut kelapa 1000 g yaitu dengan rata-rata 18,71 L⁻¹ tanaman. Kandungan air tanah, kemampuan partikel tanah untuk menahan air serta kemampuan akar untuk menyerap air sangat mempengaruhi jumlah air yang dapat diserap oleh akar (Nio *et al.* 2010). Pemberian air terhadap media yang memiliki bahan organik relatif lebih efisien dalam mencegah infiltrasi yang berlebihan sehingga air tidak dapat dijangkau oleh perakaran. Semakin tinggi laju infiltrasi maka potensi fluktuasi kandungan air tanah menjadi lebih tinggi pada lapisan tanah yang lebih dalam (Yu *et al.* 2016).

Perbedaan penyimpanan air media mempengaruhi suhu dan kelembaban serta kadar air media. Semakin banyak amelioran sabut kelapa yang diberikan, suhu tanah akan semakin rendah dan kelembaban meningkat. Yu *et al.* (2016) menyatakan bahwa dinamika ketersediaan air bagi daerah perakaran tanaman sangat bergantung pada tingkat irigasi yang diberikan. Berdasarkan pengamatan suhu tanah dan kelembaban tanah harian, pada media amelioran sabut kelapa dosis 1.000 g, suhu tanah harian paling rendah dan kelembaban paling tinggi dibandingkan dosis lainnya.

Pori tanah terdiri atas pori makro, meso dan mikro. Pori makro diisi oleh udara dan mikro diisi oleh air, namun dalam keadaan air terlalu berlimpah maka pori-pori makro akan diisi oleh air, sehingga udara dalam media berkurang dan pertumbuhan menjadi kurang baik karena respirasi akar terhambat. Hasil pengukuran kadar air tanah diperoleh pada dosis 800 g sebesar 21,14% pada dosis 200 g sebesar 17,11%. Apabila kadar air tinggi maka proses respirasi dan sirkulasi udara pada akar mengalami hambatan karena media mulai jenuh oleh air. Ruang pori makro yang seharusnya terisi oleh udara ikut terisi oleh air dan menyebabkan pertukaran gas pada media menjadi terganggu (Valentino 2012). Keadaan jenuh air lebih banyak menyebabkan terjadinya penimbunan unsur hara di dalam akar dibandingkan difusi hara ke akar (Irawan 2014). Saat tanaman jenuh air, kadar oksigen juga menjadi rendah sehingga menyebabkan laju fotosintesis berkurang sangat cepat.

Karakteristik fisik media tanam akan mempengaruhi perkembangan akar. Menurut Prananda *et al.* (2014), salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah media tempat perkembangan akar. Media tanam yang memiliki komposisi dominan liat memiliki peran sebagai agen konservasi air yang baik karena mampu mencegah peningkatan laju infiltrasi dan menurunkan potensi terjadinya evaporasi. Rata-rata akar terpanjang yaitu 21,30 cm pada perlakuan kontrol atau tanpa sabut kelapa dan rata-rata akar terpendek yaitu 17,29 cm pada perlakuan dosis sabut kelapa 1000 g. Hal tersebut disebabkan pada perlakuan kontrol atau tanpa sabut kelapa memiliki permeabilitas atau daya lolos air dalam tanah yang tinggi karena sifat fisik dari tailing tersebut. Tailing timah bersifat sangat porous, tekstur kasar (pasir) dengan kapasitas memegang air rendah sehingga sulit untuk menyimpan ketersediaan air (Hamid *et al.* 2017). Mekanisme morfologi fisiologi tanaman untuk menghindari dari kekurangan air adalah kemampuan tanaman untuk mencari sumber air jauh dari permukaan tanah pada saat terjadi

kekurangan di daerah dekat permukaan tanah (Nio & Patricia 2015). Dosis sabut kelapa 1.000 g memiliki rata-rata akar terpendek karena kebutuhan air tercukupi sehingga akar dapat menjangkau air yang tersedia di sekitar perakaran.

Perbedaan laju metabolisme akan menyebabkan perbedaan pertumbuhan tanaman. Sinay (2015) menyatakan bahwa pada tahap pertumbuhan vegetatif, tanaman menggunakan air untuk pembelahan dan pembesaran sel yang berperan dalam pertumbuhan tinggi dan perbanyak daun. Pemberian dosis sabut kelapa 600 g memberikan pertumbuhan tinggi tanaman yang paling baik dengan rata-rata yaitu 29,25 cm dan pertumbuhan terendah pada dosis sabut kelapa 400 g yaitu dengan rata-rata 23,50 cm. Hal ini dikarenakan dosis sabut kelapa 600 g pertumbuhan akarnya lebih baik. Jika kebutuhan air tanaman dapat terpenuhi secara optimal maka peningkatan pertumbuhan tanaman akan maksimal karena produksi fotosintat dapat dialokasikan ke organ tanaman (Maryani 2012). Laju pembentukan daun (jumlah daun per satuan waktu) relatif konstan jika tanaman yang ditumbuhkan pada kondisi suhu dan intensitas cahaya yang juga konstan. Tanaman yang mampu menghasilkan fotosintat yang lebih tinggi mempunyai banyak daun karena hasil fotosintat akan digunakan untuk membentuk organ.

Pertumbuhan tanaman akan mempengaruhi produksi tanaman. Semakin baik pertumbuhan maka produksi semakin tinggi. Pada penelitian ini produksi tanaman paling tinggi pada dosis 600 g yaitu dengan rata-rata 205,42 g. Hal ini dikarenakan organ tanaman pakcoy yang dipanen berupa daun dan batang sehingga semakin banyak jumlah daunnya maka produksinya tinggi. Berdasarkan Gambar 2, hasil produksi pakcoy dengan perlakuan sabut kelapa 600 g lebih tinggi dibandingkan pakcoy yang disiram secara konvensional dengan media dan dosis pupuk yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem irigasi growick serta penambahan amelioran sabut kelapa dosis 600 g lebih baik dibandingkan dengan penyiraman konvensional tanpa amelioran.

Efisiensi penggunaan air di lahan pertanian dapat dioptimalkan melalui penggunaan teknik irigasi yang tepat. Teknologi irigasi merupakan salah satu komponen penting untuk meningkatkan efisiensi dan produksi hasil pertanian berdasarkan kondisi tanah, kebutuhan tanaman dan iklim mikro (Adhiguna & Rejo 2018). Efisiensi penggunaan air (*water use efficiency*) tertinggi dan dosis yang paling efisien adalah dosis sabut kelapa 600 g. Hal ini disebabkan berat keringnya paling berat karena akumulasi hasil fotosintat lebih banyak disimpan dalam bentuk cadangan makanan. Nilai EPA pada setiap dosis ini sejalan dengan hasil/produksi yang

diperoleh pada masing-masing tanaman tersebut. Menurut Sutono & Haryati (2012), semakin tinggi hasil tanaman, semakin tinggi pula nilai efisiensi penggunaan airnya dan semakin tinggi penggunaan air semakin rendah efisiensi penggunaan airnya.

5. Kesimpulan

Dosis amelioran sabut kelapa berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy di media campuran tailing pasir, *top soil* dan pupuk kandang dengan menggunakan sistem irigasi *growick*. Pemberian amelioran sabut kelapa dosis 600 g pada media mampu menghasilkan pertumbuhan dan produksi pakcoy yang paling baik dan menghasilkan efisiensi penggunaan air yang paling efisien.

6. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini. (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

7. Daftar Pustaka

- Adhiguna RT dan Rejo A. 2018. Teknologi Irigasi Tetes Dalam Mengoptimalkan Efisiensi Penggunaan Air di Lahan Pertanian. Prosiding Seminar Nasioanal Hari Air Dunia. Palembang 20 Maret 2018; Hlm 107-116.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah. 2016. Rencana kerja Pembangunan Daerah. Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pangkal Pinang: Bappeda.
- Dariah A, Abdurachman A, Subardja D. 2010. Reklamasi lahan eks-penambangan untuk perluasan areal pertanian. Jurnal Sumberdaya Lahan; 4(1): 1-12.
- Ekebaf MO, Ekebaf LO, Osayande PE, Maidoh F, rhemu P. 2013. Assessment of The Water Conservation Potential and Mode of Application of Coconut (*Cocos Nucifera*) Husk Hydrogel on Soil Cultivated to Coconut Seedling. Nigerian Journal of Soil Science; 23: 10 – 19.
- Groasis. 2017. Groasis Growbox Fights Food and Water Storage. <https://www.nationaleiconen.nl> [26 Oktober 2019].
- Hamid I, Priatna SJ, Hermawan A. 2017. Karakteristik Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah pada Lahan Bekas Tambang Timah. Jurnal Penelitian Sains; 19(1):1-9.

- Hasibuan AK, Dalimunthe A, Utomo B. 2016. Penggunaan Sabut Kelapa Sebagai Penahan Air Untuk Mendukung Pertumbuhan Tanaman Sukun (*Artocarpus communis* Forst) pada DTA Danau Toba. *Peronema Forestry Science Journal*; 5(3):1-7.
- Inonu I, Khodijah NS, Supriadi A. 2014. Budidaya Pakchoy (*Brassica rapa* L.) di Lahan Tailing Pasir Bekas Penambangan Timah dengan Amelioran Pupuk Organik dan Pupuk NPK. *J Lahan Suboptimal*; 3(1):76-82
- Irawan A, Hidayah HN. 2014. Kesesuaian Penggunaan Cocopeat Sebagai Media Sapih Pada Media Poltube dalam Pembibitan Cempaka (*Magnoliaelegans* (Blume) H.Keng). *Jurnal WASIAN*; 1(2): 73-76.
- Maryani AT. 2012. Pengaruh Volume Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Pembibitan Utama. *Bioplantae*; 1(2): 64-74.
- Nio SA dan Patricia T. 2015. Karakter Morfologi Akar sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *32 Jurnal Bioslogos*; 3(1): 31-39.
- Nio SA, Tondas SM, Butarbutar R. 2010. Evaluasi Indikator Toleransi Cekaman Kekeringan Pada Fase Perkecambahan Padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Biologi*; 14(1): 50-54.
- Nugraha YS, Sumarni T, Sulistyono R. 2014. Pengaruh Interval Waktu dan Tingkat Pemberian Air terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* L Merrill). *Jurnal Produksi Tanaman*; 2(7): 552-559.
- Pradana WO. 2011. Upaya Pemanfaatan Lahan Bekas Galian Tambang Timah di Kuto Panji, Belinyu Provinsi Bangka Belitung. [Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Prananda R, Indriyanto, Riniarti M. 2014. Respon Pertumbuhan Bibit Jabon (*Anthocephalus cadamba*) Dengan Pemberian Kompos Kotoran Sapi pada Media Penyapihan. *Jurnal Sylva Lestari*; 2(3): 29-38.
- Ramadhan D, Riniarti M, Santoso T. 2018. The Utilization of Cocopeat as Growing Media for *Paraserianthes falcataria* and *Intsia palembanica*. *Jurnal Sylva Lestari*; 6(2): 22-31.
- Rusli, Yulius F, Bariot H, Edi W. 2016. Keefektifan Pembenah Tanah, Pemupukan, dan Mikoriza Untuk Pertumbuhan Tanaman Karet di Lahan Bekas Tambang Timah. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*; 3(3):175-184.
- Sinay H. 2015. Pengaruh Perlakuan Cekaman Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Prolin pada Fase Vegetatif Beberapa Kultivar Jagung Lokal dari Pulau Kisar Maluku di Rumah Kaca. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*:Hlm 228-237.
- Sumpena U, Maulana A. 2013. Budidaya Caisim dan Pakcoy. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementrian Pertanian. <http://balitsa.litbang.pertanian.go.id/ind/> [2 November 2019].
- Sutono S dan Haryati U. 2012. Efisiensi Penggunaan Air Pada Pertanian Lahan Kering Dalam Upaya Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim. *Konservasi Tanah Menghadapi Iklim*. Balai Penelitian Tanah. Hlm 215-240
- Valentino N. 2012. Pengaruh Pengaturan Kombinasi Media Terhadap Pertumbuhan Anakan Cabutan Tumih (*Combretocarpus rotundatus*). [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Yu L, ZengY, Su Z, Cai H, Zheng Z. 2016. The effect of different evapotranspiration methods on portraying soil water dynamics and ET partitioning in a semi-arid environment in Northwest China. *Hydrology and Earth System Sciences*; 20: 975 – 990.
- Yuniarti A, Suriadikusumah A, Gultom JU. 2017. Pengaruh Pupuk Anorganik dan Pupuk Organik Cair terhadap Ph, N-Total, C-Organik dan Hasil Pakcoy pada Inceptisol. *Prosiding Seminar Nasional 2017 Fakultas Pertanian UMJ*, 8 November 2017. Hlm 213-219.

**AGROSAINSTEK****Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian**Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>**Research Article****Isolasi dan Seleksi Cendawan Rhizosfer dan Endofit asal Tanaman Kelor sebagai Agens Penginduksi Perkecambahan pada Benih Padi*****Isolation and Screening of Rhizosphere and Endophytic Fungus from Moringa as Germination Inducing Agents on Rice Seed*****Hishar Mirsam^{1*}, Masluki², Mutmainnah²**¹Balai Penelitian Tanaman Serealia, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Cokroaminoto Palopo

Received: December 27, 2020 / Received in revised : April 01, 2021 / Accepted: May 20, 2021

ABSTRACT

Rhizosphere and endophytic fungi are functional types of microbes capable of producing secondary metabolites that can affect plant growth directly or indirectly. This study aims to isolate and test the rhizosphere and endophytic fungi' ability from Moringa (*Moringa oleifera* L.) against rice seeds' viability and vigor. Fungus exploration was carried out on soil samples in the rhizosphere and stem and leaf tissue of healthy Moringa plants. Isolation of fungi from the rhizosphere was carried out using 10^{-2} and 10^{-3} dilution techniques, while the isolation of endophytic fungi was carried out on the leaf and stem tissue of Moringa, then cultured on potato dextrose agar (PDA) medium. The pathogenicity test of fungi and its effect on in-vitro rice seed germination using the blotter test method, namely growing 25 rice seeds on seven-day old fungal isolates. Nineteen fungal isolates were isolated and collected from the parts of the Moringa plant. Pathogenicity observations showed that there were five fungal isolates as potential pathogens, namely isolates RF2, RF5, RF6, RF8, and EDF6. A total of four fungal isolates tested consistently showed a positive effect on seed viability and vigor with a value of $\geq 90\%$, namely isolates RF4, EDF1, EDF2, and EDFt3.

Keywords: Endophyt; Moringa; Rhizosphere fungus; Seed germination.**ABSTRAK**

Cendawan rhizosfer dan endofit merupakan jenis mikroba fungsional yang mampu memproduksi metabolit sekunder yang dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman baik secara langsung atau tidak langsung. Penelitian ini bertujuan mengisolasi dan menguji kemampuan cendawan rhizosfer dan endofit asal tanaman kelor terhadap viabilitas dan vigor kecambah benih padi. Eksplorasi cendawan dilakukan terhadap sampel tanah di bagian rhizosfer serta jaringan batang dan daun tanaman kelor sehat. Isolasi cendawan dari tanah bagian rhizosfer dilakukan dengan teknik pengenceran 10^{-2} dan 10^{-3} , sedangkan cendawan endofit dilakukan pada jaringan daun dan batang tanaman kelor, kemudian dibiakkan pada media medium potato dextrose agar (PDA). Uji patogenitas cendawan dan pengaruhnya terhadap perkecambahan benih padi secara in-vitro dengan metode blotter test, yaitu dengan cara menumbuhkan benih padi sebanyak 25 butir pada isolat cendawan berumur 7 hari. Sebanyak sembilan belas isolat cendawan berhasil diisolasi dan dikoleksi dari berbagai bagian tanaman kelor. Pengamatan patogenitas menunjukkan terdapat lima isolat cendawan yang berpotensi sebagai patogen, yaitu isolat RF2, RF5, RF6, RF8, dan EDF6. Sebanyak empat isolat cendawan yang telah diuji konsisten memberikan pengaruh positif terhadap viabilitas dan vigor benih benih dengan nilai $\geq 90\%$ yaitu isolat RF4, EDF1, EDF2, dan EDFt3.

Kata kunci: Cendawan rhizosfer; Endofit; Kelor; Perkecambahan benih.

*Korespondensi Penulis.

E-mail : hisharmirsam@yahoo.co.id (H Mirsam)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i1.227>

1. Pendahuluan

Kelor (*Moringa oleifera* L.) adalah tanaman non-budidaya yang selama ini hanya sebatas digunakan sebagai tanaman pagar hidup. Tanaman perdu ini mudah tumbuh pada berbagai kondisi lingkungan khususnya lingkungan ekstrim. Hal tersebut diduga karena adanya peranan faktor biotik yang dapat menginduksi ketahanan tanaman. Salah satu faktor biotik yang berperan dalam menginduksi pertumbuhan tanaman adalah keberadaan agens hayati pada ekosistem tanaman tersebut (Zheng *et al.* 2017; Afandhi *et al.* 2018). Kajian tentang keberadaan agens hayati pada tanaman kelor sampai saat ini belum diketahui. Oleh karena itu, perlu adanya studi tentang keberadaan agens hayati pada tanaman kelor yang dapat aplikasikan untuk berbagai tanaman budidaya.

Salah satu upaya yang dilakukan dalam pencapaian produksi tanaman yang dibudidayakan adalah tersedianya benih yang baik. Kategori benih yang baik, tidak hanya dilihat dari aspek kesehatan benihnya saja, tetapi juga dilihat dari aspek vigor dan viabilitas benih tersebut. Perbaikan viabilitas dan vigor benih dapat dilakukan sejak persiapan dan perlakuan benih sebelum tanam. Upaya peningkatan kualitas benih dapat diberi melalui perlakuan benih sebelum tanam dengan menambahkan berbagai unsur hara, zat pengatur tumbuh, kultur tenis, maupun memanfaatkan mikroba fungsional yang mampu bertindak sebagai *plant growth inducer* (Safuan & Sutariati 2012; Agustiansyah *et al.* 2013; Arinasa 2016; Marpaung & Hutabarat 2016). Beberapa cendawan yang berasosiasi dengan tanaman baik yang hidup di dalam jaringan tanaman (cendawan endofit) maupun yang hidup di daerah rhizosfer tanaman diketahui dapat mengendalikan patogen tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Cendawan dengan karakter tersebut disebut *plant growth promoting fungi* (PGPF) (Murali *et al.* 2013). Cendawan endofit dan rhizosfer diketahui merupakan salah satu jenis mikrob fungsional yang mampu memproduksi metabolit sekunder, yang secara langsung atau tidak langsung dapat memengaruhi pertumbuhan inangnya (Agusta 2009; Mirsam *et al.* 2015).

Pemanfaatan mikroba rhizosfer dan endofit dalam mengendalikan beberapa jenis patogen tanaman dan pengaruhnya terhadap tingkat toleransi tanaman telah banyak diteliti, baik dari golongan bakteri maupun cendawan (Damayanti 2013; Singh *et al.* 2013; Mirsam *et al.* 2015; Mirsam *et al.* 2016). Beberapa penelitian melaporkan bahwa agens hayati mampu menekan pertumbuhan patogen dengan cara menginduksi ketahanan dan mendukung kebugaran tanaman padi (Rustam

2011; Kurniawati *et al.* 2016; Nurfadillah 2016; Parida *et al.* 2017; Dewi *et al.* 2020). Namun, informasi mengenai pemanfaatan cendawan rhizosfer dan endofit dalam menginduksi perkecambahan benih padi belum banyak dilaporkan. Penelitian ini bertujuan mengisolasi dan menyeleksi cendawan rhizosfer dan endofit asal tanaman kelor sebagai agens penginduksi perkecambahan benih padi, guna mendukung pengembangan strategi penyediaan benih sehat yang berwawasan lingkungan.

2. Bahan dan Metode

Survei dan pengambilan sampel

Survei dan pengambilan dilakukan secara acak di beberapa kebun milik petani di Desa Wiwitan, Kecamatan Lamasi, Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan. Pengambilan sampel dilakukan secara purposif (*purposive sampling*), yaitu memilih sampel berdasarkan kriteria spesifik tanaman sehat. Sampel yang diambil berupa tanah di bagian rhizosfer serta jaringan batang dan daun tanaman kelor. Sampel disimpan dalam kantong plastik secara terpisah dan dibungkus dengan pelepah pisang, kemudian ditata dalam *cooling box*.

Isolasi cendawan rhizosfer

Tanah pada daerah rhizosfer tanaman kelor diambil sejumlah 10 g. Tanah dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer dan ditambahkan akuades steril sebanyak 90 ml, kemudian dihomogenkan menggunakan vortex selama 30 menit. Suspensi yang sudah homogen, diambil 1 ml dan dilakukan pengenceran berseri sampai 10^{-2} dan 10^{-3} , kemudian 0,1 ml suspensi dibiakkan dengan cara disebar menggunakan spatula pada medium *potato dextrose agar* (PDA).

Isolasi cendawan endofit

Isolasi cendawan endofit dilakukan mengacu pada metode sterilisasi permukaan oleh Mirsam *et al.* (2016) yang telah dimodifikasi pada penggunaan konsentrasi NaOCl. Daun dan batang dipotong dengan ukuran 1-2 cm dan dibersihkan dengan air mengalir sampai bebas dari kotoran. Selanjutnya, dilakukan sterilisasi permukaan dengan direndam dalam NaOCl 2% selama 2 menit, lalu alkohol 70% selama 2 menit dan selanjutnya dibilas dengan akuades steril sebanyak 3 kali. Sampel yang sudah disterilisasi permukaan, kemudian dipotong lebih kecil dan diletakkan pada media PDA. Kontrol keberhasilan sterilisasi permukaan yaitu dengan meletakkan potongan daun yang telah disterilisasi permukaan pada media PDA. Jika selama 24 jam di sekitar sampel tanaman tidak menunjukkan adanya

pertumbuhan mikroba, sterilisasi permukaan dikatakan berhasil. Pengamatan dilakukan setelah 3-5 hari, selanjutnya isolat cendawan yang tumbuh dimurnikan.

Koloni cendawan yang tumbuh pada media biakan, selanjutnya dihitung menggunakan *colony counter*. Cendawan tersebut kemudian diambil dan dimurnikan berdasarkan karakter bentuk dan warna koloninya. Masing-masing jenis disimpan pada media PDA sebagai bahan stok.

Jumlah Koloni.

Perhitungan koloni cendawan yang tumbuh pada media PDA mengacu pada metode [Maturin and Peeler \(2001\)](#) yaitu penghitungan secara langsung dengan menggunakan teknik hitung cawan (HC) atau disebut juga sebagai *Total Plate Count*. Metode ini dilakukan dengan memilih cawan petri yang mempunyai koloni 25 – 250 koloni atau 30 – 300 koloni, kemudian dihitung dengan menggunakan rumus:

$$N = \frac{\Sigma C}{[(1 \times n1) + (0.1 \times n2)] \times (d)}$$

Keterangan: N = jumlah koloni per gram (CFU/gr); ΣC = total koloni dari semua cawan yang dihitung; n1= jumlah koloni pada cawan sampel pertama; n2= jumlah koloni pada cawan sampel kedua; d= tingkat pengenceran yang diperoleh dari cawan yang pertama dihitung.

Uji patogenesis cendawan dan pengaruhnya terhadap perkecambahan benih padi secara in-vitro

Pengujian patogenesis dilakukan dengan metode *blotter test*. Isolat cendawan diuji patogenesisnya menggunakan kecambah benih padi varietas Inpari 30 sebagai indikator. Sterilisasi permukaan benih padi mengacu pada metode [Matić et al. \(2014\)](#) yang dimodifikasi pada suhu dan waktu. Benih padi disteril permukaan dengan larutan klorok 2% selama 5 menit dan dibilas dengan akuades steril 3 kali. Selanjutnya, benih direndam dalam akuades steril dengan suhu 50 °C selama 20 menit. Benih dikeringanginkan di atas tisu steril dan ditumbuhkan dalam cawan petri yang telah ditumbuhi oleh cendawan berumur 7 hari sebanyak 25 butir tiap petri. Cawan petri dimasukkan ke dalam plastik tahan panas yang sebelumnya telah disterilkan, kemudian ujungnya diikat dengan karet gelang. Benih diinkubasi selama 1 minggu pada suhu ruang. Kontrol menggunakan benih yang ditumbuhkan pada media PDA steril. Pengamatan dilakukan dengan menghitung

persentase kecambah benih normal. Isolat cendawan yang menyebabkan kecambah abnormal dan gejala nekrotik merupakan isolat yang bersifat patogenik dan/atau potensial patogenik.

Parameter Pengamatan terhadap Viabilitas dan Vigor Benih Padi

Pengamatan perkecambahan benih mengacu pada metode yang direkomendasikan oleh ([ISTA 2018](#)), yaitu dengan parameter pengamatan potensi tumbuh, daya kecambah, kecepatan tumbuh, kesempakan tumbuh, indeks vigor, laju perkecambahan, dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 50% total pemunculan kecambah.

Potensi tumbuh merupakan persentase munculnya kecambah yang dihitung berdasarkan jumlah benih yang tumbuh pada pengamatan hari ke-7 terhadap benih yang diuji. Rumus yang digunakan adalah

$$PT = \frac{\Sigma \text{benih yang berkecambah}}{\Sigma \text{benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

Daya kecambah menggambarkan viabilitas potensial benih ([Sadjad et al. 1993](#)), dihitung berdasarkan persentase kecambah normal pada hitungan pertama (hari ke-5) (KNI) dan hitungan kedua (hari ke-7) (KNII) setelah benih dikecambahkan. Daya kecambah dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$DK = \frac{\Sigma KNI + \Sigma KNII}{\Sigma \text{benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

Pengamatan Kecepatan Tumbuh (KCT) (%/etmal) terhadap kecambah normal dilakukan setiap hari dan dihitung dengan rumus:

$$KCT = \frac{n1}{D1} + \frac{n2}{D2} + \dots + \frac{n7}{D7}$$

Keterangan : n= persentase kecambah normal setiap pengamatan (%); D= waktu pengamatan setelah tanam/ 24 jam (etmal)

Pengamatan Kecerempakan Tumbuh (Kst) dilakukan pada hari ke-6 setelah dikecambahkan. Rumus yang digunakan adalah :

$$Kst = \frac{\Sigma \text{kecambah normal antara pengamatan I dan II}}{\Sigma \text{benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

Penilaian Indeks Vigor (IV) dilakukan dengan menghitung persentase kecambah normal yang muncul pada pengamatan hitungan pertama (5 hst) ini. Rumus yang digunakan adalah :

$$IV = \frac{\sum \text{kecambah normal}}{\sum \text{benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

Laju perkecambahan dapat diukur dengan cara menghitung dari jumlah hari benih berkecambah, adapun rumusnya sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata hari} = \frac{N1T1 + N2T2 + \dots + NxTx}{\sum \text{total benih yang berkecambah}}$$

keterangan: N= Jumlah benih yang berkecambah setiap hari; T= Jumlah waktu antara awal pengujian sampai dengan akhir dari interval tertentu suatu pengamatan.

T50 adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai 50% total pemunculan kecambah, diamati dengan menghitung jumlah benih yang berkecambah setiap hari. T50 menggambarkan vigor benih, dihitung dengan rumus:

$$KCT = t_i + \left(\frac{n50\% - n_i}{n_j - n_i} \right) (t_j - t_i)$$

Keterangan: t_i = waktu antara, pada saat atau sebelum benih berkecambah 50%; t_j = waktu antara, setelah benih berkecambah 50%; $n50\%$ = jumlah benih berkecambah (50% dari total benih yang berkecambah); n_j = jumlah benih berkecambah pada waktu t_j ; n_i = jumlah benih berkecambah pada waktu t_i .

3. Hasil

Eksplorasi Cendawan

Sebanyak 19 isolat cendawan yang berhasil diisolasi dan dimurnikan dari daerah rhizosfer serta endofit batang dan daun tanaman kelor. Hasil isolasi menunjukkan bahwa jumlah koloni cendawan paling tinggi diperoleh dari daerah rhizosfer. Jumlah koloni cendawan pada pengenceran 10^{-2} dan 10^{-3} yang berasal dari rhizosfer, endofit daun, dan endofit batang berturut-turut sebesar $2,34 \times 10^6 \text{ cfu/g}(10^{-2})$ dan $1,84 \times 10^7 \text{ cfu/g}(10^{-3})$; $8,65 \times 10^5 \text{ cfu/g}(10^{-2})$ dan $5,40 \times 10^6 \text{ cfu/g}(10^{-3})$; serta $7,60 \times 10^5 \text{ cfu/g}(10^{-2})$ dan $6,80 \times 10^6 \text{ cfu/g}(10^{-3})$ (Tabel 1).

Tabel 1. Jumlah koloni cendawan rhizosfer dan endofit dari tanaman kelor

Kode Isolat	Asal	Faktor pengenceran (cfu/g)	
		10^{-2}	10^{-3}
RF	Rhizosfer	$2,34 \times 10^6$	$1,84 \times 10^7$
EDF	Endofit daun	$8,65 \times 10^5$	$5,40 \times 10^6$
EDFbt	Endofit batang	$7,60 \times 10^5$	$6,80 \times 10^6$

Pengaruh Cendawan Rhizosfer dan Endofit terhadap Pertumbuhan Kecambah Padi

Sebagian besar isolat cendawan memberikan efek positif terhadap pertumbuhan kecambah padi dibandingkan dengan kontrol. Isolat cendawan RF1, RF3, RF4, RF7, RF8, EDF1, EDF2, EDF3, EDF5, EDF6, EDFbt2, EDFbt3, dan EDFbt4 memperlihatkan rata-rata panjang kecambah yang lebih tinggi dari kontrol, sedangkan pada parameter panjang radikula, hanya isolat RF2, EDF3, EDF7, dan EDFbt1 yang memperlihatkan nilai $\leq$ nilai control (Tabel 2).

Pengaruh Cendawan Rhizosfer dan Endofit terhadap Vigor Benih Padi

Hasil pengujian menunjukkan isolat RF2 menyebabkan semua benih berkecambah abnormal dan menyebabkan nekrotik sehingga digolongkan sebagai cendawan patogenik, sedangkan pada isolat RF5, RF6, RF8 dan EDF6 memperlihatkan beberapa benih masih berkecambah normal dan menyebabkan nekrotik sehingga diklasifikasikan sebagai cendawan potensial patogenik (Tabel 3). Selain itu, isolat cendawan yang memiliki potensi sebagai penginduksi perkecambahan benih padi dengan persentase kecambah normal kuat diatas 50% adalah isolat RF3, RF4, EDF1, EDF2, EDF3, EDF6, dan EDFbt3 (Tabel 3).

Sebanyak 4 dari 19 isolat cendawan yang telah diuji memperlihatkan pengaruh positif terhadap potensi tumbuh dan indeks vigor benih padi dengan nilai $\geq 90\%$ yaitu isolat RF4, EDF1, EDF2, EDFbt3 dan kontrol (Tabel 4 dan Gambar 1). Isolat-isolat tersebut tidak hanya memberikan efek positif terhadap viabilitas benih padi, tetapi beberapa di antaranya juga memberikan efek perkecambahan benih yang tidak normal/abnormal, terutama isolat-isolat yang pada awalnya menyebabkan benih berkecambah dengan sangat baik namun kemudian mengalami nekrotik seperti isolate RF2, RF5, RF6, RF8 dan EDF6.

Tabel 2. Pengaruh isolat cendawan rhizosfer dan endofit terhadap pertumbuhan kecambah padi hari ke-7.

No.	Kode Isolat	Asal	Parameter pengamatan (rerata±sd)	
			Panjang kecambah	Panjang radikula
1	RF1	Rhizosfer	2,15±1,46	0,48±0,38
2	RF2	Rhizosfer	0,00±0,00	0,00±0,00
3	RF3	Rhizosfer	3,19±1,43	0,28±0,20
4	RF4	Rhizosfer	3,27±1,19	0,31±0,23
5	RF5	Rhizosfer	0,98±0,69	0,20±0,17
6	RF6	Rhizosfer	1,34±1,17	0,22±0,21
7	RF7	Rhizosfer	1,89±1,21	0,20±0,19
8	RF8	Rhizosfer	2,03±1,14	0,46±0,34
9	EDF1	Endofit daun	2,53±1,37	0,30±0,25
10	EDF2	Endofit daun	2,98±1,01	0,39±0,29
11	EDF3	Endofit daun	2,05±1,18	0,16±0,13
12	EDF4	Endofit daun	1,21±0,74	0,27±0,20
13	EDF5	Endofit daun	1,84±1,15	0,26±0,26
14	EDF6	Endofit daun	2,37±1,62	0,50±0,39
15	EDF7	Endofit daun	1,65±0,92	0,12±0,12
16	EDFbt1	Endofit batang	1,43±1,18	0,13±0,17
17	EDFbt2	Endofit batang	2,10±1,26	0,34±0,21
18	EDFbt3	Endofit batang	3,97±1,36	0,39±0,17
19	EDFbt4	Endofit batang	2,74±1,31	0,43±0,27
20	Kontrol	-	1,76±0,75	0,16±0,11

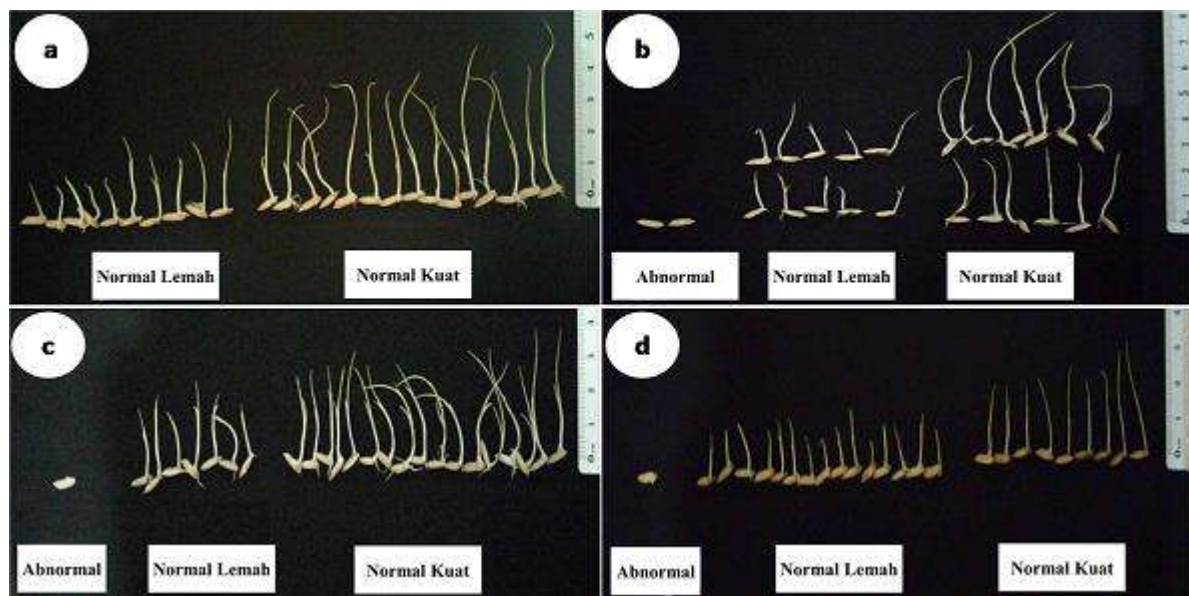
Tabel 3. Pengaruh isolat cendawa rhizosfer dan endofit terhadap vigor benih padi pada hari ke-7.

Kode Isolat	Parameter pengamatan (%)			
	Abnormal	Normal kuat	Normal lemah	Nekrotik
RF1	28,00	40,00	32,00	-
RF2	100,00	0,00	0,00	+
RF3	12,00	68,00	20,00	-
RF4	0,00	60,00	40,00	-
RF5	32,00	4,00	64,00	+
RF6	32,00	32,00	36,00	+
RF7	20,00	44,00	36,00	-
RF8	12,00	32,00	56,00	+
EDF1	8,00	52,00	40,00	-
EDF2	4,00	68,00	28,00	-
EDF3	24,00	52,00	24,00	-
EDF4	24,00	4,00	72,00	-
EDF5	16,00	28,00	56,00	-
EDF6	36,00	52,00	12,00	+
EDF7	16,00	28,00	56,00	-
EDFbt1	36,00	28,00	36,00	-
EDFbt2	16,00	40,00	44,00	-
EDFbt3	0,00	76,00	24,00	-
EDFbt4	12,00	36,00	52,00	-
Kontrol	4,00	36,00	60,00	-

Tabel 4. Pengaruh isolat cendawa rhizosfer dan endofit terhadap PT, DK, KCT, Kst, IV, LK, dan T50 benih padi.

Kode isolate	Parameter pengamatan						
	PT (%)	DK (%)	KCT (%/etmal)	Kst (%)	IV (%)	LK (rerata hari)	T50 (hari)
RF1	76,00	64,00	32,59	56,00	72,00	5,47	5,55
RF2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RF3	88,00	60,00	42,70	68,00	88,00	5,23	5,60
RF4*	96,00*	64,00	47,78	76,00	92,00*	5,17	5,55
RF5	76,00	60,00	27,06	48,00	68,00	5,84	7,00
RF6	76,00	64,00	26,39	44,00	68,00	5,89	7,00
RF7	84,00	72,00	32,60	48,00	80,00	5,71	7,00
RF8	92,00	60,00	47,21	76,00	88,00	5,09	5,45
EDF1*	92,00*	64,00	45,08	68,00	92,00*	5,22	5,60
EDF2*	96,00*	68,00	47,11	72,00	96,00*	5,21	5,55
EDF3	88,00	72,00	33,84	52,00	76,00	5,73	6,11
EDF4	84,00	68,00	28,87	40,00	76,00	5,95	7,00
EDF5	92,00	60,00	44,08	68,00	84,00	5,35	5,55
EDF6	72,00	56,00	33,35	52,00	64,00	5,33	5,56
EDF7	88,00	68,00	38,10	56,00	84,00	5,50	5,89
EDFbt1	64,00	56,00	27,28	44,00	64,00	5,50	7,00
EDFbt2	84,00	60,00	38,20	60,00	84,00	5,38	5,78
EDFbt3*	100,00*	68,00	46,89	72,00	96,00*	5,32	5,80
EDFbt4	88,00	76,00	33,17	48,00	88,00	5,77	7,00
Kontrol	100,00	72,00	42,62	68,00	96,00	5,52	6,00

Keterangan: PT, potensi tumbuh; DK, daya kecambah; KCT, kecepatan tumbuh; Kst, keserempakan tumbuh; IV, indeks vigor; LK, laju kecambah; dan T50, Waktu yang dibutuhkan benih untuk mencapai perkecambahan 50%. Tanda (*) isolat cendawan yang konsisten memberikan pengaruh positif terhadap viabilitas dan vigor benih benih dengan nilai $\geq 90\%$, serta tidak menyebabkan nekrotik.



Gambar 1. Pengaruh isolate cendawan terhadap viabilitas dan vigor benih padi. a, isolate RF4; b, isolate EDF1; c, isolate EDF2; d, kontrol

4. Pembahasan

Jumlah koloni cendawan rizosfer yang diperoleh dari hasil isolasi tanaman kelor cenderung lebih banyak dan beragam dibandingkan cendawan endofit. Hasil tersebut selaras dengan teori yang menyatakan jenis mikroorganisme yang hidup pada daerah perakaran lebih padat dan beragam dibanding jumlah mikroorganisme dalam jaringan tanaman yang hidup terbatas di ruang inter-seluler sel tanam saja. Selain itu, banyaknya jumlah cendawan yang diperoleh dari hasil isolasi daerah perakaran diduga karena adanya eksudat akar yang dihasilkan oleh tanaman yang diketahui dapat menstimulasi perkembangan mikroba di daerah tersebut. Menurut [Syahputra et al. \(2017\)](#) keberadaan berbagai spesies cendawan dalam rhizosfer tanah pertanian disebabkan oleh beberapa faktor, seperti ketersediaan nutrisi berupa senyawa-senyawa organik dalam bentuk sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati. Senyawa-senyawa organik tersebut memberi keuntungan spesies-spesies cendawan untuk tumbuh dan berkembangbiak dalam rizosfer tanah.

Kemampuan beberapa cendawan baik cendawan rhizosfer maupun endofit dalam memacu pertumbuhan tanaman melalui mekanisme secara langsung maupun tidak langsung. Mekanisme secara langsung dilakukan dengan melibatkan produksi senyawa-senyawa pengatur tumbuh ([Bhagobaty & Joshi 2009](#); [Waqas et al. 2012](#)) atau meningkatkan ketersediaan nutrisi yang terbatas untuk peningkatan pertumbuhan tanaman, sedangkan mekanisme secara tidak langsung dilakukan melalui penekanan terhadap mikroba patogen ([Gao et al. 2010](#); [de Fávoro et al. 2012](#)).

Cendawan endofit memiliki kemampuan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman bergantung pada sejumlah metabolit pemacu pertumbuhan yang dihasilkan. Beberapa penelitian melaporkan bahwa zat pemacu pertumbuhan seperti giberelin, auksin, dan sitokinin diproduksi oleh cendawan endofit ([Dai et al. 2008](#); [Hamayun et al. 2010](#); [Khan et al. 2012](#)). Peningkatan pertumbuhan tanaman oleh cendawan endofit diduga disebabkan pula oleh adanya peningkatan jumlah akar rambut, percabangan akar rambut, dan akar-akar lateral sehingga jangkauan perakaran tanaman akan lebih luas dan lebih dalam.

Berdasarkan respons benih yang telah diuji maka cendawan endofit dan rhizosfer dapat diklasifikasikan sebagai cendawan patogenik, potensial patogenik, dan non-patogen. Beberapa isolat cendawan yang diuji menunjukkan gejala nekrotik dan potensi perkecambahan yang rendah sehingga dapat digolongkan sebagai cendawan potensial patogenik ataupun patogenik. Oleh

karena itu isolat RF2 digolongkan sebagai cendawan patogenik, sedangkan pada isolat RF5, RF6, RF8 dan EDF6 diklasifikasikan sebagai cendawan potensial patogenik. [Irawati et al. \(2017\)](#) menjelaskan bahwa cendawan dapat diklasifikasikan sebagai patogenik dan/atau potensial patogenik dilihat dari pengaruhnya terhadap viabilitas dan vigor benih, dimana cendawan patogenik dapat menyebabkan benih tidak dapat berkecambah, sedangkan cendawan potensial patogenik masih dapat menyebabkan benih berkecambah tetapi pertumbuhannya tidak normal (abnormal).

Isolat RF3, RF4, EDF1, EDF2, EDF3, EDF6, dan EDFbt3 mampu memacu perkecambahan benih padi dengan memperlihatkan sistem perakaran, hipokotil, dan plumula yang baik dan sempurna. Menurut [Kartika \(2013\)](#) ciri-ciri kecambah yang tumbuh normal adalah kecambah yang sistem akar, hipokotil, plumula, dan kotiledonnya berkembang dengan baik/sempurna tanpa adanya kerusakan atau kelainan pada jaringan-jaringannya. Beberapa kondisi pengamatan pertumbuhan kecambah yang abnormal, pada awal pertumbuhan terdapat benih yang tumbuh hampir sama hingga jauh lebih besar dari perlakuan kontrol, namun setelah pengamatan 5–7 hari umumnya kecambah yang mulai tumbuh tersebut akan mengalami nekrotik. Beberapa gambaran kondisi nekrotik benih yang ditumbuhkan pada koloni cendawan tampak seperti Gambar 2.



Gambar 2. Gejala nekrotik pada kecambah padi abnormal

Teknik perkecambahan benih yang diintegrasikan dengan perlakuan cendawan endofit dan rizosfer secara nyata mampu memperbaiki dan meningkatkan mutu benih padi dibandingkan dengan kontrol. Cendawan rhizosfer dan endofit yang digolongkan sebagai *plant growth-promoting fungi* (PGPF) memiliki kemampuan melarutkan fosfat serta menghasilkan IAA, siderofor, selulase, kitinase, dan senyawa lainnya. Senyawa-senyawa tersebut dapat bertindak langsung ataupun tidak langsung terhadap pemacu pertumbuhan tanaman

serta dapat menginduksi ketahanan tanaman tersebut (Muslim *et al.* 2019; Zhang *et al.* 2018; Jogaiah *et al.* 2013). PGPF mampu mengkolonisasi akar yang dianggap sebagai mekanisme pertama dan terpenting yang terlibat dalam membantu penyerapan nutrisi serta pencegahan infeksi patogen (Hossain *et al.* 2017; Zhang *et al.* 2018; Murali *et al.* 2013).

5. Kesimpulan

Sebanyak empat isolat cendawan yang telah terseleksi konsisten memberikan pengaruh positif terhadap viabilitas dan vigor benih dengan nilai $\geq 90\%$, serta tidak menyebabkan nekrotik, yaitu isolat RF4, EDF1, EDF2, dan EDFt3.

6. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Universitas Cokroaminoto Palopo atas dukungan pendanaan penelitian ini yang merupakan bagian dari hibah Penelitian Dosen Pemula UNCP tahun pendanaan 2017.

7. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

8. Daftar Pustaka

- Afandhi A, Choliq FA, Anggrilika W.S. H, Tarno H. 2018. Distribution of the Endophytic Fungi in Apple Leaves. *AGRIVITA J Agric Sci.* 40(1). doi:10.17503/agrivita.v40i1.1563. <https://agrivita.ub.ac.id/index.php/agrivita/article/view/1563>.
- Agusta A. 2009. BIOLOGI & KIMIA jamur endofit. Bandung: ITB Press. http://bioscientiae.tripod.com/v1n1/v1_n1_ajizah.PDF.
- Agustiansyah; Ilyas, S; Sudarsono; Machmud M. 2013. Perlakuan Benih dengan Agen Hayati dan Pemupukan P untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman, Hasil, dan Mutu Benih Padi. *Indones J Agron.* 41(2). doi:10.24831/jai.v41i2.7512.
- Arinasa IBK. 2016. Pengaruh Konsentrasi Rootone-F dan Panjang Setek pada Pertumbuhan Begonia tuberosa Lmk. *J Hortik.* 25(2):142. doi:10.21082/jhort.v25n2.2015.p142-149.
- Bhagobaty R, Joshi S. 2009. Promotion of seed germination of Green gram and Chick pea by *Penicillium verruculosum* RS7PF, a root endophytic fungus of *Potentilla fulgens* L. *Adv Biotech.* 8(12):7-15.
- Dai CC, Yu BY, Li X. 2008. Screening of endophytic fungi that promote the growth of *Euphorbia pekinensis*. *African J Biotechnol.* 7(19):3505-3510. doi:10.5897/AJB07.738.
- Damayanti. 2013. Kelimpahan dan potensi cendawan endofit untuk menekan penyakit kuning pada tanaman cabai (. Institut Pertanian Bogor.
- Dewi RS, Giyanto G, Sinaga MS, Dadang D, Nuryanto B. 2020. Bakteri Agens Hayati Potensial terhadap Patogen Penting pada Padi. *J Fitopatol Indones.* 16(1):37-48. doi:10.14692/jfi.16.1.37-48.
- de Fávoro LCL, de Sebastianes FLS, Araújo WL. 2012. *Epicoccum nigrum* P16, a sugarcane endophyte, produces antifungal compounds and induces root growth. *PLoS One.* 7(6). doi:10.1371/journal.pone.0036826.
- Gao FK, Dai CC LX. 2010. Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens. *African J Microbiol Res.* 4(13):1346-1351.
- Hamayun M, Khan SA, Khan AL, Tang DS, Hussain J, Ahmad B, Anwar Y, Lee IJ. 2010. Growth promotion of cucumber by pure cultures of gibberellin-producing *Phoma* sp. GAH7. *World J Microbiol Biotechnol.* 26(5):889-894. doi:10.1007/s11274-009-0248-3.
- Hossain MM, Sultana F, Hyakumachi M. 2017. Role of ethylene signalling in growth and systemic resistance induction by the plant growth-promoting fungus *Penicillium viridicatum* in *Arabidopsis*. *J Phytopathol.* 165(7-8):432-441. doi:10.1111/jph.12577.
- Irawati AFC, Mutaqin KH, Suhartono MT, Sastro Y, Sulastri N, Widodo N. 2017. Eksplorasi dan Pengaruh Cendawan Endofit yang Berasal dari Akar Tanaman Cabai Terhadap Pertumbuhan Benih Cabai Merah. *J Hortik.* 27(1):105. doi:10.21082/jhort.v27n1.2017.p105-112.
- ISTA. 2018. International Rules for Seed Testing 2018. Int Rules Seed Test.
- Jogaiah S, Abdelrahman M, Tran LSP, Shin-Ichi I. 2013. Characterization of rhizosphere fungi that mediate resistance in tomato against bacterial wilt disease. *J Exp Bot.* 64(12):3829-3842. doi:10.1093/jxb/ert212.
- Kartika T. 2013. Viabilitas, parameter, dan tolok ukur viabilitas benih. In: Widajati, E., E. Murniati, E.R. Palupi, T. Kartika, M.R. Suhartanto AQ, editor. *Dasar Ilmu dan Teknologi Benih*. Bogor: IPB Press.

- Khan SA, Hamayun M, Khan AL, Lee I jung, Shinwari ZK, Kim J guk. 2012. Isolation of plant growth promoting endophytic fungi from dicots inhabiting coastal sand dunes of korea. *Pakistan J Bot.* 44(4):1453–1460.
- Kurniawati S, Mutaqin KH, . G. 2016. Eksplorasi Dan Uji Senyawa Bioaktif Bakteri Agensia Hayati Untuk Pengendalian Penyakit Kresek Pada Padi. *J Hama Dan Penyakit Tumbuh Trop.* 15(2):170. doi:10.23960/j.hptt.215170-179.
- Marpaung AE, Hutabarat RC. 2016. Respons Jenis Perangsang Tumbuh Berbahan Alami dan Asal Setek Batang Terhadap Pertumbuhan Bibit Tin (*Ficus carica* L.). *J Hortik.* 25(1):37. doi:10.21082/jhort.v25n1.2015.p37-43.
- Matić S, Spadaro D, Garibaldi A, Gullino ML. 2014. Antagonistic yeasts and thermotherapy as seed treatments to control *Fusarium fujikuroi* on rice. *Biol Control.* 73:59–67. doi:10.1016/j.biocontrol.2014.03.008.
- Maturin L, Peeler J. 2001. Aerobic Plate Count. In: *Bacteriological Analytical Manual Online*. Center for Food Safety and Applied Nutrition. In: *Bacteriological Analytical Manual Online*. Center for Food Safety and Applied Nutrition. Washington DC: US Food and Drug Administration.
- Mirsam H, Munif A, Rahim YF, Rosya A, Rusae A, Palopo C, Pertanian Bogor I, Perlindungan D, Pangan T, Endonusa E, et al. 2016. Potensi Bakteri Antagonis Dari Tumbuhan Kirinyuh Sebagai Agens Hayati Dan Penginduksi Pertumbuhan Tanaman. In: Suaedi, Ma'rufi, M. Ilyas, R. Junaid, S. Sainuddin, N.W. Ashari, F. Basir, Fitriani, Salwah, Taufiq MI, editor. *Prosiding Seminar Nasional*. Vol. 02. Palopo.
- Mirsam H, Munif A, Rahim YF, Rosya A, Rusae A. 2016. Potensi Bakteri Antagonis Dari Tumbuhan Kirinyuh Sebagai Agens Hayati Dan Penginduksi Pertumbuhan Tanaman. In: Suaedi, Ma'rufi, Ilyas M, Junaid R, Sainuddin S, Ashari NW, Basir F, Fitriani, Salwah, Taufiq, et al., editors. *Seminar Nasional UNCP: "Kesiapan Daerah Menghadapi Masyarakat Ekonomi Asean (MEA)"* 2016. Palopo: Universitas Cokroaminoto Palopo. p. 858–896.
- Mirsam H, Rosya A, Rahim YF, Rusae A, Munif A. 2015. Eksplorasi Cendawan Antagonis dari Tanaman Kirinyuh (*Chromolaena odorata* L.) sebagai Agens Hayati dan Pemacu Pertumbuhan. In: Nawangsih AA, Munif A, Nurmansyah A, Tondok ET, Ratna ES, Kurniawati F, Giyanto, Harahap IS, Maryana N, Pudjianto, et al., editors. *Seminar Nasional Perlindungan Tanaman II: "Strategi Perlindungan Tanaman dalam Memperkuat Sistem Pertanian Menghadapi ASEAN Free Trade Area (AFTA) dan ASEAN Economic Community (AEC)"* 2015. Bogor: Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. p. 167–175.
- Murali M, Sudisha J, Amruthesh KN, Ito SI, Shetty HS. 2013. Rhizosphere fungus *Penicillium chrysogenum* promotes growth and induces defence-related genes and downy mildew disease resistance in pearl millet. *Plant Biol.* 15(1):111–118. doi:10.1111/j.1438-8677.2012.00617.x.
- Muslim A, Hyakumachi M, Kageyama K, Suwandi S. 2019. Induction of systemic resistance in cucumber by hypovirulent binucleate rhizoctonia against anthracnose caused by *colletotrichum orbiculare*. *Trop Life Sci Res.* 30(1):109–122. doi:10.21315/tlsr2019.30.1.7.
- Nurfadillah. 2016. Uji potensi dan kompatibilitas bakteri agens hayati untuk pengendalian *pyricularia oryzae* penyebab penyakit blas pada padi. Institut Pertanian Bogor.
- Parida I, Damayanti TA, Giyanto G. 2017. Isolasi, Seleksi, dan Identifikasi Bakteri Endofit sebagai Agens Penginduksi Ketahanan Padi terhadap Hawar Daun Bakteri. *J Fitopatol Indones.* 12(6):199. doi:10.14692/jfi.12.6.199.
- Rustam. 2011. Potensi Bakteri penghasil metabolit sekunder untuk pengendalian penyakit hawar pelepah padi yang disebabkan oleh *Rhizoctonia solani* Kuhn. Institut Pertanian Bogor.
- Sadjad, s, E. Murniati dan SI. 1993. *Parameter Pengujian Vigor Benih Komparatif Ke Simulatif*. Jakarta: Grasindo.
- Safuan L, Sutariati G. 2012. Perlakuan Benih dengan Rizobakteri Meningkatkan Mutu Benih dan Hasil Cabai (*Capsicum Annuum* L.). *Indones J Agron.* 40(2).
- Singh UB, Sahu A, Sahu N, Singh BP, Singh RK, Renu, Singh DP, Jaiswal RK, Sarma BK, Singh HB, et al. 2013. Can endophytic *Arthrobotrys oligospora* modulate accumulation of defence related biomolecules and induced systemic resistance in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) against root knot disease caused by *Meloidogyne incognita*. *Appl Soil Ecol.* 63:45–56. doi:10.1016/j.apsoil.2012.08.007. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0929139312002193>.
- Syahputra MH, Anhar A, Irdawati. 2017. Isolasi *Trichoderma* spp . Dari Beberapa Rizosfer Tanaman Padi Asal Solok. *J Biosains.* 1(2):97–105.
- Waqas M, Khan AL, Kamran M, Hamayun M, Kang SM, Kim YH, Lee IJ. 2012. Endophytic fungi produce gibberellins and indoleacetic acid and promotes host-plant growth during stress.

- Molecules. 17(9):10754–10773.
doi:10.3390/molecules170910754.
- Zhang Y, Chen FS, Wu XQ, Luan FG, Zhang LP, Fang XM, Wan SZ, Hu XF, Ye JR. 2018. Isolation and characterization of two phosphate-solubilizing fungi from rhizosphere soil of moso bamboo and their functional capacities when exposed to different phosphorus sources and pH environments. PLoS One. 13(7). doi:10.1371/journal.pone.0199625.
- Zheng YK, Miao CP, Chen HH, Huang FF, Xia YM, Chen YW, Zhao LX. 2017. Endophytic fungi harbored in *Panax notoginseng*: Diversity and potential as biological control agents against host plant pathogens of root-rot disease. J Ginseng Res. 41(3):353–360. doi:10.1016/j.jgr.2016.07.005.

**AGROSAINSTEK****Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian**Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>**Research Article****Stabilitas Hasil Calon Varietas Jagung Hibrida Toleran Nitrogen Rendah*****Yield Stability of Promising Low Nitrogen Tolerance Maize Hybrid*****Slamet Bambang Priyanto^{1*}, Nolahdi Wicaksana¹, Meddy Rachmadi¹**¹Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang KM-21, Jatinangor 45363

Received: October 27, 2020 /Received in revised : June 14, 2021/ Accepted: June 18, 2021

ABSTRACT

The improvement of low nitrogen tolerant hybrid maize face on genotype x environment the genotype x environment interaction caused a genotype unable to maintain its appearance under suboptimal conditions. it caused the breeders difficult to choose varieties that are stable at optimal and suboptimal conditions. The using of simultaneous stability analysis methods can provide more authentic stability information. This study aims to 1) determine the yield stability of the promising low N tolerance hybrid maize varieties, 2) to obtain varieties that have high yield and stability and under optimal and sub-optimal conditions. This research was conducted at Bajeng Experimental farm, Gowa, South Sulawesi. The research was arranged in a split-plot design with two replications. Three levels of fertilizer N ($N_0 = 0$ kg N ha⁻¹, $N_1 = 100$ kg N ha⁻¹ and $N_2 = 200$ kg N ha⁻¹) as the main plot and 39 genotypes of maize (36 hybrids resulting from crosses of low N and 3 checks varieties Nasa 29, Bisi 18 and Jakorin 1) as the subplot. The variable measured was grain yield. The yield stability analyses were performed by Francis and Kannenberg, Finlay and Wilkinson, Eberhart and Russel, and GGE Biplot methods. The results showed that there were no genotypes stable in overall the four methods, but three genotypes considered as stable genotype based on two methods. H5, H6 and H15 genotype were the genotypes with high stability and high yield. The three genotypes had the opportunity to be released as a low Nitrogen tolerant maize hybrid.

Keywords: Hybrid maize; Low nitrogen; Yield stability.**ABSTRAK**

Perakitan varietas jagung toleran Nitrogen rendah dihadapkan pada interaksi genotipe x lingkungan. Interaksi genotipe x lingkungan mengakibatkan suatu genotipe tidak mampu mempertahankan penampilannya pada kondisi suboptimal. Hal tersebut menyulitkan pemulia dalam memilih tanaman yang stabil pada kondisi optimal dan suboptimal. Penggunaan beberapa metode analisis stabilitas secara simultan bisa memberikan informasi stabilitas yang lebih akurat. Penelitian ini bertujuan 1) mengetahui stabilitas hasil calon varietas jagung hibrida toleran N rendah, 2) Memperoleh varietas dengan stabilitas dan hasil tinggi pada kondisi lingkungan optimal dan suboptimal. Penelitian ini dilaksanakan di Kebun percobaan Bajeng Gowa, Propinsi Sulawesi Selatan. Penelitian disusun dalam rancangan petak terbagi dengan dua kali ulangan. Tiga taraf pupuk N ($N_0=0$ kg N ha⁻¹, $N_1=100$ kg N ha⁻¹ dan $N_2=200$ kg N ha⁻¹) sebagai petak utama dan 39 genotipe jagung (36 hibrida hasil persilangan galur toleran N rendah dan 3 varietas pembandingan Nasa 29, Bisi 18 dan Jakorin 1) sebagai anak petak. Variabel yang diamati adalah hasil biji pada kadar air 15%. Analisis stabilitas yang digunakan adalah metode Francis and Kannenberg, Finlay and Wilkinson, Eberhart and Russel, dan GGE Biplot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada genotipe yang stabil secara keseluruhan di keempat analisa yang digunakan, tetapi tiga genotipe stabil pada dua metode analisa stabilitas. Genotipe H5, H6 dan H15 merupakan genotipe dengan hasil dan stabilitas tinggi. Ketiga genotipe tersebut berpeluang untuk dilepas menjadi varietas jagung toleran N rendah.

Kata kunci: Jagung hibrida; Nitrogen rendah; Stabilitas hasil.

*Korespondensi Penulis.

E-mail : s.bambangpriyanto@gmail.com (SB Priyanto)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i1.203>

1. Pendahuluan

Upaya percepatan swasembada jagung melalui perluasan areal tanam menghadapi berbagai kendala. Salah satu kendala yang dihadapi dalam perluasan areal tanam jagung adalah lahan dengan kandungan nitrogen (N) rendah. Tanaman jagung umumnya ditanam di lahan tegalan yang memiliki kandungan N rendah. Menurut Patti *et al.* (2018) lahan tegalan memiliki kandungan N dalam tanah sedikit, yaitu berkisar antara 0,02-0,4 %. Kandungan N yang rendah tersebut tidak mampu memenuhi kecukupan unsur hara N yang dibutuhkan tanaman jagung.

Kebutuhan pupuk N tanaman jagung berbeda tergantung pada jenis tanaman jagung dan target hasil yang mau diperoleh. Kebutuhan N pada jagung komposit/sintetik adalah 135-150 kg N ha⁻¹ atau setara 293 – 326 kg urea ha⁻¹, sedangkan untuk jagung hibrida 200 - 225 kg N ha⁻¹ (437 – 500 kg urea ha⁻¹) untuk mencapai hasil 9 – 13 tha⁻¹ (Syafuruddin *et al.* 2008). Kekurangan pupuk N bisa berdampak pada pertumbuhan dan hasil tanaman jagung. Penurunan hasil akibat kekurangan N bisa berkisar antara 10-50% dibandingkan dengan kondisi optimal (Ajala *et al.* 2018) dan bahkan mencapai 67,13% (Herawati *et al.* 2018). Oleh karena itu perakitan varietas jagung yang toleran N rendah sangat diperlukan (Syafuruddin *et al.* 2013).

Perakitan varietas hibrida yang toleran kondisi N rendah memiliki tantangan tersendiri. Hal ini karena adanya interaksi antara genotipe dengan lingkungan, sehingga genotipe dengan hasil biji tinggi pada kondisi yang optimum belum tentu mampu mempertahankannya pada kondisi suboptimum (Weber *et al.* 2012). Pemilihan varietas dengan adaptasi luas atau spesifik lokasi sangat tergantung pada informasi mengenai interaksi antara genotipe dan lingkungan. Pemilihan varietas yang memiliki adaptasi luas berkaitan dengan stabilitas statis sedangkan varietas spesifik lokasi berkaitan dengan stabilitas dinamis (Sundari & Nugraheni 2016).

Stabilitas statis dan dinamis bisa dianalisis dengan dengan berbagai metode. Analisis Francis & Kannenberg (1978) mampu menjelaskan konsep stabilitas dinamis. Metode analisis Finlay & Wilkinson (1963) serta Eberhart & Russel (1966) mampu menjelaskan konsep stabilitas statis dan dinamis. *Genotype and Genotype by Environment* (GGE) biplot menjelaskan stabilitas statis dan dinamis. GGE biplot juga mampu menunjukkan genotipe dan lingkungan ideal serta genotipe terbaik dengan daya hasil tertinggi tiap *mega-environment* (Noerwijati *et al.* 2014; Mohammadi *et al.* 2015; Susanto *et al.* 2015). Pemilihan metode

analisis stabilitas yang digunakan sangat tergantung pada tipe varietas yang akan dihasilkan.

Penggunaan beberapa metode analisis stabilitas secara simultan bisa memberikan informasi yang lebih akurat mengenai stabilitas suatu genotipe (Belete *et al.* 2020). Pemanfaatannya sudah jamak dilakukan pada berbagai komoditas, antara lain oleh Rafii *et al.* (2012) pada kelapa sawit, Bujak *et al.* (2014) pada jagung hibrida, Mustamu *et al.* (2018) pada ubi jalar, Purbokurniawan *et al.* (2014) dan Widyastuti *et al.* (2013) pada padi serta Ogunniyan *et al.* (2018) pada tanaman kenaf. Oleh karena itu agar perakitan jagung hibrida toleran N rendah bisa efektif, perlu adanya analisis stabilitas yang dilakukan secara komprehensif agar varietas yang dilepas bisa tepat sasaran. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengetahui stabilitas hasil calon varietas jagung hibrida toleran N rendah, 2) Memperoleh varietas dengan stabilitas dan hasil tinggi pada kondisi lingkungan optimal dan suboptimal. Informasi yang didapatkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pelepasan varietas jagung hibrida produksi tinggi pada kondisi N rendah dan dapat digunakan sebagai salah satu solusi lahan suboptimal di Indonesia.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun percobaan Bajeng Balai Penelitian Tanaman Serealia Kabupaten Gowa Propinsi Sulawesi Selatan pada bulan Agustus 2019 sampai dengan Desember 2019. Penelitian disusun dalam rancangan petak terbagi dengan dua kali ulangan. Taraf pupuk N sebagai petak utama dan genotipe jagung sebagai anak petak. Taraf pupuk N yang digunakan adalah tanpa pemupukan (N0=0 kg N ha⁻¹), pemupukan N setengah optimum (N1=100 kg N ha⁻¹) dan pemupukan N optimum (N2=200 kg N ha⁻¹). Genotipe jagung yang digunakan adalah 36 hibrida hasil persilangan galur toleran N rendah dan 3 varietas pembandingan yaitu Nasa 29, Bisi 18 dan Jakorin 1 (Tabel 1).

Ukuran petak percobaan 1,5 m x 5 m, jarak tanam 75cm x 20 cm, satu tanaman/lubang sehingga terdapat 25 tanaman/baris. Pemupukan pada perlakuan N1 (100 kg N ha⁻¹) diaplikasikan satu kali yaitu pada 10 hari setelah tanam (hst) sedangkan pada perlakuan N2 (200 kg N ha⁻¹) pemupukan diaplikasikan dua kali yaitu 50 % pada umur 10 hst dan sisanya pada umur 35 hst. Takaran pupuk Pupuk P dan K masing-masing adalah 60 kg ha⁻¹ dan diberikan pada 10 hst. Pemeliharaan tanaman antara lain penyiangan, pengairan, dan pembumbunan dilakukan secara optimal.

Tabel 1. Daftar Genotipe uji

No	Hibrida	Persilangan	No	Hibrida	Persilangan
1	H1	AVLN 83-2 x AVLN 118-7	21	H21	AVLN 78-1 x AVLN 100-1
2	H2	AVLN 83-2 x AVLN 78-1	22	H22	AVLN 32-8 x AVLN 122-2
3	H3	AVLN 83-2 x AVLN 32-8	23	H23	AVLN 32-8 x AVLN 124-4
4	H4	AVLN 83-2 x AVLN 122-2	24	H24	AVLN 32-8 x AVLN 124-9
5	H5	AVLN 83-2 x AVLN 124-4	25	H25	AVLN 32-8 x AVLN 114-4
6	H6	AVLN 83-2 x AVLN 124-9	26	H26	AVLN 32-8 x AVLN 100-1
7	H7	AVLN 83-2 x AVLN 114-4	27	H27	AVLN 122-2 x AVLN 124-4
8	H8	AVLN 83-2 x AVLN 100-1	28	H28	AVLN 122-2 x AVLN 124-9
9	H9	AVLN 118-7 x AVLN 78-1	29	H29	AVLN 122-2 x AVLN 114-4
10	H10	AVLN 118-7 x AVLN 32-8	30	H30	AVLN 122-2 x AVLN 100-1
11	H11	AVLN 118-7 x AVLN 122-2	31	H31	AVLN 124-4 x AVLN 124-9
12	H12	AVLN 118-7 x AVLN 124-4	32	H32	AVLN 124-4 x AVLN 114-4
13	H13	AVLN 118-7 x AVLN 124-9	33	H33	AVLN 124-4 x AVLN 100-1
14	H14	AVLN 118-7 x AVLN 114-4	34	H34	AVLN 124-9 x AVLN 114-4
15	H15	AVLN 118-7 x AVLN 100-1	35	H35	AVLN 124-9 x AVLN 100-1
16	H16	AVLN 78-1 x AVLN 32-8	36	H36	AVLN 114-4 x AVLN 100-1
17	H17	AVLN 78-1 x AVLN 122-2	37	Nasa 29	
18	H18	AVLN 78-1 x AVLN 124-4	38	Bisi 18	
19	H19	AVLN 78-1 x AVLN 124-9	39	Jakorin 1	
20	H20	AVLN 78-1 x AVLN 114-4			

Tabel 2. Hasil analisis tanah percobaan sebelum penelitian.

Parameter	Nilai	Harkat
Tekstur		Lempung
Liat (%)	13	
Debu (%)	40	
Pasir (%)	47	
p-H air (1:2:5)	6,25	Agak Masam
KCl (1:2:5)	5,51	
C Organik (%)	0,72	Sangat rendah
Nitrogen Total (%)	0,13	Sangat rendah
C/N	6	Rendah
P Bray 1 (ppm)	110	Sangat tinggi
Kation dd (me/100 gr)		
K	0,14	Rendah
Ca	7,96	Sedang
Mg	3,30	Tinggi
Na	0,02	Sangat rendah
Al-dd (me/100 gr)	0,00	Sangat rendah
H+ (me/100 gr)	0,00	Sangat rendah
KTk (me/100 gr)	11,42	Rendah
Kejenuhan basa (%)	68,00	Tinggi

Sumber: Laboratorium Tanah BPTP Sulsel 2019

Sebelum penelitian dilakukan analisa tanah yang hasilnya disajikan pada Tabel 2. Tekstur tanah lahan tergolong lempung dengan pH 6.25. Kandungan N tanah adalah 0.13% dan C organik 0.72. termasuk dalam kategori sangat rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa lahan tersebut

memenuhi syarat untuk melaksanakan seleksi jagung hibrida N rendah

Variabel yang diamati adalah hasil biji pada kadar air 15% yang dikonversi ke satuan per hektar dengan menggunakan rumus:

$$\text{Hasil biji (t ha}^{-1}\text{)} = \frac{10.000}{\text{LP}} \times \frac{100-\text{KA}}{85} \times \text{B} \times \text{R} \div 1.000$$

Keterangan: LP = Luas panen (m²); KA = Kadar Air Saat Panen (%); B = Bobot Kupasan basah (kg); R = Rendemen

Metode analisis stabilitas dan adaptabilitas yang digunakan adalah:

a. [Francis & Kannenberg \(1978\)](#)

$$CV_i = \left(\frac{\sqrt{S_i^2}}{\bar{Y}_i} \right) \times 100\%, S_i^2 = \frac{\sum_i (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_i.)^2}{j - 1}$$

Keterangan: CV_i = koefisien keragaman, S_i² = ragam lingkungan, $\bar{Y}_{ij}$ = rata-rata hasil pada genotipe ke-i dan lingkungan ke-j, $\bar{Y}_j$ = rata-rata hasil lingkungan ke-j untuk seluruh genotipe, $\bar{Y}_i$ = rata-rata hasil genotipe ke-i pada seluruh lingkungan ke-j, $\bar{Y}$ = rata-rata hasil total genotipe, i = banyaknya genotipe j = banyaknya lingkungan.

b. [Finlay & Wilkinson \(1963\)](#)

$$b_i = \frac{\sum_j (\bar{Y}_{ij} - \bar{Y}_{i.}) - (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y})}{\sum_j (\bar{Y}_{.j} - \bar{Y})^2}$$

Keterangan: b_i = koefisien regresi, $\bar{Y}$ = rata-rata seluruh indeks lingkungan, $\bar{Y}_{i.}$ = indeks lingkungan yaitu rata-rata hasil semua genotipe pada lingkungan ke- j dikurangi rata-rata hasil seluruh percobaan,

c. [Eberhart & Russel \(1966\)](#)

$$b_i = \frac{\sum_j Y_{ij} I_j}{\sum_j I_j^2}, S_{di}^2 = \left(\frac{\sum_j \delta_{ij}^2}{j-2} - \frac{s_e^2}{r} \right)$$

Keterangan: S_{di}^2 = simpangan dari regresi, $\sum_j \delta_{ij}^2$ = simpangan gabungan, $\sum_j \delta_{ij}^2$ = galat pada anova gabungan.

d. [GGE Biplot \(Yan 2001\)](#)

$$Y_{ij} = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij} + \bar{Y}_j$$

Keterangan: $\lambda_{i1}, \lambda_{i2}$ = nilai singular Principal Component Axis (PCA) 1 dan PCA 2, ξ_{i1}, ξ_{i2} = Nilai PCA1 dan PCA 2 untuk genotipe ke- i , η_{j1}, η_{j2} = Nilai PCA1 dan PCA 2 untuk lingkungan ke- j dan ε_{ij} = nilai sisaan.

Analisis stabilitas menggunakan perangkat lunak *Genotype x Environment Analysis with R for Windows* (GEA-R) Versi 4.0 dan *Plant Breeding Tools* (PBTools) Versi 1.3.

3. Hasil

Hasil analisis ragam gabungan menunjukkan bahwa taraf nitrogen, genotipe, dan interaksi genotipe dengan nitrogen berpengaruh sangat nyata terhadap hasil (Tabel 3). Kontribusi keragaman dari masing-masing faktor terhadap variabel hasil berturut-turut adalah taraf nitrogen 34,93%, genotipe 31,80% dan interaksi hibrida x taraf nitrogen 11,79 %.

Hasil biji tertinggi pada pemupukan 0 kg N ha⁻¹ dicapai oleh genotipe H5 (5,87 t ha⁻¹) lebih tinggi dibandingkan Nasa 29 dan yang terendah pada genotipe H22 (2,26 t ha⁻¹). Genotipe H35 dengan hasil biji 7,08 t ha⁻¹ merupakan yang tertinggi pada pemupukan 100 kg N ha⁻¹ serta genotipe H31 yang terendah (2,89 t/ha). Genotipe H28 dengan hasil biji 8,52 t ha⁻¹ merupakan hibrida dengan hasil biji tertinggi di pemupukan 200 kg N ha⁻¹. sedangkan hasil biji terendah adalah genotipe H16 dengan hasil biji 3,36 t ha⁻¹. Terdapat empat genotipe dengan hasil lebih tinggi daripada ketiga pembandingan pada pemupukan 200 kg N ha⁻¹ yaitu H6, H8, H13 dan H28 (Tabel 4).

Tabel 3. Anova gabungan.

Sumber keragaman	Kuadrat Tengah	F hitung	P>F0	Kontribusi terhadap keragaman (%)
Nitrogen	165,6448	44,5586	0,00	34,93
Ulangan dalam nitrogen	3,7175	4,6701	0,00	2,35
Genotipe	7,9369	5,3927	0,00	31,80
Genotipe x Nitrogen	1,4718	1,8489	0,00	11,79
Galat	0,7960			

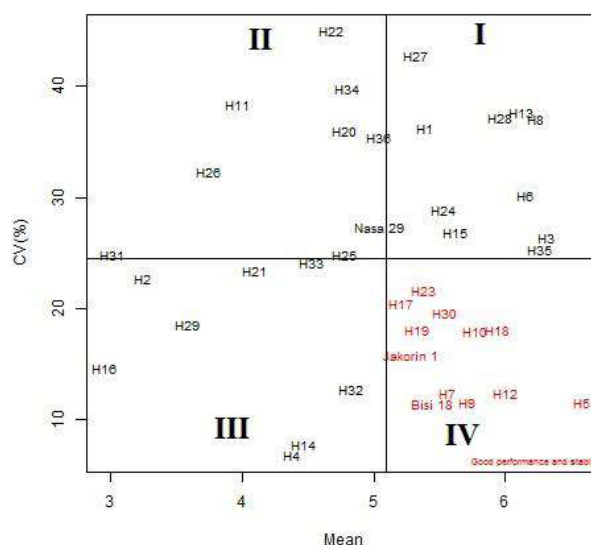
Tabel 5 memperlihatkan bahwa rata-rata hasil genotipe total adalah 5,10 t ha⁻¹. Dua puluh dua genotipe memiliki hasil biji di atas rata-rata seluruh genotipe dan tujuh belas genotipe di bawah rata-rata seluruh genotipe. Genotipe H5 memiliki hasil tertinggi yaitu 6,59 t ha⁻¹ sedangkan hasil terendah diperoleh genotipe H16 (2,96 t ha⁻¹). Varietas pembandingan Bisi 18 dan Jakorin 1 memiliki hasil di atas rata-rata seluruh genotipe sedangkan pembandingan NASA 29 dibawah rata-rata. Rata-rata nilai Koefisien Variasi (CV) seluruh genotipe adalah 24,45%. Nilai CV terendah dicapai genotipe H4 dengan nilai 6,77% dan tertinggi pada genotipe H22 dengan nilai 44,99%. Nilai CV dan hasil tiap genotipe kemudian disajikan dalam bentuk biplot CV dan hasil (Gambar 1). Biplot tersebut membagi genotipe menjadi 4 kuadran. Kuadran I berisikan genotipe yang memiliki nilai CV dan hasil di atas rata-rata yaitu H1, H3, H6, H8, H13, H15, H24, H27, H28 dan H35. Kuadran II yang terdiri dari H11, H20, H22, H25, H26, H31, H34, H36 dan Nasa 29 merupakan genotipe dengan nilai CV di atas rata-rata dan hasil di bawah rata-rata. Genotipe dengan nilai CV dan hasil biji di bawah rata-rata berada pada kuadran III. Genotipe tersebut adalah H2, H4, H14, H16, H21, H 29, H32, H33. Selanjutnya kuadran IV terdiri dari genotipe dengan CV dibawah rata-rata dan hasil diatas rata-rata yaitu genotipe H5, H7, H9, H10, H12, H17, H18, H19, H23, H30, Bisi 18 dan Jakorin 1.

Tabel 5 menunjukkan bahwa genotipe H4 dan H14 adalah genotipe dengan nilai b_i terkecil yaitu 0,2 dan 0,28 dan berbeda sangat nyata terhadap $b_i=1$. Rata-rata hasil kedua genotipe tersebut masing-masing adalah 4,38 t ha⁻¹ dan 4,47 t ha⁻¹. Genotipe dengan nilai b_i tertinggi dan berbeda nyata terhadap $b_i=1$ adalah H8, H13, H27 dengan nilai berturut-turut adalah 1,92, 1,94 dan 1,91. Hasil biji H8, H13, H27 masing-masing adalah 6,24 t ha⁻¹, 6,13 t ha⁻¹ dan 5,32 t ha⁻¹. Sebanyak dua puluh empat genotipe memiliki nilai b_i tidak berbeda dengan $b_i=1$. Genotipe dengan nilai b_i mendekati 1 adalah H10, H15, H18, H23, H30, H25, H26, H33, dan Nasa

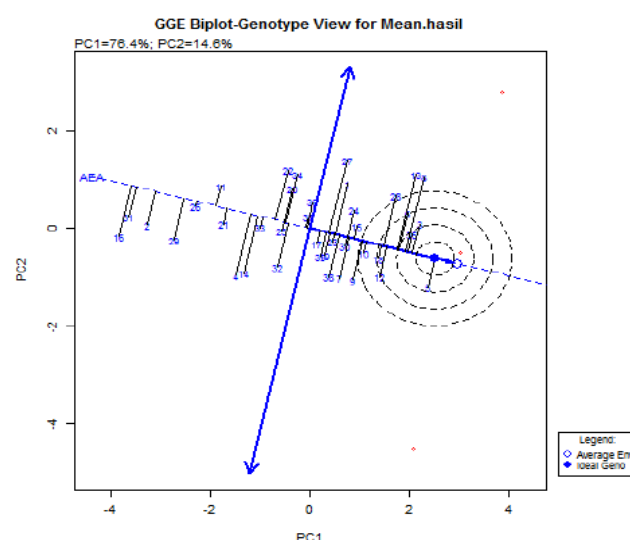
29. Genotipe H10, H15, H18, H23, H30 memiliki hasil di atas rata-rata seluruh genotipe sedangkan H25, H26, H33, Nasa 29 memiliki hasil di bawah rata-rata seluruh genotipe. Genotipe H6 dan H15 memiliki nilai bi tidak berbeda nyata dengan bi=1 dan nilai simpangan regresi (S^2_{di}) tidak berbeda dengan 0. Genotipe H6 memiliki nilai bi 1,47 dan S^2_{di} -0,06. Nilai bi dan S^2_{di} genotipe H15 berturut-turut adalah 1,15 dan -0,01.

Tabel 4. Hasil biji genotipe uji dan pembanding pada 3 taraf pemupukan N.

Hibrida	Hasil biji (t ha ⁻¹)		
	0 kg N ha ⁻¹	100 kg N ha ⁻¹	200 kg N ha ⁻¹
H1	3,49	5,29	7,40
H2	2,40	3,58	3,75
H3	4,44	6,88	7,63
H4	4,05	4,49	4,60
H5	5,87a	6,50	7,39
H6	4,70	5,51	8,25abc
H7	5,14	5,19	6,36
H8	3,73	6,70	8,28abc
H9	5,21	5,49	6,46
H10	4,65	5,96	6,69
H11	2,62	3,66	5,62
H12	5,28	5,98	6,76
H13	3,70	6,39	8,3abc
H14	4,08	4,59	4,74
H15	3,88	6,39	6,59
H16	2,50	3,01	3,36
H17	3,99	5,69	5,96
H18	5,13	5,56	7,16
H19	4,22	5,88	5,90
H20	3,20	4,54	6,61
H21	3,08	4,23	4,99
H22	2,26	5,79	6,02
H23	4,50	4,93	6,70
H24	3,91	5,60	7,10
H25	3,97	4,22	6,15
H26	2,35	4,36	4,53
H27	3,00	5,42	7,54
H28	4,51	4,87	8,52abc
H29	3,17	3,24	4,35
H30	4,33	5,85	6,44
H31	2,34	2,89	3,82
H32	4,43	4,53	5,54
H33	3,63	4,21	5,74
H34	2,86	4,87	6,68
H35	4,44	7,08	7,27
H36	3,87	4,17	7,11
Nasa 29	3,50	5,48	6,14
Bisi 18	4,73	5,77	5,84
Jakorin 1	4,40	5,40	6,06
Rata-rata	3,89	5,13	6,27
LSI 5%	1,99	1,99	1,99



Gambar 1. Biplot koefisien keragaman dan rata-rata hasil genotipe pada tiga tingkat pemupukan N.



Gambar 2. Biplot PCA stabilitas dan rata-rata hasil genotipe pada tiga tingkat pemupukan N

Gambar 2 memvisualisasikan keragaan hasil rata-rata dibandingkan dan stabilitas menurut GGE biplot. Titik tengah lingkaran pada garis *Average Environment Axis* (AEA) mempersentasikan genotipe ideal. Terdapat empat genotipe yang berdekatan dengan genotipe ideal. Keempat genotipe tersebut adalah H5 lalu diikuti oleh H35 H3 dan H6. Genotipe H16 merupakan yang terjauh dari genotipe ideal lalu diikuti oleh H31.

Tabel 5. Parameter Analisis Stabilitas

Genotipe	$\bar{Y}_i$ (t ha ⁻¹)	CV _i (%)	Si ²	S _d	b _i	S ² _{di}
H1	5,39	36,29	0,73	1,96	1,64**	-0,76
H2	3,24	22,67	5,48	0,74	0,57 ^{ns}	-0,65
H3	6,32	26,44	2,62	1,67	1,35 ^{ns}	-0,40
H4	4,38	6,77	1,6	0,3	0,24**	-0,78
H5	6,59	11,59	3,53	0,76	0,64 ^{ns}	-0,78
H6	6,15	30,16	2,36	1,86	1,47 ^{ns}	-0,06
H7	5,56	12,36	0,79	0,69	0,50*	-0,57
H8	6,24	37,04	3,28	2,31	1,92***	-0,57
H9	5,72	11,49	0,95	0,66	0,52*	-0,71
H10	5,77	17,91	0,73	1,03	0,86 ^{ns}	-0,76
H11	3,97	38,43	2,1	1,52	1,25 ^{ns}	-0,60
H12	6,01	12,36	1,45	0,74	0,62 ^{ns}	-0,79
H13	6,13	37,65	2,87	2,31	1,94***	-0,75
H14	4,47	7,8	1,32	0,35	0,28**	-0,78
H15	5,62	26,81	0,84	1,51	1,15 ^{ns}	-0,01
H16	2,96	14,63	7,44	0,43	0,36**	-0,79
H17	5,22	20,41	0,21	1,06	0,83 ^{ns}	-0,50
H18	5,95	18,04	1,26	1,07	0,85 ^{ns}	-0,53
H19	5,33	18,08	0,4	0,96	0,72 ^{ns}	-0,39
H20	4,79	35,96	0,47	1,72	1,43 ^{ns}	-0,66
H21	4,1	23,38	1,54	0,96	0,8 ^{ns}	-0,78
H22	4,69	44,99	1,57	2,11	1,60*	0,82
H23	5,38	21,62	0,31	1,16	0,91 ^{ns}	-0,45
H24	5,54	28,83	0,46	1,6	1,34 ^{ns}	-0,80
H25	4,78	24,87	0,42	1,19	0,90 ^{ns}	-0,27
H26	3,75	32,37	2,98	1,21	0,93 ^{ns}	-0,30
H27	5,32	42,72	1,25	2,27	1,91***	-0,79
H28	5,97	37,14	2,76	2,22	1,66**	1,22
H29	3,59	18,5	3,89	0,66	0,49*	-0,59
H30	5,54	19,59	0,37	1,09	0,89 ^{ns}	-0,68
H31	3,02	24,89	6,71	0,75	0,62 ^{ns}	-0,76
H32	4,83	12,73	0,6	0,62	0,46*	-0,64
H33	4,53	24,08	0,59	1,09	0,88 ^{ns}	-0,61
H34	4,81	39,82	0,65	1,91	1,61*	-0,80
H35	6,27	25,28	2,56	1,58	1,21 ^{ns}	0,09
H36	5,05	35,41	0,82	1,79	1,34 ^{ns}	0,50
Nasa 29	5,04	27,33	0,15	1,38	1,12 ^{ns}	-0,55
Bisi 18	5,44	11,44	0,65	0,62	0,47*	-0,65
Jakorin 1	5,29	15,77	0,19	0,83	0,70 ^{ns}	-0,78
Rata-rata	5,10	24,45				

Tabel 6. Ringkasan genotipe terpilih berdasarkan masing-masing kriteria stabilitas

Kriteria Stabilitas	Genotipe terpilih
Francis and Kannenberg (1978)	H5, H12
Finlay and Wilkinson (1963)	H10, H15, H18, H23, H30
Eberhart and Russel (1966)	H6, H15
GGE Biplot (Yan, 2001)	H35, H3, H6, H5

4. Pembahasan

Analisis Francis & Kannenberg

Suatu genotipe dikatakan stabil menurut [Francis & Kannenberg \(1978\)](#) adalah apabila genotipe tersebut memiliki nilai koefisien keragaman (CV) yang dibawah rata-rata dan memiliki hasil biji diatas rata-rata seluruh genotipe. Pembagian kuadran pada Gambar 1 dilakukan berdasarkan nilai CV dan hasil biji tiap-tiap genotipe ([N'zué et al. 2017](#)). Berdasarkan kuadrannya, genotipe tersebut dapat dibagi menjadi empat kelompok besar. Menurut [Kandiannan et al. \(2015\)](#), keempat kelompok tersebut adalah genotipe tidak stabil dengan daya hasil tinggi (kuadran I), genotipe tidak stabil dengan daya hasil rendah (kuadran II), genotipe stabil dengan daya hasil rendah (kuadran III) dan genotipe stabil dengan daya hasil tinggi (kuadran IV). Genotipe yang stabil menurut [Francis & Kannenberg \(1978\)](#) adalah genotipe yang berada pada kuadran IV yaitu yang memiliki nilai CV rendah dan hasil tinggi. Hal tersebut senada dengan [Norhayati et al. \(2016\)](#) dan [Sitaresmi et al. \(2020\)](#) yang menyebutkan bahwa genotipe dengan nilai CV rendah dan hasil tinggi merupakan genotipe yang bisa direkomendasikan sebagai genotipe yang stabil. Dibandingkan semua genotipe yang berada di kuadran IV. Genotipe H5 dan H12 merupakan hibrida yang paling stabil menurut Francis & Kannenberg. Hal ini karena genotipe H5 dan H12 memiliki nilai CV rendah dan hasil tinggi. Genotipe H5 memiliki nilai CV 11,59% dengan hasil 6,59 t ha⁻¹. Nilai CV dan hasil genotipe H12 masing-masing adalah 12,36% dan 6,01 t ha⁻¹.

Analisis Finlay & Wilkinson

Menurut [Finlay & Wilkinson \(1963\)](#), suatu genotipe dinyatakan stabil, apabila nilai genotipe tersebut memiliki nilai regresi (b_i)=1 dan memiliki nilai hasil di atas rata-rata seluruh genotipe. Genotipe H4 dan H14 memiliki nilai $b_i < 1$ dan berbeda nyata dengan $b_i = 1$. Genotipe tersebut memiliki memiliki stabilitas di atas rata-rata dan merupakan genotipe dengan stabilitas statis. Stabilitas statis ialah kemampuan suatu genotipe mempertahankan daya hasil secara tetap pada berbagai kondisi lingkungan ([Krisnawati et al. 2016](#)). Genotipe dengan stabilitas statis tidak responsif terhadap perubahan lingkungan dan beradaptasi baik terhadap lingkungan marginal. Genotipe tersebut sesuai untuk ditanam pada lahan marginal namun kurang sesuai pada lahan optimal. Menurut [Jambormias \(2011\)](#) dan [Kizilgeci \(2018\)](#), genotipe dengan stabilitas statis menunjukkan keragaan relatif sama baik pada lingkungan marginal maupun optimal dan umumnya memiliki

hasil yang rendah. Genotipe H8, H13, H27 memiliki nilai $b_i > 1$ dan berbeda sangat nyata dengan $b_i = 1$. Genotipe dengan nilai $b_i > 1$ merupakan genotipe dengan stabilitas di bawah rata-rata. Genotipe tersebut responsif terhadap perubahan lingkungan dan beradaptasi baik pada lingkungan yang menguntungkan. Genotipe ini dicirikan dengan hasil yang rendah pada kondisi marginal namun hasilnya akan meningkat seiring dengan peningkatan daya dukung lingkungan serta memiliki hasil tinggi pada lingkungan optimal ([Rahayu et al. 2013](#); [Pramadio et al. 2018](#)).

Genotipe H25, H26, H33, Nasa 29 memiliki nilai b_i tidak berbeda dengan $b_i = 1$ namun hasilnya di bawah rata-rata. Selanjutnya genotipe tersebut termasuk dalam kategori genotipe stabil dengan daya adaptasi rendah pada semua semua lingkungan. Genotipe H10, H15, H18, H23, H30 memiliki nilai b_i tidak berbeda dengan $b_i = 1$ dan hasil di atas rata-rata. genotipe tersebut genotipe tersebut digolongkan sebagai genotipe stabil dengan daya adaptasi tinggi pada semua lingkungan ([Lestari et al. 2012](#)). Genotipe inilah yang dikategorikan sebagai genotipe stabil menurut [Finlay & Wilkinson. Kartina et al. \(2019\)](#) dan [Prajapati & Kathiria \(2018\)](#) merekomendasikan padi yang memiliki nilai b_i tidak berbeda dengan $b_i = 1$ dan hasil diatas rata-rata sebagai padi dengan stabilitas luas.

Analisis Eberhart & Russel

Genotipe H6 dan H15 selain memiliki nilai b_i tidak berbeda nyata dengan $b_i = 1$ dan nilai S^2_{di} tidak berbeda dengan 0 juga memiliki hasil di atas rata-rata seluruh genotipe. Kedua genotipe tersebut termasuk stabil menurut Eberhart & Russel. Genotipe dengan nilai b_i yang mendekati 1 dan S^2_{di} tidak berbeda dengan 0 menunjukkan bahwa genotipe memiliki stabilitas yang tinggi pada lingkungan yang berbeda ([Sowmya et al. 2018](#); [Sitaresmi et al. 2019](#)). Hal yang sama diperoleh oleh [Kristamtini \(2016\)](#) dan [Satoto et al. \(2016\)](#) dalam menyeleksi genotipe padi yang stabil. Demikian pula yang dilakukan oleh [Yasin et al. \(2012\)](#) dan [Arunkumar et al. \(2020\)](#) pada tanaman jagung, Genotipe yang stabil menurut Eberhart & Russel termasuk ke dalam genotipe dengan stabilitas dinamis yang baik ([Rasyad & Idwar 2010](#)). Suatu genotipe apabila ditanam pada lingkungan agronomik yang berbeda dan memiliki hasil yang mampu bisa memenuhi potensi lingkungannya dinyatakan sebagai genotipe dengan stabilitas dinamik tinggi ([Alwala et al. 2010](#)).

Analisis GGE Biplot

Sumbu X (AEA) pada Gambar 2 menunjukkan rata-rata hasil biji tiap genotipe. Sumbu Y merupakan garis tegak lurus terhadap sumbu AEA dan melalui titik asal biplot yang memberikan gambaran stabilitas agronomis hibrida uji (Kendal 2016). Lebih lanjut Oral *et al.* (2018) menuturkan bahwa genotipe yang memiliki hasil lebih tinggi daripada rata-rata seluruh genotipe berada di sebelah kanan sumbu Y, sedangkan di sebelah kiri sumbu Y memiliki hasil di bawah rata-rata seluruh genotipe. Genotipe stabil adalah yang dekat dengan sumbu X dan semakin jauh jarak genotipe dari sumbu X maka semakin tidak stabil. Genotipe ideal ditunjukkan oleh titik pada sumbu AEA di posisi positif (Kendal *et al.* 2016; Badu-Apraku *et al.* 2020). Genotipe stabil merupakan genotipe terdekat dengan titik genotipe ideal ketimbang genotipe lain di biplot (Zanetta *et al.* 2015). Genotipe H35 merupakan genotipe yang stabil dan memiliki hasil tinggi. Meskipun hasil H35 lebih kecil dibanding H5 lain namun H35 lebih stabil ketimbang H5. Jarak H35 ke garis AEA lebih dekat dibandingkan jarak H5 ke garis AEA. Demikian pula H3, H6 memiliki jarak ke AEA lebih dekat dibandingkan H5. Urutan stabilitas berdasarkan GGE biplot adalah H35, H3, H6 dan H5.

Kriteria Stabilitas dari Empat Analisis Stabilitas Hasil

Ringkasan genotipe terpilih berdasarkan masing-masing kriteria stabilitas disajikan pada Tabel 6. Genotipe H5 dan H12 merupakan genotipe stabil menurut analisis stabilitas Francis & Kannenberg. Analisis stabilitas Finlay & Wilkinson menyatakan genotipe H10, H15, H18, H23 dan H30 sebagai genotipe stabil. Genotipe H6 dan H15 dinyatakan stabil oleh analisa stabilitas Eberhart & Russel. Sedangkan genotipe stabil berdasarkan GGE Biplot adalah H35, H3, H6 dan H5. Tidak terdapat genotipe yang dinyatakan stabil secara keseluruhan oleh empat analisis stabilitas tersebut. Terdapat tiga genotipe yang dinyatakan stabil pada dua analisis stabilitas. Genotipe H5 dinyatakan stabil menurut analisis Francis & Kannenberg dan GGE biplot, H6 menurut Eberhart and Russel dan GGE biplot serta H15 menurut Finlay & Wilkinson dan Eberhart & Russel. Genotipe H5, H6 dan H15 memiliki potensi hasil lebih tinggi dibandingkan rata-rata seluruh genotipe dan tergolong stabil. Ketiga genotipe tersebut berpeluang untuk dilepas menjadi varietas jagung unggul baru toleran N rendah.

5. Kesimpulan

Tidak terdapat genotipe yang stabil secara keseluruhan di keempat analisa yang digunakan, tetapi tiga genotipe stabil pada dua metode analisa stabilitas. Genotipe H5, H6 dan H15 merupakan genotipe dengan stabilitas dan hasil tinggi.

6. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

7. Daftar Pustaka

- Ajala SO, Olaniyan AB, Olayiwola MO, Job AO. 2018. Yield improvement in maize for tolerance to low soil nitrogen. *Plant Breed.* 137(2):118–126. doi:10.1111/pbr.12568.
- Alwala S, Kwolek T, McPherson M, Pellow J, Meyer D. 2010. A comprehensive comparison between Eberhart and Russell joint regression and GGE biplot analyses to identify stable and high yielding maize hybrids. *F Crop Res.* 119(2–3):225–230. doi:10.1016/j.fcr.2010.07.010.
- Arunkumar B, Gangapp E, Ramesh S, L. Savithramma D, Nagaraju N, Lokesh R. 2020. Stability Analysis of Maize (*Zea mays* L.) Hybrids for Grain Yield and Its Attributing Traits Using Eberhart and Russel Model. *Curr J Appl Sci Technol.* 39(1):52–63. doi:10.9734/cjast/2020/v39i130480.
- Badu-Apraku B, Fakorede B, Akinwale R. 2020. Application of the GGE Biplot as a Statistical Tool in the Breeding and Testing of Early and Extra-Early Maturing Maize in Sub-Saharan Africa. *Crop Breeding, Genet Genomics.* 2(3):1–39. doi:10.20900/cbagg20200012.
- Belete T, Tulu L, Senbetay T. 2020. Evaluation of finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.) Varieties at Different Locations of Southwestern Ethiopia. *J Genet Environ Resour Conserv.* 8(2):9–17.
- Bujak H, Nowosad K, Warzecha R. 2014. Evaluation of maize hybrids stability using parametric and non-parametric methods. *Maydica.* 59(2):170–175.
- Eberhart SA, Russel WA. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6(3):36–40.

- Finlay KW, Wilkinson G. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust J Agric Res. 14:742–754.
- Francis TR, Kannenberg LW. 1978. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. Can J Plant Sci. 58:1029–1034.
- Herawati, Efendi R, Azrai M. 2018. Indeks Toleransi dan Evaluasi Karakter Seleksi Jagung Hibrida pada Pemupukan Nitrogen Rendah. Penelit Pertan. 2(3):173–180.
- Jambormias E. 2011. Keragaan Grafis GGE-Biplot untuk Evaluasi Keragaan Genotipe-genotipe dan Perubahan Lingkungan Bercekaman di Pulau-Pulau Kecil. In: Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Pulau-Pulau Kecil. Universitas Pattimura. Ambon. p. 1–7.
- Kandiannan K, Anandaraj M, Prasath D, Zachariah TJ, Krishnamurthy KS. 2015. Evaluation of short and tall true turmeric (*Curcuma longa*) varieties for growth , yield and stability. Indian J Agric Sci. 85(5):718–720.
- Kartina N, Purwoko BS, Dewi IS, Wirnas D, Sugiyanta. 2019. Genotype by environment interaction and yield stability analysis of doubled haploid lines of upland rice. Sabrao J Breed Genet. 51(2):191–204.
- Kendal E. 2016. GGE Biplot Analysis of Multi-Environment Yield Trials in Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars. Ekin J Crop Breed Genet. 2(1):90–99.
- Kendal E, Sayar M, Tekdal S, Aktas H, Karaman M. 2016. Assessment of the Impact of Ecological Factors on Yield and Quality Parameters in Triticale Using Gge Biplot and Ammi Analysis. Pak J Bot. 48(5):1903–1913.
- Kizilgeci F. 2018. Assessing the yield stability of nineteen chickpea (*Cicer Arietinum* L.) genotypes grown under multiple environments in south-eastern Anatolia, Turkey. Appl Ecol Environ Res. 16(6):7989–7997. doi:10.15666/aeer/1606_79897997.
- Krisnawati A, Basunanda P, Nasrullah N, Adie MM. 2016. Analisis Stabilitas Hasil Genotipe Kedelai Menggunakan Metode Additive Main Effect and Multiplicative Interaction (AMMI). Inform Pertan. 25(1):41. doi:10.21082/ip.v25n1.2016.p41-50.
- Kristamtini. 2016. Stabilitas dan Adaptabilitas Varietas Padi Merah Lokal Daerah Istimewa Yogyakarta. Bul Plasma Nutfah. 16(2):103. doi:10.21082/blpn.v16n2.2010.p103-106.
- Lestari AP, Lubis E, Supartopo, Suwarno. 2012. Keragaan Karakter Agronomi dan Stabilitas Hasil Padi Gogo Pada Sembilan Lokasi Percobaan. J Ilmu Pertan dan Perikan. 1(1):1–7.
- Mohammadi R, Farshadfar E, Amri A. 2015. Interpreting genotype × environment interactions for grain yield of rainfed durum wheat in Iran. Crop J. 3(6):526–535. doi:10.1016/j.cj.2015.08.003. http://dx.doi.org/10.1016/j.cj.2015.08.003.
- Mustamu YA, Tjintokohadi K, Grüneberg WJ, Karuniawan A, Ruswandi D. 2018. Selection of superior genotype of sweet-potato in Indonesia based on stability and adaptability. Chil J Agric Res. 78(4):461–469. doi:10.4067/S0718-58392018000400461.
- N'zué B, Cissé B, Djédji BC, Kouakou AM, Dibi KEB, N'guettag APS, Zohouri P. 2017. Stability study of some cassava (*Manihot esculenta*.crantz) varieties relative to the harvest period in Côte D'Ivoire. J Glob Agric Ecol. 7(1):16–24.
- Noerwijati K, Nasrullah, Taryono, Prajitno D. 2014. Fresh tuber yield stability analysis of fifteen cassava genotypes across five environments in East Java (Indonesia) using GGE biplot. Energy Procedia. 47:156–165. doi:10.1016/j.egypro.2014.01.209. http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.209.
- Norhayati S, D FFM, Mohamad O, B SNS, Shamsiah A. 2016. Evaluation of Genotype x Environment Interaction on Morphological Characteristics of Eight Selected *Labisia pumila* var. alata Clones (Kacip Fatimah) by Francis and Kannenbergs Method. Int J Environ Agric Res. 2(11):31–37.
- Ogunniyan DJ, Makinde SA, Omikunle SO. 2018. Stability Analyses of Fibres Yield of Kenaf Using Multiple Biometrical Models. Cercet Agron Mold. 51(1):51–63. doi:10.2478/cerce-2018-0005.
- Oral E, Kendal E, Dogan Y. 2018. Selection the Best Barley Genotypes To Multi and Special Selection the Best Barley Genotypes To Multi and Special Environments By Ammi and. Fresenius Environ Bull. 27(7):5179–5187.
- Patti PS, Kaya E, Silahooy C. 2018. 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. doi:10.30598/a.v2i1.278.
- Prajapati KN, Kathiria KB. 2018. Genotype×Environment Interactions and Stability for Grain Yield and its Components in WBPH Tolerant Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes. Int J Bio-resource Stress Manag. 9(1):137–141. doi:10.23910/ijbsm/2018.9.1.3c0293.
- Pramadio L, Saptadi D, Soegianto A. 2018. Penampilan Karakter Agronomi Genotipe Potensial Buncis Polong Kuning (*Phaseoulus*

- vulgaris* L.) Pada Ketinggian Tempat yang Berbeda. *Plantropica J Agric Sci.* 3(1):23–28.
- Purbokurniawan, Purwoko BS, Wirnas D, Dewi IS. 2014. Potensi dan Stabilitas Hasil , serta Adaptabilitas Galur-galur Padi Gogo Tipe Baru Hasil Kultur Antera Yield Potential and Stability , and Adaptability of New Plant Type of. *J Agron Indones.* 42(1):9–16.
- Rafii MY, Jalani BS, Rajanaidu N, Kushairi A, Puteh A, Latif MA. 2012. Stability analysis of oil yield in oil palm (*Elaeis guineensis*) progenies in different environments. *Genet Mol Res.* 11(4):3629–3641. doi:10.4238/2012.October.4.10.
- Rahayu S, Dewi AK, Yulidar, Wirnas D, Aswidinnoor H. 2013. Analisis Stabilitas dan Adaptabilitas Beberapa Galur Padi Dataran Tinggi Hasil Mutasi Induksi. *A Sci J Appl Isot Radiat.* 9(2):81–90.
- Rasyad A, Idwar. 2010. Interaksi genetik x lingkungan dan stabilitas komponen hasil berbagai genotipe Kedelai di Provinsi Riau. *J Agron Indones.* 38(1):25–29. doi:10.24831/jai.v38i1.1673.
- Satoto, Rumanti IA, Widyastuti Y. 2016. Yield stability of new hybrid rice across locations. *Agrivita.* 38(1):33–39. doi:10.17503/agrivita.v38i1.675.
- Sitairesmi T, Susanto U, Pramudyawardani EF, Nafisah, Nugraha Y, Sasmita P. 2020. Genotype x environment interaction of rice genotype. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 484(1). doi:10.1088/1755-1315/484/1/012028.
- Sitairesmi T, Suwarno WB, Gunarsih C, Nugraha Y, Sasmita P, Daradjat AA. 2019. Comprehensive Stability Analysis of Rice Genotypes through Multi-Location Yield Trials using PBSTAT-GE. *SABRAO J Breed Genet.* 51(4):355–372.
- Sowmya HH, Kamatar MY, Shanthakumar G, Brunda SM, Shadakshari TV, Showkath Babu BM, Singh Rajput S. 2018. Stability Analysis of Maize Hybrids using Eberhart and Russel Model. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 7(2):3336–3343. doi:10.20546/ijcmas.2018.702.399.
- Sundari T, N Nugraheni. 2016. Interaksi Genotipe x Lingkungan dan Stabilitas Karakter Agronomu Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *J Biol Indones.* 12(2):231–240.
- Susanto U, Rohaeni WR, Johnson SB, Jamil A. 2015. Gge biplot analysis for genotype x environment interaction on yield trait of high Fe content rice genotypes in indonesian irrigated environments. *Agrivita.* 37(3):265–275. doi:10.17503/Agrivita-2015-37-3-p265-275.
- Syafruddin, Azrai M, Suwarti. 2013. Seleksi Genotipe Jagung Hibrida Toleran N Rendah. *Pros Insinas 2012.*:73–80.
- Weber VS, Melchinger AE, Magorokosho C, Makumbi D, Bänziger M, Atlin GN. 2012. Efficiency of managed-stress screening of elite maize hybrids under drought and low nitrogen for yield under rainfed conditions in Southern Africa. *Crop Sci.* 52(3):1011–1020. doi:10.2135/cropsci2011.09.0486.
- Widyastuti Y, Satoto, Rumanti IA. 2013. Pemanfaatan analisis regresi dan AMMI untuk evaluasi stabilitas hasil genotipe padi dan pengaruh interaksi genetik dan lingkungan. *Inform Pertan.* 22(1):21–28.
- Yan W. 2001. GGEbiplot-A windows application for graphical analysis of multienviroment trial data and other types of two-way data. *Agron J.* 93(5):1111–1118. doi:10.2134/agronj2001.9351111x.
- Yasin HG, Santoso SB, Sunarti S. 2012. Analisis Stabilitas Hasil Dengan Model Eberhart-Russel' S Dan Biplot Pada Uml Jagung Qpm. *J Inform Pertan.* 21(1):51–57.
- Zanetta CU, Waluyo B, Rachmadi M, Karuniawan A. 2015. Oil Content and Potential Region for Cultivation Black Soybean in Java as Biofuel Alternative. *Energy Procedia.* 65:29–35. doi:10.1016/j.egypro.2015.01.025. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.01.025>.

**Research Article****Effect of Microwave Treatment on the Profile of Volatile Compounds and Characteristics of White Pepper (*Piper nigrum* L.) Essential Oil****Atma Elfahdi***Bappeda of Kepulauan Bangka Belitung Province
Jalan Pulau Belitung No.2, Air Itam, Pangkalpinang, 33148, Indonesia*

Received: January 21, 2021 / Received in revised : June 16, 2021 / Accepted: June 18, 2021

ABSTRACT

Microwave treatment on white pepper was conducted to damage cell tissue to facilitate the distillation and increase the yield of essential oils. The research objective was to determine the effect of pepper varieties and microwave treatment on the profiles of volatile compounds and the characteristics of white pepper essential oils. The research was conducted with 50 grams of white pepper placed into a 15 cm diameter petri dish and put in a microwave oven at the power of 600 watts for 90 seconds then white pepper milled by hammer mill. Essential oils were obtained using the water distillation method then were tested for their characteristics and compounds using Gas chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). White pepper was analyzed using the water content, piperine content, and its cell tissue microstructure was analyzed using Scanning Electron Microscope (SEM). The results showed that different pepper as accession produced different profiles of volatile compounds, characteristics, and antioxidant activity ($p < 0.05$). The number of volatile compounds of white pepper essential oils identified by GC-MS was 42, where the largest compound was β -caryophyllene (50.51%). Microwave treatment damaged the cell wall of white pepper, lowered water content (17.43%), increased piperine content (10.57%) and essential oil yield (25%), and changed the profiles of volatile compounds of essential oils of Lampung daun lebar accession. Color became bluer (b^* value rises by 201.99%), increased specific gravity (1.27%) and antioxidant activity (7.4%), decreased solubility in 95% ethanol (17.95%) and acid number (20.8%) while the refractive index was not affected by pepper accessions and microwave treatment.

Keywords: *Essential oils; Microwave treatment; Volatile compounds; White pepper.***1. Introduction**

Pepper is one of Indonesia's traditional mainstay export commodities, which is obtained from the plant fruit *Piper nigrum* Linn. Indonesia is the third-largest pepper exporting country after Vietnam (Sudjarmoko *et al.* 2015). Pepper is known as *piper*, *merica*, or *sahang*. Pepper fruit contains essential oils, alkaloids, resins, proteins, cellulose, pentosan, starch, minerals, and others. Pepper aroma is influenced by volatile oil and its volatile compounds. Piperine is the main component that causes edible flavor in pepper (Nitin *et al.* 2012). Pepper essential oils have potential for biopesticide agent (Abdullah *et al.* 2020), antibacterial agent (Abdallah & Abdalla 2018), analgesic (Costa *et al.* 2016), and natural insecticide (Chaubey, 2017), as well as antioxidant activity (Gülçin, 2005; Abd El Mageed *et al.* 2011).

The essential oil yield of Indonesia's white pepper ranges between 2-3% (Kusmiadi *et al.* 2017; Syakir *et al.* 2017; Putri *et al.* 2018). The yield obtained can be influenced by the distillation method used, comparative research of the profiles of volatile essential oils from water distillation with the simultaneous distillation extraction (SDE) method (Chen *et al.* 2011), the difference between the volatile compounds of essential oils resulting from hydrodistillation and Microwave-Assisted Extraction (MAE) (Rmili *et al.* 2014) and advanced method with solvent-free simultaneous ultrasonic-microwave assisted extraction (Wang *et al.* 2018). Principal Component Analysis (PCA) analyzes the profile of volatile white pepper compounds from different grinding method and accession form then classifies them into different quadrants (Liu *et al.* 2013; Fan *et al.* 2020)

Correspondence author.

E-mail : adybelba@yahoo.com (A Elfahdi)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i1.236>

White pepper essential oil is inside the cell vacuole coated with a hard cell wall structure. Dielectric heating that occurs due to the impact of microwave can degrade cellulose compounds in the white pepper cell wall so that the permeability of the cell wall decreases (Raman & Gaikar 2002). In this condition, the yield obtained increases because during the distillation process, essential oils can come out more easily. Microwave treatment at 400 watts of power for 4 minutes affected both cell walls and the membrane cell of hazelnut seed and the largest extraction yield of oils was obtained (Uquiche *et al.* 2008). The yield of white pepper essential oil extracted by microwave assisted was 3.7% and higher than assisted by ultrasonic which was 3.4% (Wang *et al.* 2018). Black pepper which was given a microwave treatment at 663 watts of power had a higher volatile oil content than that of without microwave pre-treatment (Jeevitha *et al.* 2016). The use of microwave pre-treatment at 450 watts of power for 2 minutes can damage the microstructure of crushed nutmeg seed tissue so that it can increase the essential oil yield (Lumbessy 2016).

Different genotypes/accessions of pepper, the levels of essential oils are also different (Liu *et al.* 2013; Aziz *et al.* 2018). The differences in volatile compounds which make up essential oils were reported (Hao *et al.* 2018; Dosoky *et al.* 2019; van Ruth *et al.* 2019). Lampung daun lebar, Jambi, and Merapin jumbo are local accessions of pepper that are widely cultivated in Kepulauan Bangka Belitung Province (Prayoga *et al.* 2020). Therefore, in this study, it is suspected that there are differences in the profile of volatile compounds, characteristics, and antioxidant activity of these 3 (three) accessions.

This study aims to analyze the profiles of volatile compounds, and the characteristics (essential oil yield, color, specific gravity, refractive index, solubility in 95% ethanol, acid number, and antioxidant activity) of white pepper essential oil (*Piper nigrum* L.) accessions of Lampung daun lebar, Jambi, and Merapin jumbo which were given microwave treatment.

2. Materials and Methods

White pepper was processed from accessions of Lampung daun lebar, Jambi, and Merapin jumbo. Pepper fruit was harvested from 3-5 years old pepper plants in the 2017 harvest season. White pepper with water content below 14% of each variety was packed in 1 kg *low-density polyethylene* (LDPE) plastic coated with *aluminum foil* then stored in a closed plastic container and protected from heat and direct sunlight until used.

The main equipment in this research were the Samsung microwave oven type ME731K (power source 230 V - 50Hz, power consumption 1150 watts, power output 100-800 watts, operating frequency 2450 MHz, volume 20 L), SEM JSM-500, GC-MS Shimadzu QP 2010 SE with column TG-5MS, pycnometer, refractometer, UV-Vis spectrophotometry, Konica Minolta chromameter, a laboratory-scale distillation set consisting of a 2000 ml erlenmeyer, thermometer, condenser, electric stove, distillate container bottle, and aerator.

Microwave treatment

White pepper accessions of Lampung daun lebar (L), Jambi (J), and Merapin jumbo (M) (± 50 gram) were taken randomly from the storages. The microwave treatment method referred to the most optimized result of Syafrudin (2016), the samples were placed in a petri dish with a diameter of 15 cm and then put in a microwave oven with a treatment time of 90 seconds at 600 watts of power. After that, the samples were rested for ± 30 minutes so that the samples reach room temperature. The energy intensity to be received by the material was calculated according to the formula in Chávez-Reyes *et al.* (2013) which is equal to 1.08 KJ g⁻¹. White pepper was mashed using a hammer mill and sieved to obtain 0.5 mm particle size. Eventually, there were 3 (three) accessions without microwave treatment which were Lampung daun lebar without treatment (LTP), Jambi without treatment (JTP) and Merapin jumbo without treatment (MTP), and 3 accessions with microwave treatment which were Lampung with microwave treatment (LDP), Jambi with microwave treatment (JDP), and Merapin jumbo with microwave treatment (MDP).

Evaluation of moisture content, piperine content, and observation of microstructure of white pepper cells

Water content analysis and piperine content analysis referred to the method of SNI 0004: 2013 white pepper (National Standardization Agency 2013). Microstructure observation of white pepper cell tissue was carried out on white pepper powder without treatment and with microwave treatment using *Scanning Electron Microscopy* (SEM). The observation method using SEM referred to the LPPT UGM where the magnification scale used starts from 3,000 to 15,000 times.

GC-MS analysis

GC MS analysis method referred to the UII Integrated Laboratory. Essential oil of white pepper as much as 1 μ L was injected using a split method with a ratio of 1:80. GC-MS was operated using a column of TG-5MS 30 m long, 0.25 mm in diameter, and 0.25 μ m thickness with the oven regulated

between 60-200 °C with a temperature increase rate of 10 °C minute⁻¹. The helium carrier gas was pressurized to 12.7 kPa and the total rate was 115,4 mL min⁻¹. Library uses WILEY7.LIB.

White pepper essential oil characteristics

Essential oils were obtained and the yield was calculated using water distillation method SNI 0004:2013, color (CIE L^* , a^* , and b^*), specific gravity (ISO 279:1998 E), refractive index (ISO 280:1998 E), solubility in 95% ethanol (ISO 875:1999 E), and acid number (ISO 660:1996).

Antioxidant Activities

Antioxidant activity measurement referred to Gülçin (2005) method. 4mg DPPH was dissolved in 96% ethanol to 100 ml to obtain 0.004% solution (40 ppm). The arrays were maintained at low temperatures and protected from light. DPPH solution was added with ethanol 96%, with a ratio of 3:2 (v / v), for blank solution 96% ethanol was used, homogenized with vortex, and absorbance was observed at a range of wavelengths (λ) 517 nm. The essential oil of 2 ml white pepper was added with DPPH solution (3 ml), homogenized with vortex incubated for 30 minutes then absorbed. Determination of percent of inhibition to DPPH compounds (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) uses the following formula:

$$\% \text{ inhibition} = \frac{\text{absorbance (control-object)}}{\text{Control absorbance}} \times 100\%$$

Data Analysis

The statistical test used variance analysis (ANOVA) with a significance level of 95%, if there is a significant difference, it is continued with the Duncan Multiple Range Test (DMRT). Data processing used SPSS 21 software. Test result data was displayed with standard deviation and significance letter notation

Multivariate analysis for the profiles of volatile compounds used Minitab Principal Component Analysis (PCA) 14. The results of the GC-MS chromatogram interpretation were arranged into profiles of volatile compounds and the percentage of peaks obtained by each compound. The data collected were analyzed using principal components analysis (PCA) to differentiate the odors of different white pepper samples (Liu, F. Zeng *et al.* 2013). It was inputted into Minitab14 sheet data and analyzed using *principal component analysis* to obtain *plot scores* and *loading plots* profile of white pepper volatile essential oil compounds from 3 (three) pepper accessions without and with microwave treatment.

3. Results

Water content, piperine content, and microstructure of white pepper cell tissue

The water and piperine content of white pepper are shown in Table 1. The results of the analysis showed that different pepper accession produced different levels of water and piperine content of white pepper. Microwave treatment was proven to be able to reduce white pepper water content. The water content of Lampung daun lebar accession decreased 15.29% (percentage from 13.67% to 11.58%), Jambi 15.26%, and Merapin jumbo 17.43%. In Lampung daun lebar and Jambi accessions, microwave treatment caused the decrease in piperine contents while in the Merapin jumbo, the piperine content obtained was higher than without microwave treatment. The interaction between the accessions of pepper and the microwave treatment affected the piperine content of white pepper. The effect of pepper accessions and the microwave treatment on the microstructure of white pepper cells is shown in Figure 1. Scanning Electron Microscope (SEM) images showed that there were changes in the white pepper cell wall structures.

Table 1. Water content (b/b) and Piperine content b/b (%) from 3 (three) accessions without and with microwave treatment

Sample	Water content b/b (%)	Piperine content b/b(%)
LTP	13.67 ^c ± 0.14	6.20 ^d ± 0.24
LDP	11.58 ^a ± 0.14	6.01 ^c ± 0.54
JTP	13.37 ^b ± 0.13	6.91 ^f ± 0.01
JDP	11.33 ^a ± 0.14	6.73 ^e ± 0.02
MTP	13.83 ^c ± 0.14	5.86 ^b ± 0.15
MDP	11.42 ^a ± 0.14	5.30 ^a ± 0.02

notes: different letters in the same column show significant differences (p<0.05)

Effect of pepper varieties and microwave treatment on white pepper essential oil yield

Different pepper accession produced different essential oil yield of white pepper (Figure 2). White pepper from all accessions with microwave treatment has a higher essential oil yield than without microwave treatment. The essential oil Lampung daun lebar increased 25% (percentage from 2.34% to 2,93%), Jambi 8.2%, and Merapin jumbo 17.24%. The highest yield of essential oils was in Jambi accession with microwave treatment.

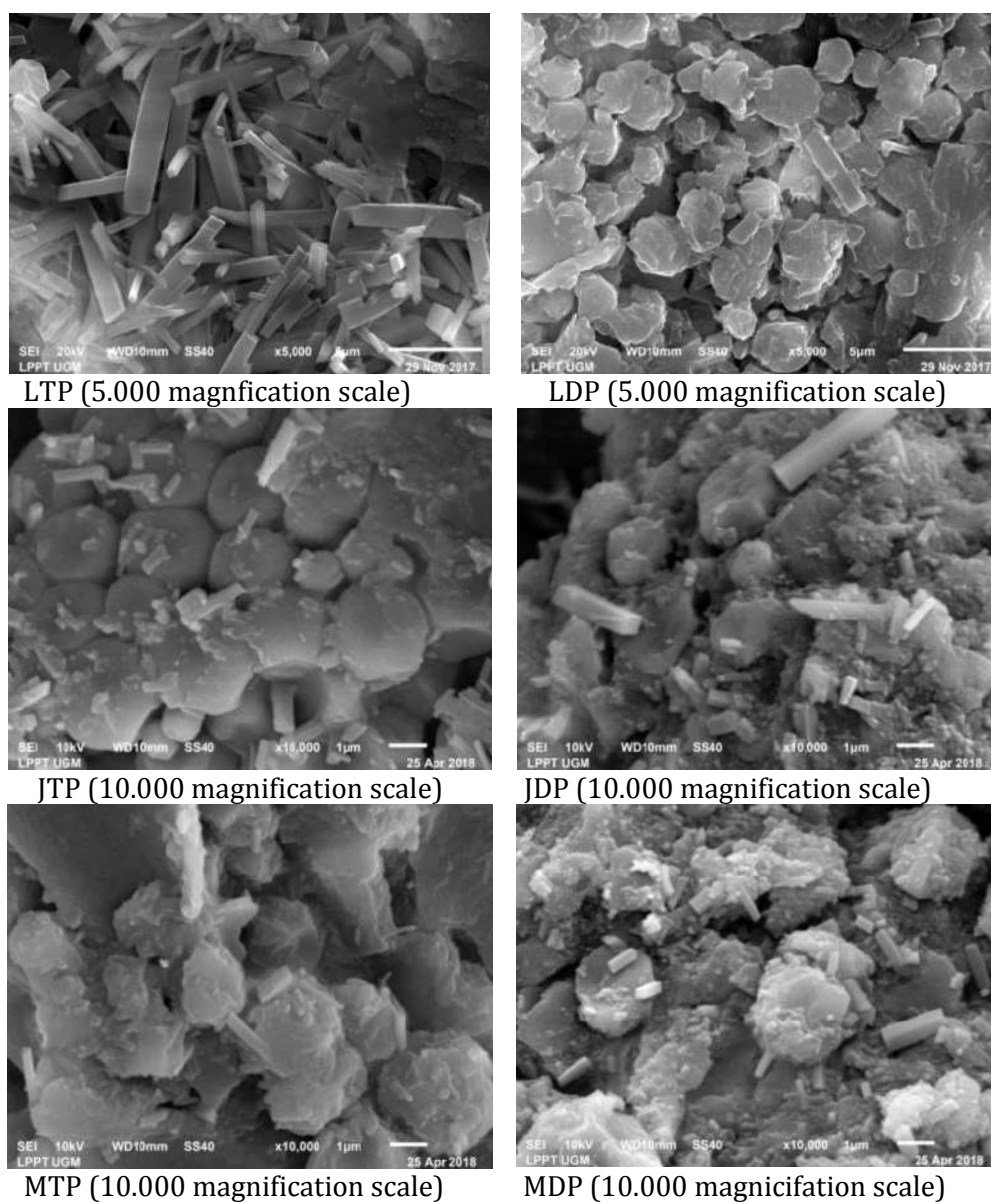


Figure 1 Observation results of Scanning Electron Microscope (SEM) on white pepper powder.

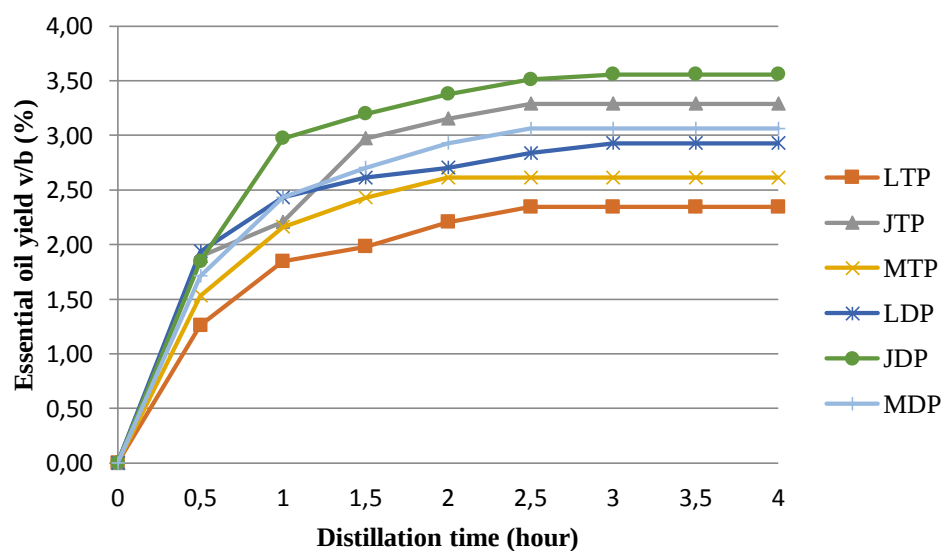


Figure 2. The effect of distillation time and microwave treatment on the white pepper essential oil yield from 3 (three) accesions without and with microwave treatment.

Table 2. Profile of volatile compounds white pepper essential oil from 3 (three) accessions without and with microwave treatment

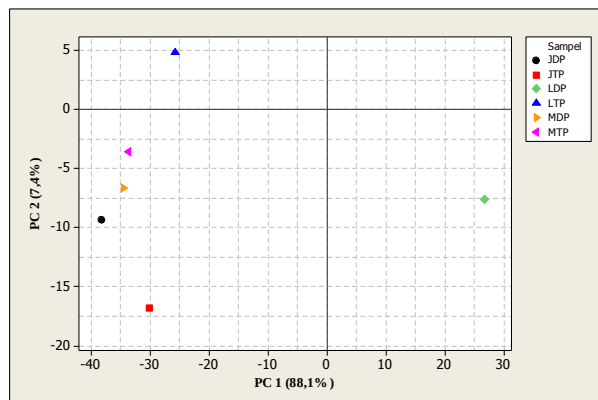
No.	Compound	Molecular formula	Retention Time (min)	LTP (%)	LDP (%)	JTP (%)	JDP (%)	MTP (%)	MDP (%)
1.	α -pinene	C ₁₀ H ₁₆	3.51	3.88	14.14	7.47	-	3.78	3.85
2.	Camphene	C ₁₀ H ₁₆	3.69	0.07	0.22	0.25	0.29	0.07	0.07
3.	β -phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	3.96	0.13	0.76	0.25	0.38	0.12	0.13
4.	β -pinene	C ₁₀ H ₁₆	4.03	8.32	19.29	11.43	6.84	9.17	9.16
5.	β -myrcene	C ₁₀ H ₁₆	4.12	2.89	-	2.66	-	2.53	2.74
6.	2-Pyridinepropanoic acid	C ₁₁ H ₁₃ NO ₃	4.23	-	1.64	-	-	1.02	0.39
7.	1-phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	4.35	4.59	0.19	1.74	0.02	3.97	4.15
8.	δ -3-carene	C ₁₀ H ₁₆	4.42	-	-	7.22	9.29	-	-
9.	β -ocimene	C ₁₀ H ₁₆	4.44	17.42	-	-	10.97	11.59	8.45
10.	α -terpinene	C ₁₀ H ₁₆	4.49	-	-	0.12	0.18	-	-
11.	Benzene	C ₁₀ H ₁₄	4.60	1	0.15	0.4	0.7	-	-
12.	Limonene	C ₁₀ H ₁₆	4.67	11.26	18.67	7.64	9.47	8.67	5.74
13.	Cyclohexene	C ₁₀ H ₁₆	4.87	-	-	0.15	0.17	0.32	1.05
14.	α -thujene	C ₁₀ H ₁₆	5.02	0.09	16.08	-	1.84	0.2	0.12
15.	γ -terpinene	C ₁₀ H ₁₆	5.06	0.2	28.85	-	0.08	0.21	0.18
16.	α -terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	5.44	0.46	-	0.54	0.56	0.81	0.37
17.	δ -4-carene	C ₁₀ H ₁₆	5.48	1.18	-	0.13	0.13	-	-
18.	Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	5.58	0.37	-	0.38	0.39	0.3	0.38
19.	β -penchylalcohol	C ₁₀ H ₁₈	6.95	0.22	-	0.19	0.18	0.09	0.12
20.	Sabinene hydrat	C ₁₀ H ₁₈ O	7.28	0.07	-	-	-	-	-
21.	δ -elemene	C ₁₅ H ₂₄	9.09	3.92	-	5.95	7.08	4.11	5.67
22.	α -cubebene	C ₁₅ H ₂₄	9.26	0.08	-	-	-	-	-
23.	α -copaene	C ₁₅ H ₂₄	9.66	2.4	-	0.14	0.12	1.14	1.67
24.	Valencene	C ₁₅ H ₂₄	9.84	0.7	-	0.13	-	-	-
25.	β -caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	10.33	34.73	-	43.81	50.51	46.02	46.71
26.	α -guaiene	C ₁₅ H ₂₄	10.49	-	-	0.78	-	-	-
27.	α -humulene	C ₁₅ H ₂₄	10.74	2.36	-	3.52	-	2.32	3.16
28.	Germacrene B	C ₁₅ H ₂₄	10.90	-	-	-	-	0.07	0.12
29.	β -elemene	C ₁₅ H ₂₄	10.91	0.08	-	0.86	0.79	-	0.71
30.	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	11.08	-	-	-	-	0.07	0.11
31.	Germacrene	C ₁₅ H ₂₄	11.09	0.13	-	0.22	-	0.45	-
32.	β -selinene	C ₁₅ H ₂₄	11.18	0.17	-	0.82	-	0.1	0.16
33.	α -selinene	C ₁₅ H ₂₄	11.29	0.18	-	0.56	-	-	0.18
34.	δ -cadinene	C ₁₅ H ₂₄	11.59	0.99	-	-	-	0.43	0.68
35.	γ -caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	12.32	-	-	0.1	-	-	-
36.	Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	12.43	0.92	-	1.27	-	1.07	1.58
37.	β -guaiene	C ₁₅ H ₂₄	12.85	-	-	-	-	-	0.07
38.	Pentalene	C ₁₅ H ₂₄ O	12.94	1.06	-	0.8	-	0.95	1.62
39.	Longipinocarveol	C ₁₅ H ₂₄ O	13.06	-	-	0.34	-	0.35	0.54
40.	β -copaene	C ₁₅ H ₂₄ O	13.07	0.13	-	-	-	-	-
41.	δ -guaiene	C ₁₅ H ₂₄	13.27	-	-	0.13	-	-	-
42.	Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	13.45	-	-	-	-	0.09	0.11
Total				100	99.99	100	99.99	100	99.99
Monoterpene (C ₁₀ H ₁₈)				50.49	98.2	39.60	40.42	41.44	36.03
Sisquiterpene (C ₁₅ H ₂₄)				45.74	0	57.02	58.31	54.69	59.23
Oxygenated terpene				2.55	-	2.79	0.39	2.76	4.23
Others				1.22	1.79	0.59	0.88	1.11	0.51
M/S				1.10	∞	0.69	0.69	0.76	0.61

notes : - = not detected; M/S = the ratio of monoterpenes to sisquiterpenes.

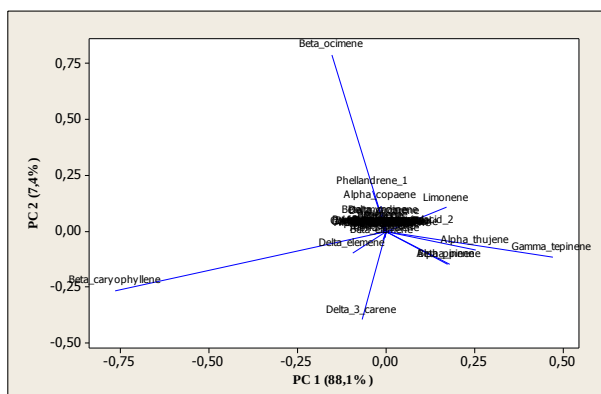
Profile of volatile compounds in white pepper essential oils

There were 42 volatile compounds identified by GC-MS (Table 2). The number of compounds identified in LTP was 30 compounds while in LDP was 10 compounds. There were 30 compounds identified in JTP, while in JDP were 20 compounds. The compounds identified in MTP were 28, while in MDP were 30. The major component of white pepper essential oil in this study was β -caryophyllene (50.51%).

Based on the score plot, there was a difference between the profile of volatile compounds from Lampung daun lebar accession and that of two other accessions (Figure 3). The Score plot showed that LTP and LDP point positions were in different quadrants, while JTP, JDP, MTP, and MDP were in the same quadrant. The loading plot showed the main component in LTP was determined by the β -ocimene compound while LDP was by γ -terpinene. In JTP, JDP, MTP, and MDP, the main components were determined by the β -caryophyllene compound.



(a)



(b)

Figure 3. Score plot (a) and loading plot (b) PCA profil of volatile compounds white pepper essential oil from 3 (three) accessions without and with microwave treatment.

Characteristics of White Pepper Essential Oils

The results of the analysis showed that different pepper accession produced different L^* , a^* , and b^* values (Table 3). The microwave treatment caused changes in the values of b^* but did not affect the values of L^* and a^* . Based on Table 3, microwave treatment caused increases in the values of b^* , making the color of the white pepper essential oils bluer. The value of b^* increased 44.57% in Lampung daun lebar, 73.40% in Jambi, and 201.99% in Merapin jumbo. The highest b^* value (-9.12) was found in Merapin jumbo accession with microwave treatment, making the color of the essential oil blue.

Table 3. The value of L^* , a^* , and b^* white pepper essential oil from 3 (three) accessions without and with microwave treatment.

Sample	L^*	a^*	b^*
LTP	$58.74^b \pm 0.06$	$2.39^{bc} \pm 0.07$	$-2.19^d \pm 0.02$
LDP	$59.16^d \pm 0.06$	$2.44^{bc} \pm 0.06$	$-3.17^b \pm 0.12$
JTP	$59.09^{cd} \pm 0.00$	$2.39^{bc} \pm 0.01$	$-1.88^e \pm 0.09$
JDP	$59.21^d \pm 0.34$	$2.56^c \pm 0.01$	$-3.26^b \pm 0.00$
MTP	$58.83^{bc} \pm 0.09$	$2.29^b \pm 0.02$	$-3.02^c \pm 0.10$
MDP	$58.38^a \pm 0.17$	$1.90^a \pm 0.02$	$-9.12^a \pm 0.04$

notes: different letters in the same column show significant differences ($p < 0.05$).

Different pepper accession produced different specific gravity, solubility in 95% ethanol, and acid number (Table 4). The microwave treatment increased the specific gravity but reduced solubility in 95% ethanol and the acid number of white pepper essential oil. For Lampung daun lebar, specific gravity increased by 1.17%, solubility in 95% ethanol decreased by 17.95%, and the acid number decreased by 20.8%. For Jambi accession, specific gravity increased by 1.27%, solubility in ethanol 95% decreased by 17.14%, and the acid number decreased by 20.51%. Specific gravity in Merapin Jumbo increased by 1.04%, solubility in ethanol 95% decreased by 15.79%, and the acid number decreased by 16.8%. Friedman test produced a chi-square value of 3.732 ($p > 0.05$) so that it can be concluded that pepper accessions and microwave treatment did not affect the refractive index of white pepper essential oils.

Antioxidant Activity of White Pepper Essential Oils

Different pepper accession produced different antioxidant activities (Table 5). The interaction between the accessions of pepper and the microwave treatment affected the antioxidant activity. Microwave treatment increases antioxidant activities in Lampung daun lebar accession by 7.4%, Jambi by 5.15%, and Merapin jumbo by 5.88%. The highest antioxidant activity was 74.95% in the Merapin jumbo accession with microwave treatment, while the lowest was in the

Jambi accession without microwave treatment, which is 52.59%.

Table 5. Specific gravity, solubility in 95% ethanol and acid number white pepper essential oil from 3 (three) accessions without and with microwave treatment.

Sample	Specific gravity (b/b)	Solubility in 95% ethanol (v/v)	Acid Number
LTP	0.856 ^a ± 0.002	0.39 ^c ± 0.02	1.25 ^d ± 0.05
LDP	0.866 ^c ± 0.001	0.32 ^a ± 0.01	0.99 ^{bc} ± 0.05
JTP	0.867 ^c ± 0.001	0.35 ^b ± 0.02	1.17 ^d ± 0.05
JDP	0.878 ^e ± 0.002	0.29 ^a ± 0.01	0.93 ^a ± 0.05
MTP	0.863 ^b ± 0.001	0.38 ^{bc} ± 0.02	1.25 ^d ± 0.05
MDP	0.872 ^d ± 0.001	0.32 ^a ± 0.01	1.04 ^c ± 0.08

notes: different letters in the same column show significant differences (p<0.05).

Table 5. Antioxidant activity (%) white pepper essential oil from 3 (three) accessions without and with microwave treatment

Sample	Antioxidant Activity (%)
LTP	63.93 ^c ± 0.11
LDP	68.66 ^d ± 0.10
JTP	52.59 ^a ± 0.23
JDP	55.30 ^b ± 0.21
MTP	70.79 ^e ± 0.00
MDP	74.95 ^f ± 0.12

notes: different letters in the same column show significant differences (p<0.05).

4. Discussion

Armstrong (1999) reported that water has a higher degree of dielectric constant in microwave absorption so that the rate of absorption of microwave energy in water is higher than the rate of heat dissipation in the system. This causes the superheating effect to occur when water is inside a matrix. This condition allows more evaporation of water (Uquiche *et al.* 2008). The water content of white pepper without microwave treatment as shown in Table 1 is below 14% and still meets the quality standards required by SNI 0004: 2013 (National Standardization Agency 2013). In general, the water content of white pepper dried using sunlight is in the range of 12-14%, and most of the water lost during drying is the surface water in the white pepper. Therefore, the water content of white pepper treated with microwave is below 12% due to the evaporation of residual surface water and free water outside and inside the white pepper cell. For Lampung daun lebar and Jambi accessions, microwave treatment caused the piperine content to decrease, while for Merapin jumbo accession, it raised piperine content equal to 10.57%. This result conforms with what reported by Syafrudin (2016), that the more water loses in the material, the more

effective will be the piperine extraction process by the solvent resulting in higher piperine content.

Syafrudin (2016) and Lumbessy (2016) reported that microwave treatment causes cells to suffer from form damage or merged. Preliminary microwave treatment causes damage to white pepper cells, especially cellulose, in the cell wall that envelops the essential oil glands. This was confirmed with the SEM observations, showing that the white pepper treated with microwave experienced more cell tissue damage than those that were not treated with a microwave. Microwave treatment caused modification of the cellular walls, resulting in greater porosity. According to Uquiche *et al.* (2008), the penetration of energy produced by microwave can degrade cellulose molecules that envelop white pepper cell tissue and cause cell wall permeability to decrease, eventually causing the cell to become intact.

Microwave treatment causes a decrease in water content and degrades the cellulose structure of white pepper cell walls. This will have a positive effect on the effectiveness and efficiency of the distillation process of white pepper essential oil so that it can increase the yield of essential oils obtained. Based on Figure 2, the essential oils obtained after distillation lasts for half an hour varied, where the lowest yield of essential oil was in Lampung Daun Lebar without microwave treatment (LTP) and the highest was in with microwave treatment (LDP). The distillation time of half an hour was the first phase where the essential oils obtained were dominated by the rupture of the vacuole containing the essential oil cells due to the size reduction process. This conforms with what was reported by Orav *et al.* (2004), that the yield obtained from pepper powder is higher than that of white peppercorn. The second phase began after the distillation lasts for one hour, where the yield of essential oils obtained increasing as the result of raising the temperature in the system. Essential oils are composed of components with high volatility. The more the damaged cell walls surrounding the essential oils are, the faster and the more essential oils come out of the material, then this condition will be maximum when the distillation time reaches 2.5-3 hours. This result conforms with what was reported by Uquiche *et al.* (2008), that microwave heating vaporizes the water of the sample substrate microstructure, increasing the pressure in its interior; realizing water from the microwave heating causes the disintegration of the material, cell membrane rupture, and improving the efficiency of the pressing extraction of essential oil from the sample, enabling the passage of oil from the cell membrane. The third phase started when there was no addition of the essential oil obtained

and after reaching a processing time of 4 hours, the distillation was stopped.

The results of the analysis showed that different pepper accessions produced different yields of essential oils. Jeevitha *et al.* (2016), reported that pepper given microwave treatment prior to distillation had a higher essential oil yield than without microwave treatment. The water content in white pepper before being distilled can affect the yield of essential oil obtained. The lower the water content of white pepper is, the higher the essential oil yield will be. The microwave treatment with the correct duration and the use of power is able to maximize the damage to the white pepper cell network so that what is evaporated by microwave energy is dominated by water and minimizes the loss of volatile components.

The number of compounds identified in this study was 42, more than what was reported by Abd El Mageed *et al.* (2011) totaling 26 compounds, Fan *et al.* (2020) totaling 40 compounds, and Liu *et al.* (2013) totaling 41 compounds. The difference in the number of these compounds is due to the different accessions of pepper used as raw material and the different geographical conditions of the origin. It is presumed that the decrease in the number of volatile compounds in the Lampung daun lebar and Jambi accessions given the microwave treatment was caused by decomposition and resinification. Therefore, further research is needed to determine whether different duration and power of microwave treatment are required for different accessions. Molecular movements and heat generated during the microwave treatment can cause volatile compounds from the sesquiterpenes to decompose and form simpler compounds, which are monoterpenes. Therefore, the percentage of monoterpenes increases in line with the absence of the sesquiterpene class. Related to the occurrence of resinification, according to Jeevitha *et al.* (2016), the microwave treatment raise the temperature forming more resin. Resinification of the sesquiterpene class into resin potentially causes this class to be undetectable when the essential oil of white pepper is analyzed using GC-MS, since the resin generally settles, making it missed when the sample is taken out of the sampling bottle.

This study shows that white pepper essential oils have higher volatile compounds from the sesquiterpene class than from the monoterpene class and this result conforms with was reported by Wang *et al.* (2018). Pepper essential oil with a high sesquiterpene composition produces an aroma similar to that of pepper. Abd El Mageed *et al.* (2011) stated that the presence of sesquiterpene compounds in large quantities is desired because they are responsible for the flavor of the pepper. In

this study, off-odorants such as β -damascenone, eugenol, skatole, guaiacol and piperonal were not found. According to Putri *et al.* (2018), the quality of white pepper is also influenced by the soaking and post-washing processes, in that this study also shows the absence of off-odorants in the sample used is the result of good processing and correct storing method. The good process requires the pepper to be soaked in water for 7-14 days, washed in running water, and dried in a place away from potential contaminants. The right method to store the white pepper is by sorting it before the storage and packing it in good packaging to avoid direct contact with factors that can degrade the quality of white pepper.

Based on Figure 3, 2 (two) principal components selected from the 2 (two) eigenvectors with the highest eigenvalues can cover more than 50% of the total data variations. The effect of the principal component on the variation of the first line data (PC1) was 88.1% and the second line principal component had an effect of 7.4% (PC2). This study shows that Principal Component Analysis (PCA) can classify samples based on their constituent compounds and produce three sample groups. The analysis can be used to facilitate the interpretation of GC-MS results. This result is supported by Piggott & Othman (1993) in that PCA can distinguish essential oils of 3 (three) pepper varieties with and without irradiation treatments.

In samples treated with microwave, the increase in specific gravity shows that the number of sesquiterpenes was more than monoterpenes. The decrease in solubility in ethanol 95% shows that the number of terpenes was more than oxygenated terpenes, and the decrease in acid numbers shows that fewer oxidation reactions occurred. These results indicate that the microwave treatment causes the distillation process to take place more effectively and efficiently, so that it does not cause significant changes in the characteristics of the essential oils of white pepper and the quality of the essential oils does not decrease. The results of this study show that the characteristic of white pepper essential oils, which include color, specific gravity, solubility in ethanol 95%, and the acid number still meet Indonesian pepper essential oil quality standards in ISO 3061:2008, and these results are not much different from those reported by Anggraini *et al.* (2018).

These results are consistent with those reported by Abd El Mageed *et al.* (2011), in that antioxidant activities on white pepper essential oils given heating treatment using a microwave oven were higher than without microwave oven heating and given conventional heating treatment. Gülçin (2005) reported that antioxidant activity in pepper

essential oils is due to its strong ability to donate hydrogen atoms. That ability is expected to be stronger when the pepper is given a microwave treatment before distillation.

5. Conclusion

Different pepper accessions produced different profiles of volatile compounds, characteristics, and antioxidant activities. Microwave treatment was conducted to damage the cell walls of white pepper, lower water content, raise piperin content and essential oil yield, and cause the change in the profile of volatile compounds of white pepper essential oil in Lampung daun lebar accession. The treatment made the color of white pepper essential oils bluer, raised the specific gravity, lowered the solubility in ethanol 95% and the acid number, and raised antioxidant activities, while the refractive index was not affected by pepper accessions and the microwave treatment. These results suggest that microwave treatment can effectively increase the white pepper essential oil yield without a significant loss in the product quality.

6. Acknowledgments

The author would like to thank the Provincial Government of the Kepulauan Bangka Belitung for funding to support this project.

7. Declaration of Conflicting Interests

The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article.

8. References

- Abd El Mageed MA, Mansour AF, El Massry KF, Ramadan MM, Shaheen MS. 2011. The Effect of Microwaves on Essential Oils of White and Black Pepper (*Piper nigrum* L.) and Their Antioxidant Activities. *J Essent Oil-Bearing Plants*. 14(2):214–223.
- Abdallah EM, Abdalla WE. 2018. Black Pepper Fruit (*Piper nigrum* L.) as Antibacterial Agent: A Mini-Review. *J Bacteriol Mycol Open Access*. 6(2):141–145.
- Abdullah NA, Zain WZWM, Hamid HA, Ramli NW. 2020. Essential Oil From Piperaceae as a Potential for Biopesticide Agents: A Review. *Food Res*. 4(S5):1–10.
- Anggraini R, Jayuska A, Alimuddin AH. 2018. Isolasi dan Karakterisasi Minyak Atsiri Lada Hitam (*Piper nigrum* L.) Asal Sajingan Kalimantan Barat. *J Kim Khatulistiwa*. 7(4):124–133.
- Armstrong SD. 1999. Microwave-Assisted Extraction for the Isolation of Trace Systemic Fungicides from Woody Plant Material. [PhD Dissertation] Virginia. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Aziz NS, Sofian-Seng NS, Wan Mustapha WA. 2018. Functional Properties of Oleoresin Extracted From White Pepper (*Piper nigrum* L.) Retting Waste Water. *Sains Malaysiana*. 47(9):2009–2015.
- Chaubey MK. 2017. Evaluation of Insecticidal Properties of *Cuminum cyminum* and *Piper nigrum* Essential Oils Against *Sitophilus zeamais*. *J Entomol*. 14(4):148–154.
- Chávez-Reyes Y, Dorantes-Alvarez L, Arrieta-Baez D, Osorio-Esquivel O, Ortiz-Moreno A. 2013. Polyphenol Oxidase Inactivation by Microwave Oven and Its Effect on Phenolic Profile of Loquat Fruit. *Food Nutr Sci*. 04(09):87–94.
- Chen WX, Dou HG, Ge C, Li CF. 2011. Comparison of Volatile Compounds in Pepper (*Piper nigrum* L.) by Simultaneous Distillation Extraction (SDE) and GC-MS. *Adv Mater Res*. 236–238:2643–2646.
- Costa R, Machado J, Abreu C. 2016. Evaluation of Analgesic Properties of *Piper nigrum* Essential Oil: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Study. *World J Tradit Chinese Med*. 2(2):60–64.
- Dosoky NS, Satyal P, Barata LM, Da Silva JKR, Setzer WN. 2019. Volatiles of Black Pepper Fruits (*Piper nigrum* L.). *Molecules*. 24(23):1–15.
- Fan R, Qin XW, Hu RS, Hu LS, Wu BD, Hao CY. 2020. Studies on The Chemical and Flavour Qualities of White Pepper (*Piper nigrum* L.) Derived From Grafted and non-Grafted Plants. *Eur Food Res Technol*. 246(12):2601–2610.
- Gülçin İ. 2005. The Antioxidant and Radical Scavenging Activities of Black Pepper (*Piper nigrum*) Seeds. *Int J Food Sci Nutr*. 56(7):491–499.
- Hao CY, Fan R, Qin XW, Hu LS, Tan LH, Xu F, Wu BD. 2018. Characterization of Volatile Compounds in Ten Piper Species Cultivated in Hainan Island, South China. *Int J Food Prop*. 21(1):633–644.
- Jeevitha GC, Sowbhagya HB, Hebbar HU. 2016. Application of Microwaves for Microbial Load Reduction in Black Pepper (*Piper nigrum* L.). *J Sci Food Agric*. 96(12):4243–4249.
- Kusmiadi R, Aini SN, Nurkholis N. 2017. Uji Analisis Tingkat Kematangan dan Metode Perendaman Terhadap Aspek Fisik dan Kimia Lada Putih (Muntok White Pepper). *AGROSAINSTEK J Ilmu dan Teknol Pertan*. 1(1):39–48.
- Liu H, Zeng F, Wang Q, Ou S, Tan L, Gu F. 2013. The Effect of Cryogenic Grinding and Hammer

- Milling on The Flavour Quality of Ground Pepper (*Piper nigrum* L.). *Food Chem.* 141(4):3402–3408.
- Liu H, Zeng FK, Wang QH, Wu HS, Tan LH. 2013. Studies on The Chemical and Flavor Qualities of White Pepper (*Piper nigrum* L.) Derived From Five New Genotypes. *Eur Food Res Technol.* 237(2):245–251.
- Lumbessy A. 2016. Treatment of Nutmeg Seeds (*Myristica fragrans* Houtt) Uses Microwaves to Increase Yield and Quality of Essential Oils and Nutmeg Pulp Oleoresins. [Thesis] Yogyakarta. Gadjah Mada University.
- National Standardization Agency. 2013. *SNI 0004:2013 White Pepper*. Jakarta: National Standardization Agency.
- Nitin R, Seema Y, A.K. V, Lalit T, Kr. SR. 2012. Quality Specifications on *Piper nigrum* L. - A Spice and Herbal Drug of Indian Commerce. *Int J Adv Food Sci Technol.* 1(1):1–11.
- Orav A, Stulova I, Kailas T, Müürisepp M. 2004. Effect of Storage on the Essential Oil Composition of *Piper nigrum* L. Fruits of Different Ripening States. *J Agric Food Chem.* 52(9):2582–2586.
- Piggott JR, Othman Z. 1993. Effect of Irradiation on Volatile Oils of Black Pepper. *Food Chem.* 46(2):115–119.
- Prayoga GI, Ropalia, Aini SN, Mustikarini ED, Rosalin Y. 2020. Diversity of Black Pepper Plant (*Piper nigrum*) in Bangka Island (Indonesia) Based on Agro-Morphological Characters. *Biodiversitas.* 21(2):652–660.
- Putri Y, Kusmiadi R, Aini SN. 2018. Peningkatan Kualitas Lada Putih dengan Kombinasi Lama Perendaman dan Penambahan Daun Karamunting (*Melastoma malabathricum*). *AGROSAINSTEK: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian.* 2(2):44–52.
- Raman G, Gaikar VG. 2002. Microwave-Assisted Extraction of Piperine From *Piper nigrum*. *Ind Eng Chem Res.* 41(10):2521–2528.
- Rmili R, Ramdani M, Ghazi Z, Saidi N, El Mahi B. 2014. Composition Comparison of Essential Oils Extracted by Hydrodistillation and Microwave-Assisted Hydrodistillation From *Piper nigrum* L. *J Mater Environ Sci.* 5(5):1360–1367.
- van Ruth SM, Silvis ICJ, Ramos ME, Luning PA, Jansen M, Elliott CT, Alewijn M. 2019. A Cool Comparison of Black and White Pepper Grades. *Lwt.* 106:122–127.
- Sudjarmoko B, Wahyudi A, Hasibuan AM. 2015. Strategi Pengembangan Ekspor Lada Indonesia Berdasarkan Trade Performance Index dan Analytic Hierarchy Process S. *Bul. Littro* 26(1): 63–76.
- Syafrudin M. 2016. Pengaruh Perlakuan Pendahuluan Menggunakan Gelombang Mikro Terhadap Yield dan Kadar Piperine Oleoresin Lada Putih. [Thesis] Yogyakarta. Gadjah Mada University.
- Syakir M, Hidayat T, Maya R. 2017. Karakteristik Mutu Lada Putih Butiran dan Bubuk yang Dihasilkan Melalui Pengolahan Semi Mekanis di Tingkat Petani. *J Penelit Pascapanen Pertan.* 14(3):134–143.
- Uquiche E, Jeréz M, Ortíz J. 2008. Effect of Pretreatment With Microwaves on Mechanical Extraction Yield and Quality of Vegetable Oil From Chilean Hazelnuts (*Gevuina avellana* Mol). *Innov Food Sci Emerg Technol.* 9(4):495–500.
- Wang Y, Li R, Jiang ZT, Tan J, Tang SH, Li TT, Liang LL, He HJ, Liu YM, Li JT, Zhang XC. 2018. Green and Solvent-Free Simultaneous Ultrasonic-Microwave Assisted Extraction of Essential Oil From White and Black Peppers. *Ind Crops Prod.* 114:164–172.

**AGROSAINSTEK****Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian**Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>**Research Article****Pengaruh Teknik Pengendalian Gulma dan Frekuensi Aplikasi Insektisida dan Terhadap Kelimpahan Populasi dan Intensitas Serangan Hama Utama pada Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.)*****The Effect of Weed Control Techniques and Frequencies of Insecticides Application to the Abundance and Damage Intensity of Main Pest on Black Pepper Plant (*Piper nigrum* L.)*****Rion Apriyadi^{1*}, Tri Lestari¹**¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi, Universitas Bangka Belitung, Jl. Raya Balunijuk, Bangka 33215

Received: February 01, 2021 /Received in revised : 16 June, 2021/ Accepted: June 18, 2021

ABSTRACT

The control of pepper stem borer *Lophobaris piperis* Marsh (Coleoptera: Curculionidae) and berry sucker *Dasynus piperis* China (Hemiptera: Coreidae) is using insecticide application and culture technique. The objectives of the research was to asses the effect of weed control techniques and the frequency of insecticide application to the abundance and damage intensity caused by *L. piperis* and *D. piperis* on pepper plant. The research was conducted in local farmer pepper plantation with combination of weed control technique (weeding, herbicide, and *Arachis pintoi*) and frequency of insecticide application (2 and 4 times a year). The abundance of pepper plant pests has discovered in pepper plantation with weed control using weeding and herbicide application combined with frequency of insecticide application 4 times a year. The highest absolute damage intensity and relative damage intensity were found in pepper plantations with a frequency of insecticide applications 2 times a year. The damage intensity tended to decrease in pepper plantation that applied weed control techniques using *A. pintoi*.

Keywords: *Dasynus piperis*; *Lophobaris piperis*; Pepper; Weed control.**ABSTRAK**

Pengendalian penggerek batang lada *Lophobaris piperis* Marsh (Coleoptera: Curculionidae) dan penghisap buah lada *Dasynus piperis* China (Hemiptera: Coreidae) dapat dilakukan dengan menggunakan teknik aplikasi insektisida dan pengendalian secara kultur teknis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teknik frekuensi aplikasi insektisida kimia dan teknik pengendalian gulma terhadap kelimpahan dan intensitas kerusakan yang diakibatkan oleh hama *Lophobaris piperis* Marsh and *Dasynus piperis* China pada tanaman lada. Penelitian dilaksanakan di kebun petani lokal dengan kriteria kebun yang dipilih berupa kombinasi antara teknik pengendalian gulma dengan metode penyiangan, herbisida dan tanaman penutup *Arachis pintoi* Krap. & Greg. serta frekuensi aplikasi insektisida sebanyak 2 kali dan 4 kali setahun. Hasil penelitian mendapatkan bahwa kelimpahan hama tertinggi terdapat pada kebun lada yang menerapkan teknik pengendalian gulma menggunakan penyiangan dan aplikasi herbisida yang dikombinasikan dengan aplikasi insektisida sebanyak 4 kali setahun. Intensitas kerusakan mutlak dan intensitas kerusakan relatif tertinggi ditemukan pada kebun lada dengan aplikasi insektisida sebanyak 2 kali setahun. Intensitas kerusakan cenderung menurun pada kebun lada yang menerapkan teknik pengendalian gulma menggunakan tanaman *A. pintoi*.

Kata kunci: *Dasynus piperis*; Lada; *Lophobaris piperis*; Pengendalian gulma.

*Korespondensi Penulis.

E-mail : rionapriyadi2@gmail.com (R Apriyadi)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i1.241>

1. Pendahuluan

Komoditas perkebunan merupakan komoditas penting penghasil devisa negara tertinggi dibandingkan dengan komoditas lainnya. Salah satu komoditas perkebunan unggulan yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah lada (*Piper nigrum* L.). Tanaman ini telah menjadi penghasil devisa terbesar ketujuh pada kelompok tanaman perkebunan (Rismayani & Kartikawati 2017). Produksi dan nilai ekspor lada tahun 2016 – 2018 mengalami kenaikan walaupun masih dalam angka yang relatif kecil (Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia 2018). Bangka Belitung di tahun 2016 memproduksi 31.896 ton lada atau sekitar 39% dari total produksi nasional (BPS Bangka Belitung 2020). Keberlanjutan produksi masih menjadi permasalahan budidaya lada di provinsi ini dengan penurunan produktivitas pada tahun 2016 menjadi 1,24 ton.ha⁻¹ dari 1,53 ton.ha⁻¹ pada beberapa tahun sebelumnya (BPS Bangka Belitung 2020). Beberapa kendala yang dihadapi oleh petani lada khususnya petani lokal di provinsi kepulauan Bangka Belitung adalah keterbatasan bibit unggul, serangan hama dan penyakit serta perilaku pascapanen yang masih belum optimal.

Penurunan produksi lada dapat diakibatkan oleh serangan hama dan penyakit dari masa pembibitan hingga produksi (Pribadi *et al.* 2015). Beberapa hama utama yang menyerang tanaman lada dan mengakibatkan kerusakan yang serius diantaranya adalah penggerek batang lada *Lophobaris piperis* Marsh (Coleoptera: Curculionidae) dan penghisap buah lada *Dasynus piperis* China (Hemiptera: Coreidae). Intensitas kerusakan yang ditimbulkan oleh kedua hama utama tersebut relatif cukup tinggi dan berdampak terhadap produksi tanaman lada. Serangan penggerek batang lada mampu menimbulkan kerusakan hingga 42,83 % dan dapat menyebabkan kematian pada tanaman lada jika menyerang pada bagian pangkal batang. Hasil penelitian Laba & Trisawa (2006) menunjukkan bahwa serangan seekor larva penggerek batang lada dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 43,48 % per tanaman. Selain itu, hama penghisap buah lada juga dapat menyerang tanaman lada dengan intensitas yang cukup tinggi. Serangan penghisap buah umumnya ditemukan sejak buah berumur 4,5 bulan dengan cara menghisap cairannya sehingga buah menjadi keriput, kosong dan rusak (Rohimatun & Laba 2013).

Tingginya intensitas serangan hama pada tanaman lada menuntut petani untuk melakukan berbagai upaya pengendalian hama secara intensif, diantaranya menggunakan aplikasi insektisida kimia secara terjadwal. Aplikasi insektisida sintetik secara intensif mampu mengendalikan hama secara

cepat dan efektif dibandingkan dengan teknik pengendalian lainnya. Akan tetapi, penggunaan insektisida ini memiliki beberapa kelemahan diantaranya adalah munculnya masalah resistensi hama dan kesehatan lingkungan. Penggunaan alternatif pengendalian hama lainnya yaitu pengendalian secara kultur teknis gulmayang secara tidak langsung berpengaruh terhadap kelimpahan hama pada suatu ekosistem. Pengendalian gulma pada perkebunan lada umumnya dilakukan beberapa cara seperti manual, menggunakan herbisida kimia dan atau melalui penanaman tanaman penutup tanah seperti *Arachis pinto* Krap. & Greg.

Intensitas penggunaan insektisida kimia dengan target hama utama lada yang dikombinasikan dengan berbagai teknik pengendalian gulma merupakan kombinasi strategi pengendalian hama yang perlu diteliti tingkat efektivitasnya dalam menurunkan tingkat serangan hama. Penelitian ini dilaksanakan sebagai upaya untuk mengetahui pengaruh kombinasi teknik pengendalian gulma dan frekuensi aplikasi insektisida kimia dalam menekan kelimpahan hama utama dan menurunkan intensitas kerusakan yang ditimbulkan.

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus – November 2020 di perkebunan lada petani lokal di desa Zed, Kemuja, Jada Bahrin dan Mendo Barat - Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alkohol 70%, tali rafia, alat tulis, plastik klip dan kertas label, sedangkan alat yang digunakan yaitu jaring serangga, kamera, gunting dahan dan peralatan pertanian lapangan. Penelitian dilaksanakan pada lahan pertanaman lada petani lokal menggunakan metode survey dengan teknik pengambilan sampel secara sengaja dengan kriteria kebun lada telah berumur minimal 2 tahun dan minimal berproduksi sebanyak satu kali, selanjutnya kriteria kebun tersebut diklasifikasi mengikuti kombinasi sebagai berikut:

- Kebun 1: Pengendalian gulma dengan penyiangan dan aplikasi insektisida 2×/tahun
- Kebun 2: Pengendalian gulma dengan herbisida dan aplikasi insektisida 2×/tahun
- Kebun 3: Pengendalian gulma dengan *Arachis pinto* dan aplikasi insektisida 2×/tahun
- Kebun 4: Pengendalian gulma dengan penyiangan dan aplikasi Insektisida 4×/tahun
- Kebun 5: Pengendalian gulma dengan herbisida dan aplikasi insektisida 4×/tahun
- Kebun 6: Pengendalian gulma dengan *Arachis pinto* dan aplikasi insektisida 4×/tahun

Setiap kombinasi diulang sebanyak 2 kali sehingga diperoleh jumlah stasiun pengamatan sebanyak 12 kebun lada.

Pengamatan Serangan Lophobaris piperis Marsh

Pengamatan serangan *L. piperis* menggunakan transek garis sebanyak 4 garis pada setiap kebun, setiap transek diwakili oleh 15 tanaman sehingga terdapat 60 tanaman lada yang diamati pada setiap kebun. Pengamatan diawali dengan menghitung jumlah sulur panjat pada setiap tanaman lada dan dilanjutkan dengan pengamatan langsung pada setiap sulur yang menunjukkan gejala serangan *L. piperis*. Pengamatan dilaksanakan dengan teknik serupa pada setiap kriteria kebun yang telah ditentukan.

Pengamatan Serangan Dasynus piperis China

Penentuan tanaman sampel menggunakan pola diagonal yang diambil dari ujung setiap sudut kebun. Setiap kebun dipilih sebanyak 30 tanaman lada yang terdistribusi pada setiap jalur diagonal. Pada setiap tanaman sampel dipilih malai lada sebanyak 12 malai yang diambil dari bagian bawah, tengah dan atas tanaman lada secara acak sehingga terdapat sebanyak 360 malai yang diamati pada setiap kebun pengamatan. Pengamatan dilakukan dengan mengidentifikasi gejala serangan *D. piperis* pada buah lada yang ditandai dengan ciri khas sebagai berikut:

1. Buah lada berbentuk keriput, tidak bulat utuh dan hampa
2. Terdapat titik serangan berwarna cokelat pada buah lada dan dikelilingi warna kekuningan.

Pengamatan Kelimpahan Hama Utama Lada

Teknik koleksi serangga hama utama lada dilakukan dengan menggunakan teknik *sweeping* menggunakan jaring serangga pada transek lurus sebanyak 4 transek pada setiap kebun. *Sweeping* dilakukan pada tanaman lada di sisi kanan dan kiri jalur transek sebanyak 2 kali pada alur transek yang sama. Serangga yang diperoleh kemudian dilakukan sortasi dan dikelompokkan sesuai dengan spesies target yaitu *L. piperis* dan *D. piperis*. Hasil koleksi dimasukkan ke dalam wadah dan dilakukan labelisasi menggunakan kertas label.

Pengamatan Mikroklimat

Pengamatan mikroklimat kebun lada dilakukan saat pengambilan sampel serangga hama meliputi beberapa peubah yaitu intensitas cahaya, suhu, dan kelembaban. Pengamatan intensitas cahaya dilakukan diantara tajuk tanaman lada pada ketinggian 50 cm dari atas permukaan tanah menggunakan *lux meter* sedangkan pengamatan suhu dan kelembaban dilakukan menggunakan

thermohigrometer pada ketinggian 100 cm dari atas permukaan tanah. Pengamatan dilakukan sebanyak 3 kali pada pukul 08.00, 12.00 dan 16.00 dan diulang sebanyak 2 kali. Pengamatan mikroklimat dilakukan untuk mengakomodir 3 waktu yang berbeda dalam 1 hari yang sama sehingga data harian yang diperoleh lebih objektif.

Peubah Pengamatan

Kelimpahan spesies hama utama dihitung pada setiap kombinasi kebun yang dijadikan stasiun pengamatan dan diseparasi berdasarkan target hama utama yang telah ditentukan. Jumlah tanaman terserang dihitung untuk setiap sampel pada masing-masing kombinasi kebun contoh yang terindikasi terserang oleh hama.

Intensitas kerusakan dengan tipe kerusakan mutlak yang diakibatkan oleh hama dihitung dengan rumus sebagai berikut (Natawigena 1989):

$$P = \frac{a}{a + b} \times 100\%$$

Keterangan: P= intensitas kerusakan; a= jumlah tanaman terserang; b= jumlah tanaman tidak terserang.

Intensitas kerusakan dengan tipe kerusakan secara bervariasi yang diakibatkan oleh hama lada digunakan rumus sebagai berikut Leatemia & Rumthe (2011):

$$P = \frac{\sum(n.v)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan: P=Intensitas kerusakan; n= jumlah malai panjat atau sulur lada dari tiap kategori serangan; v= nilai skala dari tiap kategori serangan; Z= nilai skala dari tiap kategori serangan tertinggi; N= jumlah sulur panjat atau malai lada yang diamati.

Skala Penilaian Kategori Serangan :

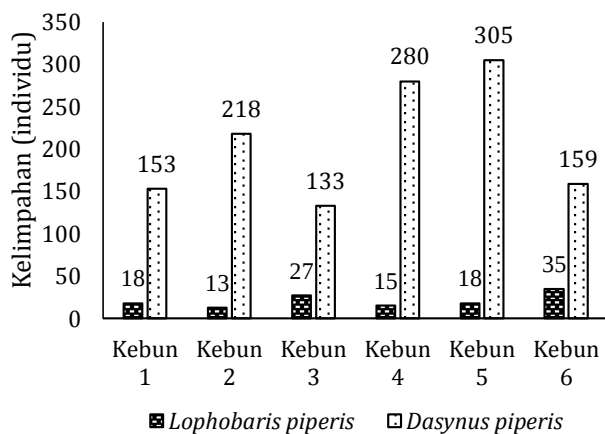
- 0 = tidak ada kerusakan
- 1 = tingkat kerusakan 1 – 20 %
- 3 = tingkat kerusakan 21 – 40 %
- 5 = tingkat kerusakan 41 – 69 %
- 7 = tingkat kerusakan 61 – 80 %
- 9 = tingkat kerusakan lebih 80 %

3. Hasil

Kelimpahan Populasi Lophobaris piperis Marsh dan Dasynus piperis China

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan dan distribusi hama utama pada tanaman lada di berbagai kebun dengan perbedaan teknik pengendalian gulma dan frekuensi aplikasi insektisida memiliki kelimpahan individu yang

berbeda-beda. Kelimpahan serangga hama *L. piperis* tertinggi ditemukan pada kebun lada dengan teknik pengendalian gulma menggunakan *A. pinto*i dan frekuensi aplikasi insektisida sebanyak 4 kali dalam setahun yaitu sebanyak 35 individu, diikuti oleh kebun lada dengan teknik pengendalian gulma menggunakan *A. pinto*i dan frekuensi aplikasi insektisida sebanyak 2 kali dalam setahun. Kelimpahan *L. piperis* terendah terdapat pada kebun lada dengan teknik pengendalian gulma menggunakan herbisida kimia dan frekuensi aplikasi insektisida sebanyak 2 kali dalam setahun (Gambar 1).



Keterangan :

Kebun 1: Pengendalian gulma dengan penyiangan dan aplikasi insektisida 2x/tahun

Kebun 2: Pengendalian gulma dengan herbisida dan aplikasi insektisida 2x/tahun

Kebun 3: Pengendalian gulma dengan *Arachis pinto*i dan aplikasi insektisida 2x/tahun

Kebun 4: Pengendalian gulma dengan penyiangan dan aplikasi insektisida 4x/tahun

Kebun 5: Pengendalian gulma dengan herbisida dan aplikasi insektisida 4x/tahun

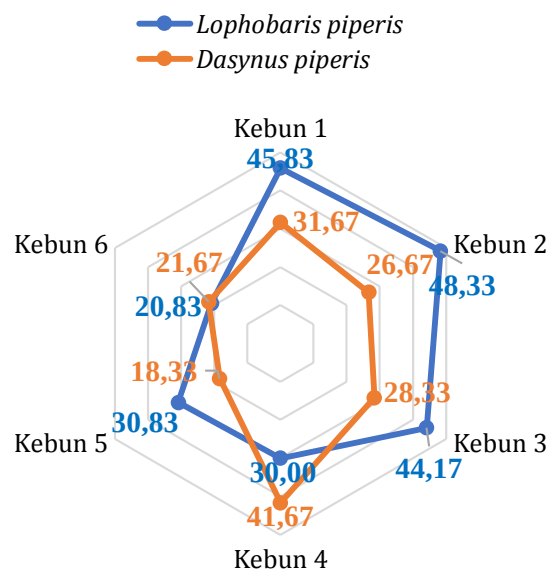
Kebun 6: Pengendalian gulma dengan *Arachis pinto*i dan aplikasi insektisida 4x/tahun

Gambar 1. Kelimpahan *Lophobaris piperis* dan *Dasynus piperis* pada setiap stasiun pengamatan

Kelimpahan hama penghisap buah lada *D. piperis* tertinggi dijumpai pada kebun lada dengan teknik pengendalian gulma menggunakan herbisida dan frekuensi aplikasi insektisida sebanyak 4 kali dalam setahun sebanyak 305 individu, diikuti oleh kebun lada dengan penyiangan gulma dan frekuensi aplikasi insektisida 4 kali dalam setahun dengan 280 individu. Kelimpahan individu *D. piperis* terendah ditemukan pada kebun lada yang mengendalikan gulma dengan *A. pinto*i dan aplikasi insektisida sebanyak 2 kali dalam setahun sebanyak 133 individu.

Intensitas Kerusakan Mutlak

Intensitas kerusakan mutlak akibat serangan *L. piperis* dan *D. piperis* bervariasi pada setiap kebun lada. Serangan *L. piperis* dengan intensitas kerusakan mutlak tertinggi ditemukan pada kebun lada dengan perlakuan pengendalian gulma menggunakan herbisida dan aplikasi insektisida sebanyak 2 kali dalam setahun sedangkan kebun lada dengan pengendalian gulma menggunakan *A. pinto*i dan frekuensi aplikasi insektisida 4 kali dalam setahun memiliki intensitas kerusakan mutlak akibat serangan *L. piperis* terendah. Intensitas kerusakan mutlak akibat serangan *D. piperis* tertinggi ditemukan pada kebun lada dengan teknik pengendalian gulma menggunakan penyiangan dan frekuensi aplikasi insektisida sebanyak 4 kali dalam setahun. Kebun lada dengan pengendalian gulma menggunakan herbisida dan aplikasi insektisida kimia sebanyak 4 kali setahun merupakan kebun lada yang memiliki intensitas kerusakan mutlak terendah (Gambar 2).

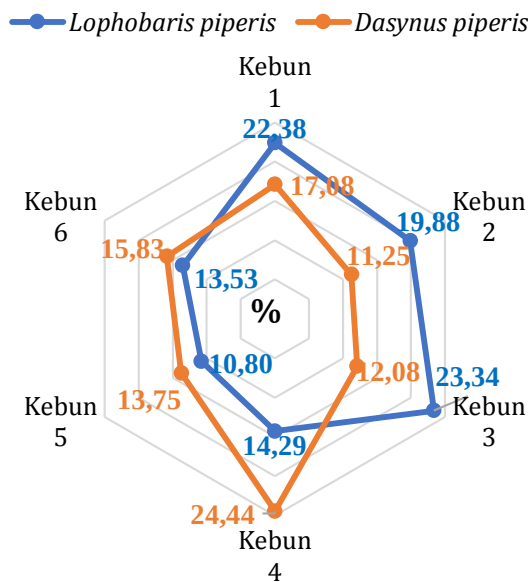


Gambar 2. Intensitas kerusakan mutlak pada tanaman lada yang disebabkan oleh *Lophobaris piperis* dan *Dasynus piperis*.

Intensitas Kerusakan Relatif

Intensitas kerusakan relatif pada tanaman lada yang muncul akibat serangan hama *L. piperis* berada pada kisaran 10,80% - 23,34 % sedangkan kerusakan relatif yang ditimbulkan oleh *D. piperis* berada pada kisaran 11,25% -24,44%. Kebun lada dengan teknik pengendalian gulma menggunakan *A. pinto*i dan aplikasi insektisida 2 kali setahun memiliki intensitas kerusakan relatif akibat serangan *L. piperis* tertinggi sedangkan kebun lada dengan pengendalian gulma menggunakan herbisida dan aplikasi insektisida sebanyak 4 kali

setahun memiliki intensitas kerusakan relatif terendah. Serangan hama *D. piperis* pada perkebunan lada dengan intensitas kerusakan relatif tertinggi ditemukan pada kebun lada dengan pengendalian gulma secara mekanis dengan penyiangan dan aplikasi insektisida sebanyak 4 kali dalam setahun sedangkan intensitas kerusakan relatif terendah akibat serangan *D. piperis* ditemukan pada kebun lada dengan pengendalian gula dengan herbisida dan aplikasi insektisida sebanyak 2 kali dalam setahun (Gambar 3).



Gambar 3. Intensitas kerusakan relatif pada tanaman lada yang disebabkan oleh *Lophobaris piperis* dan *Dasynus piperis*.

Faktor-Faktor Ekologis Perkebunan Lada

Suhu udara pada kebun lada di kabupaten Bangka yang menjadi stasiun pengamatan dalam penelitian berkisar antara 28,55 – 30,75 °C dengan suhu rerata keseluruhan stasiun pengamatan yaitu 29,32 °C. Kelembaban udara rata-rata pada semua stasiun pengamatan yaitu 61,88 % dengan

kelembaban terendah pada kebun lada dengan pengendalian gulma menggunakan *A. pinto* dan aplikasi insektisida 2 kali setahun dengan 49,35%. Intensitas cahaya pada stasiun pengamatan berada pada kisaran 13,42 kilo lux (klx) hingga 15,8 klx dengan intensitas cahaya rerata total sebesar 14,95 klx (Tabel 1).

Tabel 1. Parameter lingkungan (Suhu, Kelembaban dan Intensitas Cahaya) pada kebun lada yang diamati

Kebun	Parameter Lingkungan		
	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Intensitas Cahaya (klx)
Kebun 1	28,85	56,9	15,05
Kebun 2	29,7	56,8	15,17
Kebun 3	30,75	49,35	13,42
Kebun 4	29	69,35	15,125
Kebun 5	28,55	69,9	15,8
Kebun 6	29,05	68,95	15,13
Rerata	29,32	61,88	14,95

Hubungan Antara Faktor Lingkungan terhadap Kelimpahan dan Intensitas Kerusakan Mutlak yang Diakibatkan oleh Hama Utama Lada.

Korelasi antara faktor lingkungan dengan kelimpahan dan intensitas kerusakan mutlak yang ditimbulkan oleh kedua hama utama pada tanaman lada memiliki koefisien yang bervariasi. Suhu udara di sekitar perkebunan lada berkorelasi negatif kuat dengan kelimpahan *D. piperis* dan berkorelasi positif lemah dengan kelimpahan *L. piperis*. Kelembaban udara berkorelasi negatif kuat dengan intensitas kerusakan mutlak yang dihasilkan oleh hama *L. piperis* serta berkorelasi positif kuat dengan kelimpahan *D. piperis*. Intensitas cahaya berkorelasi positif kuat dengan kelimpahan *D. piperis* pada pertanaman lada (Tabel 2).

Tabel 2. Korelasi person antara faktor-faktor lingkungan dengan intensitas kerusakan dan kelimpahan individu hama penting tanaman lada

Parameter lingkungan	Kelimpahan <i>L. piperis</i>	Kelimpahan <i>D. piperis</i>	IKM <i>L. piperis</i>	IKM <i>D. piperis</i>
Suhu	0,222	-0,567	0,496	0,093
Kelembaban	0,029	0,684	-0,852	-0,101
Intensitas Cahaya	-0,369	0,690	-0,386	-0,226

4. Pembahasan

Kelimpahan penggerek batang lada (*L. piperis*) dan penghisap buah lada (*D. piperis*) bervariasi berdasarkan tipe pengendalian gulma dan frekuensi aplikasi insektisida. Kebun lada dengan pengendalian gulma menggunakan herbisida memiliki kelimpahan *D. piperis* tertinggi. Kondisi ini dapat disebabkan oleh tidak tersedianya tumbuhan selain tanaman lada yang berfungsi sebagai tempat berkembangbiaknya musuh alami serangga hama. Tumbuhan gulma memiliki peran asosiatif yang penting dalam upaya konservasi musuh alami dan menyediakan fungsi sebagai inang alternatif serta sebagai penyedia nektar bagi musuh alami tanaman budidaya sebelum inang atau mangsa utama ada pada pertanaman tersebut (Norris & Kogan 2005). Gulma berbunga seperti *Ageratum conyzoides* L. dan *Asystasia intrusa* (Forssk.) Blume adalah jenis gulma yang disukai serangga *Anastatus dasyni* Ferr. yang merupakan musuh alami *D. piperis* karena memiliki cairan manis sebagai pakannya (Kurniawati & Martono 2015). Tingginya kelimpahan *D. piperis* dan *L. piperis* pada kebun lada dengan gulma yang dikendalikan menggunakan herbisida terjadi karena terbatasnya jumlah musuh alami yang berfungsi sebagai agen biokontrol hama pada pertanaman lada. Hilangnya beberapa jenis tumbuhan dalam suatu ekosistem yang berperan sebagai inang alternatif berdampak terhadap kepadatan populasi dan kelimpahan serangga pada ekosistem tersebut serta berpengaruh terhadap perilaku interaksi antara inang dan parasitoid/predator (Price 1997).

Eksistensi gulma dalam suatu habitat tanaman budidaya secara tidak langsung mempengaruhi intensitas serangan hama. Keberadaan gulma dalam suatu pertanaman memiliki fungsi yang secara alamiah dapat mengubah preferensi serangga atau mengganggu kemampuan hama dalam menemukan inangnya melalui orientasi visual dan kimia yang dimiliki oleh serangga (Finch & Collier 2000). Distorsi visual dan kimia yang diakibatkan oleh gulma menjadikan hama mengalami perubahan perilaku dalam menemukan target inangnya secara spesifik. Pola tanam campuran dan adanya intervensi tumbuhan lain seperti gulma pada habitat tanaman budidaya menyebabkan penurunan serangan yang diakibatkan oleh hama-hama spesialis (Smith & McSorley 2000). Capinera (2005) menyatakan bahwa gulma berpotensi menurunkan kerusakan yang dihasilkan oleh serangga dengan mengganggu mekanisme penemuan inang tanaman yang dibudidayakan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara umum intensitas serangan hama *L. piperis* dan *D.*

piperis pada perkebunan lada dengan frekuensi aplikasi insektisida sebanyak 2 kali per tahun memiliki intensitas kerusakan mutlak dan intensitas kerusakan relatif yang lebih tinggi dibandingkan dengan kebun lada dengan frekuensi aplikasi insektisida sebanyak 4 kali dalam setahun. Penggunaan insektisida kimia secara terjadwal dengan frekuensi aplikasi 4 kali mampu menurunkan intensitas kerusakan yang ditimbulkan oleh hama akibat menurunnya populasi hama secara drastis setelah aplikasi insektisida. Aplikasi insektisida kimia sangat efektif dalam mengendalikan hama penggerek batang lada dengan tingkat keberhasilan pengendalian yang tinggi (Deciyanto 2012). Intensitas kerusakan yang disebabkan oleh hama *L. piperis* dan *D. piperis* relatif rendah pada kebun lada dengan tanaman penutup tanah *A. pinto* dan aplikasi insektisida kimia sebanyak 4 kali setahun.

Relatif rendahnya intensitas kerusakan yang ditimbulkan terjadi karena adanya peran *A. pinto* sebagai tanaman penutup tanah yang dapat menjadi inang alternatif bagi musuh alami hama. *A. pinto* menghasilkan bunga sepanjang tahun yang dimanfaatkan oleh musuh alami sebagai pakan bagi imago dan sebagai tempat berkembangbiak sebelum melakukan oviposisi pada hama inang. Menurut Suroso & Herry (2007), kebun lada dengan penutup tanah *A. pinto* memiliki keragaman jenis serangga lebih banyak, baik hama maupun musuh alami. Keragaman jenis serangga pada kebun lada mengindikasikan bahwa kebun tersebut memiliki stabilitas ekosistem yang lebih baik dibandingkan dengan kebun lada dengan penyiangan penuh (Lestari et al. 2019). Menurut Kartohardjono & Arifin (2011), apabila stabilitas ekosistem kurang baik dapat memicu perkembangan hama tanaman ketingkat yang lebih tinggi dikarenakan tidak ada tempat berlindung atau penyedia makanan bagi musuh alami. Ketidakterdapatnya musuh alami dalam perkebunan lada dapat menghentikan pengendalian hama secara alami sehingga hama berkembang biak tanpa adanya penekanan populasi oleh musuh alami. Meningkatnya populasi hama secara langsung akan berdampak terhadap peningkatan intensitas serangan hama tersebut pada tanaman budidaya.

Faktor-faktor abiotik berupa suhu, kelembaban dan intensitas cahaya memiliki hubungan terhadap kelimpahan hama utama lada. Suhu berkorelasi negatif kuat dengan kelimpahan *D. piperis* yang berarti semakin tinggi suhu maka kelimpahan *D. piperis* semakin turun. Faktor-faktor lingkungan antara lain kondisi suhu udara, kelembapan udara, cahaya, vegetasi, dan ketersediaan pakan merupakan faktor-faktor lingkungan yang memberikan pengaruh terhadap keberadaan

serangga pada suatu habitat (Subekti 2012). Intensitas cahaya memiliki korelasi negatif lemah dengan kelimpahan *L. piperis* yang berarti semakin tinggi intensitas cahaya maka potensi kelimpahan *L. piperis* menurun. Intensitas cahaya yang sesuai bagi serangga adalah intensitas cahaya yang tidak terlalu tinggi ataupun rendah (Koneri & Siahaan 2016) intensitas cahaya yang tinggi dapat menurunkan kelembaban dan meningkatkan suhu udara sehingga lingkungan pertanaman lada menjadi kurang optimal bagi serangga hama.

5. Kesimpulan

Kebun lada dengan pengendalian gulma menggunakan *A. pinto* memiliki kelimpahan *D. piperis* yang lebih rendah dari perlakuan pengendalian gulma lainnya namun cenderung memiliki kelimpahan hama *L. piperis* yang sedikit lebih tinggi. Aplikasi insektisida kimia dengan frekuensi 4 kali dalam satu tahun mampu menekan intensitas kerusakan mutlak maupun intensitas kerusakan relatif pada semua jenis pengendalian gulma jika dibandingkan dengan aplikasi insektisida sebanyak 2 kali dalam satu tahun. Intensitas kerusakan mutlak terendah terdapat pada kebun lada yang dikendalikan dengan menggunakan kombinasi perlakuan insektisida sebanyak 4 kali setahun dengan pengendalian gulma menggunakan herbisida, sedangkan intensitas kerusakan relatif terendah terdapat pada kebun lada yang mengkombinasikan antara pengendalian gulma menggunakan *A. pinto* dan aplikasi insektisida sebanyak 4 kali dalam setahun.

6. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

7. Daftar Pustaka

- [BPS Babel] Badan Pusat Statistik Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. 2020. Produksi Lada tahun 2014-2016. Tersedia pada: <https://babel.bps.go.id/indicator/54/557/1/p/produksi-lada.html> (Akses November 2020).
- [DIT]ENBUNTAN] Direktorat Jenderal Perkebunan Pertanian. 2018. Statistik Perkebunan Indonesia 2017- 2018 Lada. Jakarta: Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Capinera JL. 2005. Relationships between Insect Pests and Weeds: An Evolutionary Perspective. *Weed Science*; 53 (6) : 892 – 901
- Deciyanto S. 2012. Pengendalian Hama Penggerek Batang Lada Menghadapi Isu Pembatasan Residu Pestisida. *Pengembangan Inovasi Pertanian*; 5 (1): 32-43
- Finch S, Collier RH. 2000. Host Plant Selection by Insects - a Theory Based on 'Appropriate/Inappropriate Landings' by Insects of Cruciferous Plants. *Entomol. Exp. Appl*; 96 : 91-102.
- Kurniawati N, Martono E. 2015. Peran Tumbuhan Berbunga sebagai Media Konservasi Artropoda Musuh Alami. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*; 19 (2): 53-19
- Kartohardjono, A. 2011. Penggunaan Musuh Alami sebagai Komponen Pengendalian Hama Padi Berbasis Ekologi. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian*; 4(1): 29-46.
- Koneri R, Siahaan P. 2016. Kelimpahan Kupu-kupu (Lepidoptera) di Kawasan Cagar Alam Gunung Ambang Sulawesi Utara. *Jurnal Pro-Life*; 3(2):71 -82.
- Laba IW, Trisawa IM. 2006. Pengelolaan Ekosistem untuk Pengendalian Hama Lada. *Jurnal Buletin Littro*; 5(2): 86-97.
- Leatemia J, Rumthe RY. 2011. Studi Kerusakan Akibat Serangan Hama pada Tanaman Pangan di Kecamatan Bula, Kabupaten Seram Bagian Timur, Propinsi Maluku. *Jurnal Agroforestri*; 6(1): 52-56.
- Lestari T, Apriyadi R, Husein A.M. 2019. Damage Intensity of Pepper Stem-Borer (*Lophobaris piperis*) on Different Weed Control in Bangka Belitung Archipelago Province. *International Conference on Maritime and Archipelago, Advances in Engineering Research*; 167: 145 – 149
- Natawigena. 1989. Pestisida dan Kegunaannya. Bandung : CV Armico
- Norris RF, Kogan M. 2005. Ecology of Interaction Between Weeds and Arthropods. *Ann. Rev.Entomol*; 50: 479 - 503
- Pribadi ER, Laba IW, Rohimatun, Yolanda K, Willis M. 2015. Kelayakan Ekonomi Pengendalian Hama Penghisap Buah Lada (*Dasynus piperis* China.). *Jurnal Buletin Littro*; 26 (2): 156-164.
- Price PW. 1997. *Insect Ecology*. New York: John Wiley & Sons
- Rismayani, Kartikawati A. 2017. Struktur dan Komposisi Gulma pada Tanaman Lada yang Berperan Mengonversi Serangga Parasitoid. *Jurnal Buletin Littro*; 28(1): 65-74.
- Rohimatun, Laba IW. 2013. Efektivitas Insektisida Minyak Sereh Wangi dan Cengkeh Terhadap

- Hama Penghisap Buah Lada (*Dasynus piperis* L.). Jurnal Buletin Littro; 24(1): 26-34.
- Smith, HA, McSorley R. 2000. Intercropping and Pest Management: a review of major concepts. Am. Entomol; 46:154-161.
- Subekti N. 2012. Keanekaragaman Jenis Serangga di Hutan Tinjomoyo Kota Semarang Jawa Tengah. Jurnal Tengkawang; 2(1):19-26.
- Suroso, Herry S. 2007. Manfaat Penggunaan *Arachis pinto*i Terhadap Perkembangan Musuh Alami Hama Tanaman Lada. Prosiding Temu Teknis Nasional Tenaga Fungsional Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan Bandar Lampung.

**AGROSAINSTEK****Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian**Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>**Research Article****Potensi Bakteri Asal Bambu dalam Memproduksi Asam Indol Asetat (IAA)*****The Potential of Bacteria from Bamboo in Producing Indole Acetic Acid (IAA)*****Maisya Zahra Al Banna^{1*}, Widiastini Arifuddin¹**¹Pendidikan Biologi STKIP Pembangunan Indonesia. Jl. Inspeksi Kanal Citraland No.10, Makassar 90241

Received: January 10, 2021 / Received in revised : June 10, 2021/ Accepted: June 28, 2021

ABSTRACT

Bamboo are known having a high adaptive ability to tolerate environmental changes or stresses. Endogenous microorganisms in several parts of bamboo have been reported used as organic fertilizer and biocompost. However, bacterial potential as auxin (IAA) producer has not been widely report, especially for Torajas' local bamboo. In this study, rhizosphere and endophytic bacteria were isolated from six different bamboo. Bamboo samples were obtained from the bamboo forest station area of North Toraja. Rhizosphere bacterial isolates were obtained from the area around the roots of bamboo plants, while endophytic bacterial isolates were obtained from roots and shoots bamboo tissue. Six rhizosphere isolates and 12 endophytic isolates were obtained. All isolates were indentified for morphological, physiological, biochemical tests and IAA's activities. There are 12 IAA-producing isolates, which where dominated by endophytic bacterial isolates. Based on 16S molecular identification, it was found that K12 isolates were similar to *Bacillus cereus*, with an IAA concentration value was 1.301 mg L⁻¹. While K14 isolated has similiarities with *Stenotrophomonas maltophilia* with the abiliy to produce IAA was 2.737 mg L⁻¹. The reconstruction of the phylogeny tree showed that K12 isolate had similiarity with *Bacillus wedimannii*, and K14 isolate was related to *Stenotrophomonas sp.*

Keywords: *Bamboo; Endophytic bacteria; IAA production; Rhizosphere bacteria.***ABSTRAK**

Bambu dikenal sebagai memiliki kemampuan adaptif yang tinggi dalam mentoleransi perubahan ataupun cekaman lingkungan. Mikroorganisme lokal pada beberapa bagian tanaman bambu telah banyak dilaporkan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik dan biokompos, namun potensi bakteri asal tanaman bambu sebagai penghasil IAA belum banyak dilaporkan. Dalam penelitian ini dilakukan isolasi bakteri rizosfer dan endofit yang berasal dari enam jenis bambu berbeda. Sampel bambu diperoleh dari kawasan hutan bambu Stasiun Mengkendek Tana Toraja. Isolat bakteri rizosfer diperoleh dari daerah sekitar perakaran tanaman bambu, sedangkan isolat bakteri endofit diperoleh dari jaringan segar akar dan rebung bambu. Dalam penelitian ini diperoleh 6 isolat bakteri rizosfer dan 12 isolat bakteri endofit. Seluruh isolat diidentifikasi bentuk sel, tipe Gram, uji biokimia, serta diukur kemampuannya dalam memproduksi IAA. Dari 18 isolat, diperoleh 12 isolat penghasil IAA. Isolat bakteri endofit mendominasi perolehan isolat penghasil IAA. Dari hasil identifikasi 16S diketahui isolat K12 memiliki kemiripan dengan *Bacillus cereus* dan mampu menghasilkan IAA sebesar 1,301 mg L⁻¹, sedangkan isolat K14 memiliki kemiripan dengan *Stenotrophomonas maltophilia* dengan kemampuan menghasilkan IAA sebesar 2,737 mg L⁻¹. Hasil rekonstruksi pohon filogeni menunjukkan isolat K12 memiliki kemiripan pasangan basa dengan *Bacillus weidmannii*, dan isolat K14 memiliki kekerabatan dengan kelompok *Stenotrophomonas sp.*

Kata kunci: *Bambu; Bakteri endofit; Bakteri rizosfer; Produksi IAA.*

*Korespondensi Penulis.

E-mail : mais yazahra.mz@gmail.com (MZ Al Banna)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i1.233>

1. Pendahuluan

Bambu memiliki peran ekologi sebagai tanaman konservasi lingkungan dalam menjaga ekosistem air. Sistem perakaran tanaman bambu tersusun secara solid, sehingga lahan yang ditumbuhi oleh bambu mampu memiliki kemampuan menahan laju erosi. Bambu dikenal memiliki kemampuan adaptif yang tinggi karena dapat beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan maupun cekaman lingkungan (Mishra *et al.* 2014). Selain sebagai tanaman dengan fungsi konservasi, bambu erat pula dikaitkan dengan kearifan lokal suatu daerah. Dalam penelitian ini digunakan tanaman bambu yang berasal dari wilayah Toraja Utara, Kabupaten Tana Toraja.

Penelitian mengenai eksplorasi bakteri asal bambu di Indonesia, khususnya Sulawesi Selatan belum banyak dilaporkan, padahal tanaman bambu memiliki potensi sumber daya genetik yang tinggi. Pengungkapan potensi mikrobial lebih banyak berfokus pada pemanfaatan mikroorganisme lokal (mol) dari rebung bambu sebagai pupuk organik dan biokompos (Ali *et al.* 2018; Gustomi *et al.* 2018). Penelitian yang telah ada tersebut belum memberikan informasi mengenai jenis bakteri yang terdapat pada beberapa bagian bambu, sehingga perlu dilakukan studi mengenai jenis bakteri yang membentuk interaksi dengan tanaman bambu.

Respon adaptif terhadap cekaman abiotik yang dimiliki tanaman bambu menunjukkan kemampuannya dalam meregulasi metabolisme selular dalam kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Fitohormon diketahui sebagai regulator pertumbuhan yang dapat menstimulasi respon ketahanan tanaman terhadap cekaman abiotik (Egamberdieva *et al.* 2017). Salah satu jenis fitohormon adalah asam indol asetat (IAA) yang berperan dalam perkembangan dan pertumbuhan tanaman, seperti pembelahan, elongasi dan diferensiasi sel, secara struktur kimia IAA memiliki kemiripan dengan asam amino triptofan (Asgher *et al.* 2015). Hormon IAA dapat dihasilkan oleh kelompok bakteri endofit dan rizosfer dari beberapa jenis tanaman. Beberapa bakteri endofit yang telah dilaporkan mampu menghasilkan IAA antara lain adalah *Bacillus megaterium*, *Bacillus marinus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cepacia*, sedangkan untuk bakteri rizosfer adalah *Stenotrophomas maltophilia* dan *Arthrobacter pascens* ZZ21 (Aziz *et al.* 2015; Li *et al.* 2018; Patel & Saraf, 2017; Waheeda, 2015).

Interaksi antara bakteri endofit dan tanaman terbentuk melalui kolonisasi pada jaringan tanaman yang ternyata memiliki kemiripan dengan pola kolonisasi akar oleh rizobakteria. Ketika bakteri endofit mengkolonisasi jaringan akar maka

bakteri tersebut akan mudah menginfeksi jaringan tanaman yang lain, sehingga kolonisasi dapat muncul pada beberapa bagian tanaman (Kandel *et al.* 2017). Dengan demikian keberadaan bakteri endofit dan rizosfer akan meningkatkan mekanisme respon ketahanan tanaman, pertumbuhan biomassa akar serta kompetisi perolehan nutrisi (Afzal *et al.* 2019; Pii *et al.* 2015). Pengungkapan jenis bakteri asal bambu serta potensinya sebagai penghasil hormon IAA dapat dijadikan sebagai langkah awal pemanfaatan ragam sumber hayati bambu di wilayah Sulawesi Selatan.

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2020 sampai Desember 2020 di Laboratorium Biologi STKIP Pembangunan Indonesia, dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Pengambilan sampel berupa bagian akar, rebung dan tanah sekitar perakaran bambu dilakukan di kawasan hutan lindung Stasiun Mengkendek.

Pengambilan Sampel

Dalam penelitian ini digunakan satu lokasi pengambilan sampel bakteri penghasil IAA, selanjutnya dipilih enam tanaman bambu yaitu bambu hitam (*Gigantochloa atrovioleaceae*), bambu talang (*Schizostachyum brachycladum*), bambu kuning (*Bambusa vulgaris*), bambu ater (*Gigantochloa atter*), bambu petung (*Dendrocalamus asper*) dan bambu apus (*Gigantochloa apus*). Sampel diperoleh dari beberapa titik yang terdapat di kebun bambu tersebut, sampel tanah yang diambil merupakan bagian dari rizosfer dengan kedalaman 10 cm, sedangkan sampel akar dan rebung bambu digunakan untuk memperoleh isolat bakteri endofit.

Isolasi Bakteri Rizosfer dari Tanah Perakaran Bambu

Bagian akar bambu yang masih ditempel tanah dilarutkan dalam 0,9% larutan NaCl dan divorteks selama 10 menit untuk memperoleh tanah rizosfer murni. Dalam tahapan ini dilakukan pula seri pengenceran dari 10^{-1} sampai dengan 10^{-9} . Sebanyak 100 μ l hasil pengenceran ditumbuhkan pada media *Nutrient Agar* (20g L⁻¹, Merck) (Pastor *et al.* 2012).

Isolasi Bakteri Endofit dari Akar dan Rebung Tanaman Bambu

Sampel berupa bagian akar dan rebung bambu dicuci bersih menggunakan air steril dan

dikeringkan menggunakan kertas filter steril. Satu gram bagian dari sampel ditimbang dan direndam dalam 75% etanol selama 5 menit, dan dilanjutkan perendaman menggunakan larutan Clorox 5% selama 3 menit. Sampel dicuci sebanyak 3-5 kali dan dikeringkan menggunakan kertas steril, kemudian diletakkan pada media *Nutrient Agar* (NA), dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam untuk mengetahui tahapan desinfeksi jaringan berhasil dilakukan. Jika tidak ditemukan koloni tumbuh pada media NA, sampel jaringan dipotong dengan gunting steril dan diletakkan di mortar steril. Tahapan selanjutnya adalah pengenceran bertingkat menggunakan akuades steril dengan gradien pengenceran 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , dan 10^{-5} . Sebanyak 100 µl hasil pengenceran ditumbuhkan pada media NA (Yuan *et al.* 2015).

Karakterisasi Morfologi, Fisiologi dan Biokimia Isolat Bakteri

Pengujian biokimia dilakukan untuk mengidentifikasi isolat bakteri yang diperoleh. Tahap karakterisasi biokimia isolat mengacu pada *Bergey's Manual* yang dilakukan melalui pengujian produksi katalase (CAT), senyawa indol (IND), motilitas (MOT), hidrogen sulfida (H_2S), uji sitrat (CIT), uji metil red (MR) dan uji Voges Proskauer (VP) (Tassadaq *et al.* 2013).

Pengujian Kemampuan Bakteri dalam Menghasilkan IAA

Isolat bakteri yang berhasil diperoleh ditumbuhkan pada media *Nutrient Broth* (20 g L⁻¹, Merck) yang mengandung 200 mg L⁻¹ larutan L-triptofan sebagai prekursor. Sebanyak 1 ml supernatan dipisahkan dari debris sel dan ditambahkan 2 ml reagen Salkowski (0,1 ml 0.5 FeCl₃, 50 ml HClO₄ 50% berdasarkan Gordon dan Werber 1951), selanjutnya diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 530 nm (Chandra *et al.* 2018; Susilowati *et al.* 2018). Konsentrasi IAA dinyatakan dalam mg L⁻¹ yang dihitung berdasarkan kurva standar IAA sintetis pada konsentrasi 0 – 100 mg L⁻¹.

Identifikasi Molekuler Isolat Bakteri Terpilih

Identifikasi molekuler dilakukan dengan mengirimkan sampel biakan murni pada media NA ke Laboratorium Mikrobiologi Rumah Sakit Universitas Hasanuddin. Produk PCR dikirimkan ke lembaga berbayar *First-BASE Laboratories*, Malaysia untuk dilakukan sekuensing. Hasil sekuensing dianalisis menggunakan Program *Multiple Alignment*, Clustal W dengan perangkat lunak Bioedit 7.2.5, dan disejajarkan dengan sekuens nukleotida yang telah dipublikasikan pada situs

GenBank dengan menggunakan program BLAST-N (*Basic Local Alignment Search Tool-Nucleotides*) pada situs NCBI (*National Center for Biotechnology Information*). Nilai homologi pada setiap sampel diketahui menggunakan Clustal X 2.1, selanjutnya pembuatan pohon filogenetik menggunakan program Mega 7.0 dengan metode *joining free*.

Analisis Data

Produksi IAA oleh isolat bakteri dilakukan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 3 ulangan. Tabel dan grafik diolah dengan menggunakan MS Office Excel 2016. Analisis ragam digunakan untuk mengukur pengaruh produksi IAA oleh isolat bakteri, perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut menggunakan DMRT $\alpha = 5\%$ pada software SAS 9.0.

3. Hasil

Hasil Isolasi Bakteri

Berdasarkan metode sebar untuk menumbuhkan isolat, ditemukan isolat bakteri rizosfer pada daerah sekitar perakaran tanaman, serta isolat bakteri endofit yang diperoleh dari jaringan akar dan rebung enam jenis tanaman bambu. Dari hasil isolasi, diperoleh 18 isolat bakteri yang terdiri dari 12 isolat bakteri endofit (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, dan K12) dan 6 isolat bakteri rizosfer (K13, K14, K15, K16, K17, dan K18) (Tabel 1).

Karakterisasi Morfologi, Fisiologi dan Biokimia Isolat

Sebanyak 18 isolat bakteri endofit dan rizosfer diidentifikasi secara morfologi, fisiologi dan karakterisasi biokimia. Bentuk sel dan pewarnaan Gram diamati secara morfologi menggunakan teknik pewarnaan Gram. Morfologi koloni mencakup bentuk, warna, serta pola pertumbuhan diamati setelah masa inkubasi 24 jam pada media NA. Dalam penelitian ini, bentuk sel isolat bakteri sebagian besar adalah bulat (*coccus*), dan tercatat hanya tiga isolat bakteri yang memiliki bentuk sel *basil* (batang). Hasil pengecatan Gram menunjukkan isolat bakteri yang diperoleh didominasi oleh kelompok bakteri Gram negatif. Sedangkan untuk pengamatan warna koloni, hanya satu isolat yang memiliki warna koloni kekuningan yaitu isolat K14, sisanya didominasi oleh koloni berwarna putih bening, putih susu dan putih kekuningan (Tabel 1). Karakterisasi biokimia dilakukan dengan cara pengujian produksi katalase, senyawa indol, motilitas, hidrogen sulfida (H_2S), uji sitrat, uji metil red (MR) dan uji Voges Proskauer (Tabel 2).

Tabel 1. Karakteristik morfologi Isolat Bakteri

Kode Isolat	Bentuk koloni	Elevasi	Permukaan	Margin	Pigmen
K1	iregular	<i>flat</i>	halus	entire	putih susu
K2	filamentous	<i>flat</i>	halus	entire	putih susu
K3	rhizoid	<i>raised</i>	kasar	undulate	putih susu
K4	circular	<i>raised</i>	berkerut	entire	putih susu
K5	iregular	<i>raised</i>	halus	lobate	putih susu
K6	iregular	<i>raised</i>	berkerut	rhizoid	putih susu
K7	circular	<i>convex</i>	kasar	entire	putih bening
K8	rhizoid	<i>raised</i>	kasar	entire	putih susu
K9	circular	<i>flat</i>	halus	entire	putih
K10	circular	<i>raised</i>	halus	entire	putih bening
K11	rhizoid	<i>convex</i>	berkerut	lobate	putih susu
K12	iregular	<i>flat</i>	halus	undulate	putih kekuningan
K13	iregular	<i>flat</i>	halus	curled	putih
K14	circular	<i>raised</i>	halus	lobate	kekuningan
K15	circular	<i>flat</i>	halus	curled	putih
K16	iregular	<i>flat</i>	halus	rhizoid	putih susu
K17	rhizoid	<i>flat</i>	halus	lobate	putih susu
K18	iregular	<i>flat</i>	halus	entire	putih kekuningan

Tabel 2. Karakterisasi Biokimia, Fisiologis dan Biokimia Isolat

Kode Isolat	Bentuk sel	Gram	Katalase	SIM			Sitrat	MR	VP	TSIA			
				Indol	Motility	H ₂ S				Gas	Laktosa	Sukrosa	Glukosa
K1	cocus	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
K2	cocus	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
K3	cocus	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
K4	cocus	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
K5	cocus	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
K6	cocus	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
K7	cocus	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+
K8	cocus	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
K9	cocus	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+
K10	cocus	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+
K11	cocus	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	+
K12	basil	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	+	+
K13	cocus	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+
K14	basil	+	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+
K15	cocus	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
K16	basil	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+
K17	cocus	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
K18	cocus	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+

Keterangan: (+) hasil uji positif; (-) hasil uji negatif.

Aktivitas katalase diindikasikan dengan terjadinya dekomposisi H₂O₂ yang ditunjukkan dengan terbentuknya gas. Hasil pengujian katalase pada seluruh isolat menunjukkan sebagian besar isolat mampu memproduksi gas. Pada pengujian sitrat, hasil positif menandakan terbentuknya enzim sitrat-permease yang dapat mengubah sitrat menjadi piruvat. Dari hasil pengujian sitrat, hanya 3 isolat menunjukkan hasil negatif, isolat lainnya

menunjukkan perubahan warna biru pada media uji yang menandakan perubahan pH menjadi basa. Uji indol bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat dalam membentuk enzim triptopanase, dari hasil ini hanya satu isolat yang memberikan hasil positif dalam mereduksi triptofan. Sama halnya dengan kandungan hidrogen sulfida, dari 18 isolat hanya satu isolat yang menunjukkan kemampuan menghasilkan gas H₂S.

Pengujian selanjutnya adalah MR-VP, dimana hasil positif uji MR ditandai perubahan warna kuning menjadi merah sebagai akibat konversi asam menjadi basa. Dalam penelitian ini, seluruh isolat menunjukkan hasil negatif terhadap uji MR. Sedangkan pada uji VP, hanya 2 isolat menunjukkan hasil negatif. Berdasarkan pengujian fermentasi gula, seluruh isolat menunjukkan kemampuan mampu memfermentasi glukosa, sedangkan untuk fermentasi laktosa dan sukrosa masing-masing isolat bakteri menunjukkan hasil yang beragam. Keseluruhan isolat bakteri yang telah diidentifikasi kemampuan fisiologisnya, selanjutnya dianalisis kemampuannya dalam menghasilkan IAA.

Kemampuan Isolat Bakteri dalam Menghasilkan IAA

Pengujian kemampuan isolat bakteri dalam menghasilkan IAA diukur secara kolorimetrik, dengan menggunakan media kultur NB yang ditambahkan L-triptofan, dan direaksikan menggunakan reagen Salkowski. Pemilihan media cair sebagai media pertumbuhan bagi isolat bakteri penghasil IAA didasarkan pada hasil penelitian [Kafrawi et al. \(2017\)](#) yang melaporkan bahwa media cair dapat menyediakan nutrisi yang cukup untuk menopang proses pertumbuhan dan metabolisme selular bakteri.

Komposisi nutrisi terlarut pada media pertumbuhan akan mempengaruhi kecepatan pertumbuhan sel bakteri. Nutrisi yang lebih kompleks akan menyebabkan bakteri membutuhkan waktu relatif panjang untuk mendegradasi nutrisi. Dalam kondisi nutrisi pertumbuhan yang baik, waktu absorpsi nutrisi cenderung lebih singkat, namun sebaliknya jika kondisi nutrisi terbatas akan menyebabkan sel bakteri beradaptasi melalui sintesis enzim spesifik untuk mendegradasi substrat. Dalam penelitian ini digunakan larutan L-triptofan yang merupakan modulator utama biosintesis IAA. Penambahan triptofan pada media kultur akan meningkatkan produksi IAA oleh seluruh jenis bakteri uji ([Spaepen & Vanderleyden, 2011](#)).

Berdasarkan pengujian kolorimetrik, dari 18 isolat terdapat 12 isolat bakteri penghasil IAA pada rentang konsentrasi $0,318 \text{ mg L}^{-1}$ – $2,737 \text{ mg L}^{-1}$. Tercatat hanya dua isolat bakteri rizosfer yang mampu memproduksi IAA, yaitu isolat yang diperoleh dari tanah sekitar perakaran bambu *Schizostachyum brachycladum* dan *Gigantochloa atter*, dimana masing-masing konsentrasi IAA yang dihasilkan adalah $1,555 \text{ mg L}^{-1}$ oleh isolat K16 dan $2,737 \text{ mg L}^{-1}$ oleh isolat K14. Sedangkan untuk isolat bakteri endofit, terdapat 10 isolat bakteri penghasil IAA (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K10, K12, K14 DAN K16) yang diperoleh dari jaringan akar dan rebung tanaman bambu jenis *Gigantochloa*

atroviolaceae, *Schizostachyum brachycladum*, *Bambusa vulgaris*, dan *Gigantochloa atter*. Pada penelitian ini, bambu jenis *Dendrocalamus asper* dan *Gigantochloa apus* hanya ditemukan isolat bakteri endofit penghasil IAA pada jaringan rebung saja (Tabel 3).

Tabel 3. Produksi IAA oleh isolat bakteri.

Kode Isolat	Jenis Bakteri	Produksi IAA (mg L ⁻¹)
K1	Endofit	0,647 ^b
K2	Endofit	0,658 ^b
K3	Endofit	0,579 ^b
K4	Endofit	0,354 ^a
K5	Endofit	0,666 ^d
K6	Endofit	0,76 ^c
K7	Endofit	0,582 ^b
K8	Endofit	0,318 ^a
K10	Endofit	0,739 ^c
K12	Endofit	1,301 ^d
K14	Rizosfer	2,737 ^e
K16	Rizosfer	1,555 ^f

Keterangan: Angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan hasil uji Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$.

Berdasarkan Tabel 3, isolat bakteri endofit pada jaringan akar menunjukkan konsentrasi IAA tertinggi sebesar $0,666 \text{ mg L}^{-1}$ yang diperoleh dari isolat K5 asal bambu *Bambusa vulgaris*, dan konsentrasi IAA terendah adalah $0,579 \text{ mg L}^{-1}$ dari isolat K3 asal akar bambu *Schizostachyum brachycladum*. Sedangkan pada jaringan rebung, aktivitas IAA tertinggi berasal dari isolat K12 asal rebung *Gigantochloa apus* sebesar $1,301 \text{ mg L}^{-1}$, dan aktivitas IAA paling rendah diperoleh dari isolat K8 asal bambu *Gigantochloa atter* yaitu $0,318 \text{ mg L}^{-1}$.

Pengaruh produksi IAA oleh isolat bakteri dianalisis menggunakan *software* SAS 9.0 (Tabel 3). Hasil analisis data tersebut diperoleh tiga isolat bakteri yang memiliki potensi menghasilkan IAA dalam konsentrasi lebih besar dibandingkan isolat lainnya, yaitu isolat bakteri endofit K12, dan isolat bakteri rizosfer K14 dan K16.

Identifikasi Molekular dan Rekonstruksi Pohon Filogeni Isolat Bakteri

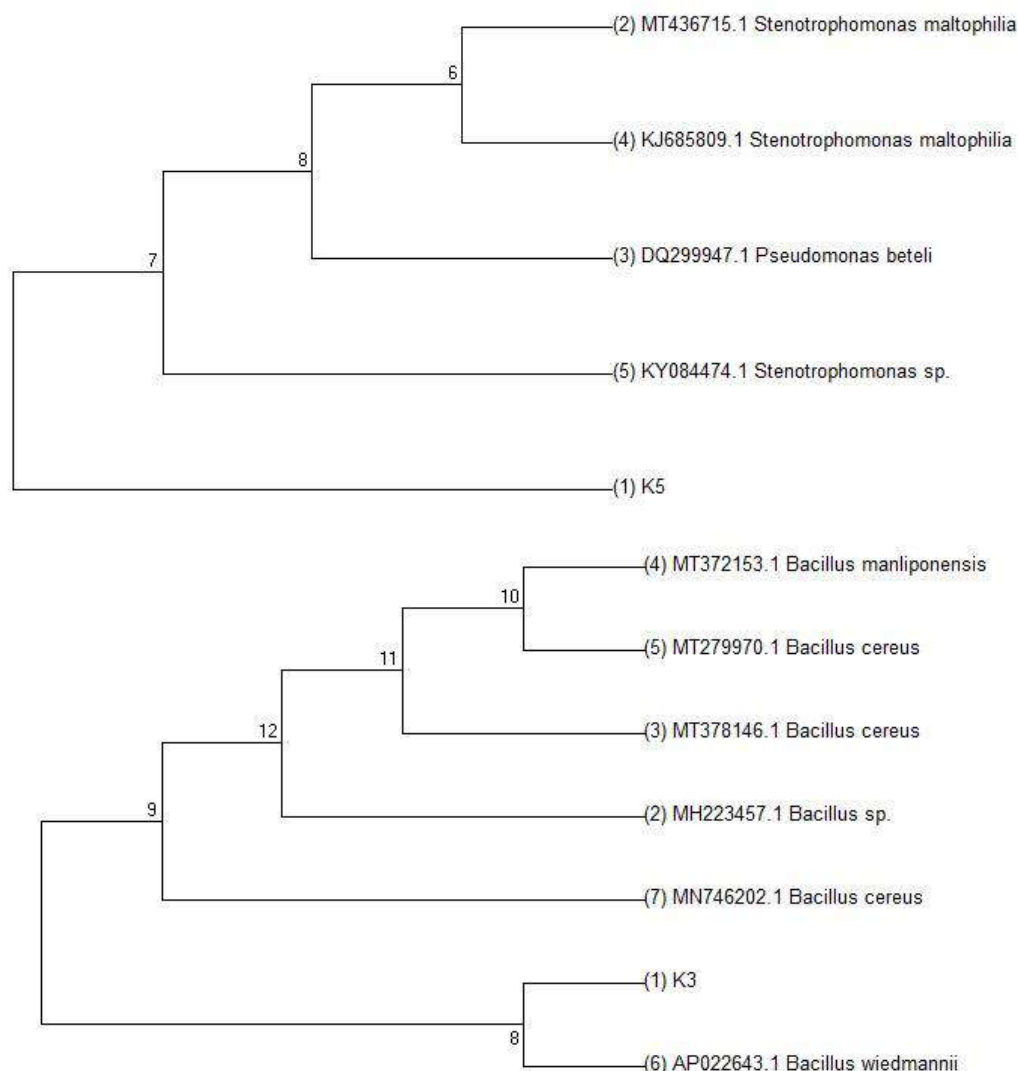
Pada tahap identifikasi ini dipilih dua isolat yang mewakili kelompok bakteri rizosfer dan endofit, yaitu isolat bakteri endofit K12 asal bambu *Gigantochloa apus* dan isolat bakteri rizosfer K14 asal tanah bambu *Schizostachyum brachycladum*. Hasil pembacaan urutan nukleotida pada BLAST menunjukkan isolat K12 memiliki kemiripan sebesar 95,06% dengan *Bacillus cereus* strain K-191, sedangkan isolat K14 mirip dengan *Stenotrophomonas maltophilia* strain APP36

sebesar 85,24% (Tabel 4). Analisis filogenetik dengan metode *neighbor joining free* menunjukkan bahwa isolat K12 memiliki kekerabatan dekat dengan *Bacillus weidmannii* yang diisolasi dari tanah di Jepang. Sedangkan isolat K14 memiliki

kekerabatan dengan bakteri endofit *Stenotrophomonas* sp strain P33 yang berasal dari rumput rai (*Lolium multiflorum*) di Jepang (Gambar 1).

Tabel 4. Hasil Pembacaan BLAST dari Isolat Bakteri

No.	Kode Isolat	GenBank		Homologi (%)	Jenis
		No. asesi	Asal Isolat		
1.	K12	MK590996.1	Untitled, Arab Saudi	95,06	<i>Bacillus cereus</i>
2.	K14	MT533812.1	Bintil akar kacang <i>Cajanus cajan</i> , India	85,24	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>



Gambar 1. Rekonstruksi pohon filogenetik dengan metode *neighbor joining free* berdasarkan hasil sekuens 16S rRNA menunjukkan hubungan kedekatan antara sekuens isolat K12 (kode K3) dan isolat K14 (kode K5) dengan beberapa jenis sekuens bakteri lain.

Kelompok *Bacillus* sp dikenal sebagai “*auxin microfactories*” karena memiliki kemampuan memproduksi IAA sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. *Bacillus cereus* yang diisolasi dari tanah menunjukkan aktivitas IAA sebesar 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (Chagas *et al.* 2015). Sedangkan penelitian lainnya

(Ikram & Ali, 2018) melaporkan *B. cereus* secara signifikan mampu memacu pertumbuhan akar *Vigna mungo* karena memiliki kandungan IAA sebesar 140 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Jenis lain dari *B. cereus* yaitu So311 menghasilkan IAA dengan konsentrasi 36.6 mg L^{-1} (Wagi & Ahmed, 2019).

Bakteri *Stenotrophomonas maltophilia* diketahui sebagai bakteri dominan ditemukan pada daerah rizosfer tanaman jagung, bit, gandum, dan jaringan tanaman kentang. Dalam penelitian ini, isolat K14 memiliki kemiripan dengan *S. maltophilia* (85,24%), yang diisolasi dari rizosfer asal bambu *Schizostachyum brachycladum*. Bakteri *S. maltophilia* dilaporkan memiliki aktivitas antagonis dengan cara menghambat pertumbuhan *Fusarium sp* pada tanaman tomat (Rania *et al.* 2016). Aktivitas IAA oleh *S. maltophilia* dilaporkan dalam penelitian berbeda mampu menghasilkan IAA dengan konsentrasi 95 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (Patel & Saraf, 2017).

4. Pembahasan

Hormon tumbuhan akan mempengaruhi kemampuan tumbuhan dalam merespon kondisi lingkungan. Hormon IAA merupakan kelompok fitohormon yang memegang peranan penting dalam regulasi pertumbuhan tanaman mencakup organogenesis, respon selular, proses pemanjangan, pembelahan, diferensiasi dan regulasi gen. Hormon IAA yang dihasilkan kelompok bakteri pemacu pertumbuhan dapat meningkatkan respon adaptif tanaman terhadap cekaman lingkungan melalui mekanisme mitigasi senyawa inhibitor penyebab cekaman lingkungan pertumbuhan (Wagi & Ahmed, 2019).

Kelompok bakteri endofit dan rizosfer banyak dilaporkan memiliki kemampuan memproduksi IAA dengan melibatkan prekursor berupa L-triptofan yang merupakan kelompok asam amino dengan gugus indol. Triptofan mengandung komponen aktif yang dapat memicu pertumbuhan mikroba (Susilowati *et al.* 2018). Beberapa jenis bakteri dapat menghasilkan triptofan secara endogenus, namun konsentrasi yang dihasilkan terlalu rendah untuk dapat memicu produksi IAA. Bagian biji dan eksudat akar tanaman diketahui mengandung triptofan. Kadar triptofan tergantung pada kondisi tanaman seperti usia tanaman dan kecukupan nutrisi (Patten *et al.* 2013).

Dalam penelitian ini, sebanyak 12 isolat bakteri asal enam jenis tanaman bambu mampu menghasilkan IAA yang diukur secara kolorimetri. Sebagian besar kelompok rizobakteri dan endofit mampu mengubah kerja IAA tanaman lebih optimal. Bakteri penghasil IAA memiliki efek fitostimulus yang dapat meningkatkan perkembangan akar, luas rasio permukaan akar dan perbaikan mekanisme pengambilan nutrisi dan air (Ahmed & Hasnain, 2010). Hormon IAA tergolong metabolit sekunder yang dihasilkan bakteri selama fase stasioner. Produksi IAA oleh bakteri umumnya dihasilkan antara 48 - 72 jam dalam siklus

pertumbuhannya (Ahmed & Hasnain, 2010; Aziz *et al.* 2015).

Berdasarkan karakteristik biokimia, diketahui sebanyak sembilan isolat bakteri tergolong sebagai gram negatif, dan tiga isolat bakteri lainnya merupakan gram positif. Hasil ini selaras dengan beberapa penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa bakteri penghasil IAA didominasi oleh kelompok bakteri gram negatif (Patel & Saraf, 2017). Meskipun demikian dengan semakin masifnya kegiatan eksplorasi bakteri penghasil IAA, maka semakin banyak pula kelompok bakteri gram positif yang dilaporkan dapat memproduksi IAA.

Pada penelitian ini isolat bakteri penghasil IAA didominasi oleh kelompok endofit. Namun jika ditinjau dari konsentrasi IAA yang dihasilkan, isolat bakteri rizosfer memproduksi IAA lebih tinggi dengan rentang konsentrasi 1,555 - 2,737 mg L^{-1} . Sedangkan konsentrasi IAA pada isolat bakteri endofit berkisar pada 0,318 - 1,301 mg L^{-1} .

Konsentrasi IAA yang dihasilkan isolat bakteri endofit dan rizosfer dalam penelitian ini tergolong rendah jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilaporkan sebelumnya. Hal ini mengindikasikan perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk optimasi produksi IAA oleh bakteri endofit dan rizosfer. Optimasi produksi IAA dapat dilakukan dengan cara menumbuhkan isolat pada media cair *yeast extract* yang ditambahkan 200 $\mu\text{g mL}^{-1}$ L-triptofan, lalu diinkubasi pada suhu 37°C selama 168 jam (Patel & Patel, 2014). Produksi IAA akan meningkat signifikan pada jam ke-96 dan semakin menurun pada inkubasi hari ke 120 yang disebabkan karena degradasi IAA oleh enzim intraselular yang terbentuk selama pertumbuhan bakteri (Patel & Saraf, 2017). Induksi biosintesis IAA dapat dilakukan melalui penambahan larutan sukrosa 1%, pepton 1% dan pemberian NaCl 2% pada media pertumbuhan (Aziz *et al.* 2015).

Berdasarkan hasil identifikasi molekuler menggunakan BLAST, isolat bakteri K12 memiliki kemiripan urutan basa dengan bakteri *Bacillus cereus*, sedangkan isolat K14 memiliki kemiripan dengan *Stenotrophomonas maltophilia*. Sedangkan berdasarkan rekonstruksi filogeni, isolat K12 memiliki urutan nukleotida yang mendekati kerabat kelompok *Bacillus weidmannii*. Isolat K14 menunjukkan klade tersendiri, namun diduga tetap memiliki kedekatan kekerabatan dengan kelompok *Stenotrophomonas sp.*

5. Kesimpulan

Sebanyak 18 isolat bakteri asal akar dan rebung tanaman bambu berhasil diperoleh, yang terdiri atas 6 isolat bakteri rizosfer dan 12 isolat bakteri endofit. Seluruh isolat yang diperoleh diidentifikasi

secara morfologi, fisiologi, dan biokimia, serta diukur kemampuannya dalam memproduksi IAA. Hanya 12 isolat bakteri yang mampu menghasilkan IAA, dua diantaranya merupakan isolat bakteri rizosfer dan sisanya adalah isolat bakteri endofit. Produksi IAA tertinggi diperoleh dari isolat K14 dengan konsentrasi IAA sebesar 2.737 mg L⁻¹, selanjutnya adalah isolat K16 dan K12 dengan konsentrasi berturut-turut 1.555 mg L⁻¹, dan 1.301 mg L⁻¹. Dua isolat dipilih untuk diidentifikasi secara molekular, dimana dalam pemilihan isolat tersebut didasarkan pada hasil analisis data menggunakan *software* SAS 9.0. Hasil pembacaan nukleotida pada BLAST menunjukkan isolat K12 memiliki kemiripan dengan *B. cereus*, sedangkan K14 dengan *S. maltophilia*. Rekonstruksi pohon filogeni menunjukkan K12 memiliki kekerabatan dengan *B. weidmannii* dan isolat K14 dengan keluarga *Stenotrophomonas* sp.

6. Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Badan Riset dan Inovasi Nasional melalui bantuan pendanaan skema Penelitian Dosen Pemula tahun 2020.

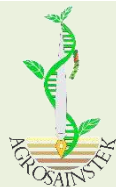
7. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

8. Daftar Pustaka

- Afzal I, Shinwari ZK, Sikandar S, Shahzad S. 2019. Plant Beneficial Endophytic Bacteria: Mechanisms, Diversity, Host Range and Genetic Determinants. *Microbiological Research* 221: 36-49.
- Ahmed A, Hasnain S. 2010. Auxin-Producing *Bacillus* sp: Auxin Quantification and Effect on The Growth of *Solanum tuberosum*. *Pure and Applied Chemistry* 82(1): 313-319.
- Ali H, Kermelita D. 2018. Efektifitas Mikroorganisme Lokal (MOL) Rebung Bambu Sebagai Aktivator Pembuatan Kompos Tahun 2014. *Journal of Nursing and Public Health* 6(1): 8-14.
- Asgher M, Khan MIR, Anjum NA, Khan NA. 2015. Minimising Toxicity of Cadmium in Plants-Role of Plant Growth Regulator. *Protoplasma* 252: 399-413.
- Aziz K, Nawaz M, Nazir J, Anjum AA, Yaqub T, Ahmad MUD, Rehman MU, Aziz G, Khan M. 2015. Isolation, Characterization and Effect of Auxin Producing Bacteria on Growth of *Triticum aestivum*. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 25(4): 1003-1007.
- Chagas Junior AF, De Oliveira AG, De Oliveira LA, Dos Santos GR, Chagas LFB, Lopes da Silva AL, Da Luz Costa J. 2015. Production of Indole-3-Acetic Acid by *Bacillus* Isolated From Different Soils. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 21(2), 282-287.
- Chandra S, Askari K, Kumari M. 2018. Optimization of Indole Acetic Acid Production by Isolated Bacteria from *Stevia rebaudiana* Rhizosphere and Its Effects on Plant Growth. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 16(2): 581-586.
- Egamberdieva D, Wirth SJ, Alqarawi AA, Abdullah EF, Hashem A. 2017. Phytohormones and Beneficial Microbes: Essential Components for Plants to Balance Stress and Fitness. *Frontier in Microbiology* 8: 2104(1)-2104(14).
- Gustomi G, Nurusman L, Susilo S. 2018. Pengaruh Pemberian Mikroorganisme Lokal (MOL) Rebung Bambu Surat (*Gigantochloa vesticillata* (Willd.) Munro) Terhadap Pertumbuhan Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.). *Bioeduscience* 2(1): 81-87.
- Ikram R, Ali B. 2018. Co-inoculation of Auxin Producing PGPR and Rhizobia Enhanced Growth of *Vigna mungo* (L.) Under Cadmium Stress. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society* 6(1): 46-54.
- Kafrawi, Nildayanti, Zahraeni K, Baharuddin. 2017. Comparison of IAA Production by Shallot Rhizosphere Isolated Bacteria in Solid and Liquid Media and Their Effect on Shallot Plant Growth. *Journal of Microbial and Biochemical Technology* 09(06): 266-269.
- Kandel Syam L, Pierre M. Joubert, Sharon L. Doty. 2017. Bacterial Endophyte Colonization and Distribution within Plants. *Microorganisms* 5(77): 2-26.
- Li M, Rui Go, Fei Yu, Xu Chen, Haiyan Zhao, Huixin Li, Jun Wu. 2018. Indole-3-Acetic Acid Biosynthesis Pathways in the Plant-Beneficial Bacterium *Arthrobacter pascens* ZZ21. *International Journal of Molecular Sciences* 19: 443(1)-443(15).
- Mishra G, Krishna G, Shalish P, Rajesh K, N.S Bisht. 2014. Bamboo: potential resource for eco-restoration of degraded lands. *Journal of Biology and Earth Sciences* 4(2): B130-B136.

- Pastor N, Carlier E, Andrés J, Rosas SB, Rovera M. 2012. Characterization of Rhizosphere Bacteria For Control of Phytopathogenic Fungi of Tomato. *Journal of Environmental Management* 95: S332-S337.
- Patel MV, Patel RK. 2014. Indole-3-Acetic Acid (IAA) Production By Endophytic Bacteria Isolated From Saline Dessert, the Little Runn of Kutch. *CIBTech Journal of Microbiology* 3(2): 2319-3867.
- Patel T, Saraf M. 2017. Exploration of Novel Plant Growth Promoting Bacteria *Stenotrophomonas maltophilia* MTP42 Isolated from Rhizosphere Soil of Coleus forskohlii. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 6(11): 944-955.
- Patten CL, Blakney AJC, Coulson TJD. 2013. Activity, Distribution and Function of Indole-3-Acetic Acid Biosynthetic Pathways in Bacteria. *Critical Reviews in Microbiology* 39(4): 395-415.
- Pii Y, Mimmo T, Tomasi N, Terzano R, Cesco S, Crecchio C. 2015. Microbial Interactions in The Rizosphere: Beneficial Influence of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Nutrient Acquisition Process. A review. *Biology and Fertility of Soils* 51(4): 403-415.
- Rania ABA, Jabnoun-Khiareddine H, Nefzi A, Mokni-Tlili S, Daami-Remadi M. 2016. Endophytic Bacteria from *Datura metel* for Plant Growth Promotion and Bioprotection Against *Fusarium* Wilt in Tomato. *Biocontrol Science and Technology* 26(8), 1139-1165.
- Spaepen S, Vanderlayden J. 2011. Auxin and Plant-Microbe Interaction. *Cold Spring Harbor Perspective in Biology* 3(4): a001438.
- Susilowati DN, Riyanti EI, Setyowati M, Mulya K. 2018. Indole-3-Acetic Acid Producing Bacteria and Its Application on The Growth of Rice. *AIP Conference Proceedings 2002* : 020016-1 – 020016-9.
- Tassadaq H, Aneela R, Shehzad M, Iftikhar A, Jafar K. 2013. Biochemical Characterization and Identification of Bacterial Strains Isolated from Drinking Water Source of Kohat, Pakistan. *African Journal of Microbiology Research* 7(16): 1579-1590.
- Wagi S, Ahmed A. 2019. Bacillus spp: Potent Microfactories of Bacterial IAA. *PeerJ* 7: e72589(1)-e72589(14).
- Waheeda P, Radziah Othman, Hawa Jaafar, Mahbubur Rahman, Wong Mul Yun. 2015. Chromatographic detection of phytohormones from the bacterial strain UPMP3 of *Pseudomonas aeruginosa* and UPMB3 of *Burkholderia cepacia* and their role in oil palm seedling growth. *International Journal of Biotechnology Research* 3(5): 073-080.
- Yuan ZS, Liu F, Zhang GF. 2015. Isolation of Culturable Endophytic Bacteria From Moso Bamboo (*Phyllostachys edulis*) and 16S rDNA Diversity Analysis. *Archives of Biological Sciences* 67(3): 1001-1008.

**AGROSAINSTEK****Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian**Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>**Research Article****Variabilitas, Korelasi, dan Analisis Kelas Sepuluh Genotipe Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.)****Variability, Correlation, and Class Analysis of Ten Genotypes of Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.)****Sri Nurmayanti^{1*}, M. Tahir¹, Gusti Ayu Putu Dianti²**¹Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Negeri Lampung. Jl. Soekarno-Hatta No. 10 Rajabasa Bandar Lampung 35144.²Program Studi Produksi dan Manajemen Industri Perkebunan, Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Negeri Lampung

Received: March 16, 2021 /Received in revised : June 10, 2021/ Accepted: June 18, 2021

ABSTRACT

Patchouli is a plant that produces essential oils that cannot be substituted with other essential oils. The genetic diversity of patchouli is low, because in Indonesia there are only five superior clones, and this is caused a limitation for cultivation. Therefore it is necessary to produce new superior clones filled by national standards. This study tested nine patchouli superior genotypes resulting from mutations. The main objective of this research were to obtain the results stability, wide variability, to determine the correlation of each parameter and class closeness among ten patchouli genotypes. The study used nine plant clones of patchouli from the collection and one patchouli variety released in Indonesia as a comparison, namely Lhoksemauwe. The treatments were arranged in a completely randomized block design with three replications. Based on the results of the study, there was no significant difference in almost all observed parameters except for the stem diameter parameter. The genotype used has shown the stability of the results at the Rajabasa location in South Lampung. The variability in almost all parameters showed broad criteria, except for the parameters of cell turgidity and oil yield. Significant positive correlations occurred between several observed parameters. There are four classes formed and three of it have more than 90% closeness.

Keywords: *Class analysis; Correlation; Patchouli; Variability.***ABSTRAK**

Tanaman nilam merupakan tanaman penghasil minyak atsiri dengan nilai ekonomi tertinggi dibandingkan tanaman penghasil minyak atsiri lainnya. Keragaman genetik tanaman nilam tergolong rendah, karena di Indonesia baru terdapat lima klon unggul, dan keterbatasan ini menyebabkan pilihan varietas untuk budidaya juga terbatas. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk menghasilkan klon unggul baru yang memenuhi standar nasional. Penelitian ini menguji sembilan genotipe unggul nilam hasil mutasi pada dataran rendah. Tujuan utama penelitian untuk mendapatkan kestabilan hasil, variabilitas yang luas, mengetahui korelasi tiap parameter, dan kedekatan kelas sepuluh genotipe nilam. Penelitian menggunakan bahan tanam sembilan klon tanaman nilam hasil koleksi dan satu varietas nilam yang telah rilis di Indonesia sebagai pembanding, yaitu Lhoksemauwe. Perlakuan disusun dalam Rancangan Kelompok Teracak Sempurna dengan tiga ulangan. Berdasarkan hasil penelitian tidak terdapat perbedaan signifikan pada hampir seluruh parameter pengamatan kecuali pada parameter diameter batang. Genotipe yang digunakan sudah menunjukkan kestabilan hasil pada lokasi Rajabasa Lampung Selatan. Variabilitas pada hampir seluruh parameter menunjukkan kriteria luas kecuali pada parameter turgiditas sel dan rendemen minyak. Korelasi positif yang signifikan terjadi antara beberapa parameter pengamatan. Kelas yang terbentuk sebanyak empat kelas dan yang memiliki kedekatan lebih dari 90% ada tiga kelas.

Kata kunci: *Analisis kelas; Korelasi; Nilam; Variabilitas.*

*Korespondensi Penulis.

E-mail : sri.cece@gmail.com (S Nurmayanti)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v5i1.265>

1. Pendahuluan

Tanaman nilam merupakan tanaman penghasil minyak atsiri dengan nilai ekonomi tertinggi dibandingkan tanaman penghasil minyak atsiri lainnya. Minyak nilam yang dikenal dengan *Patchouli oil* banyak digunakan industri parfum, kosmetik, dan insektisida. Penggunaan minyak nilam tidak dapat disubstitusi dengan minyak atsiri lainnya (Nuryani & Hadipoentyanti, 1994; Rusli 2006; Nuryani, 2006), sehingga pemakaiannya di dunia menunjukkan kecenderungan yang semakin meningkat dari tahun ke tahun (Isnaeni *et al.*, 2018). Hal ini karena minyak nilam memiliki daya fiksatif yang tinggi, yaitu suatu kemampuan mengikat minyak yang lain sehingga wanginya dapat bertahan lebih lama (Zuyasna, 2009). Menurut Isnaeni *et al.* (2018) hingga saat ini belum ada produk apapun baik alami maupun sintetis yang dapat menggantikan minyak nilam sebagai fiksatif.

Keragaman genetik tanaman nilam masih tergolong rendah. Hal ini karena di Indonesia baru terdapat lima klon unggul, yaitu: Sidikalang dengan SK Mentan No. 319/Kpts/SR.120/8/2005; Lhoksemauwe dengan SK Mentan No. 320/Kpts/SR.120/8/2005; Tapak Tuan dengan SK Mentan No.321/Kpts/SR.120/8/2005; Patchoulina 1 dengan SK Mentan No 4967/Kpts/SR.120/12/2013; dan Patchoulina 2, dengan SK Mentan No 4969/Kpts/SR.120/12/2013. Selain itu, tanaman nilam tidak dapat berbunga sehingga tidak terjadi persilangan baik secara alami maupun secara buatan. Hal tersebut menyebabkan sempitnya variabilitas genetik (Tahir *et al.* 2016).

Keterbatasan klon unggul yang telah dirilis menyebabkan pilihan varietas untuk budidaya juga terbatas. Dengan demikian perlu dilakukan upaya untuk menghasilkan klon unggul baru yang memenuhi standar kualitas dan kuantitas nasional. Saat ini telah terdapat sembilan genotipe unggul hasil mutasi (Wulansari *et al.* 2018) yang memiliki tampilan fenotipe, fisiologi, dan kualitas yang baik (Tahir *et al.* 2019). Untuk memenuhi standar kualitas dan kuantitas nasional dilakukan pengujian multilokasi melalui uji BUSS (baik, unggul, seragam, dan stabil) pada berbagai lingkungan yang berbeda (Khadijah, 2012). Kemantapan daya hasil genotipe terhadap lingkungan yang tidak stabil dengan variasi berbeda karena adanya interaksi antara genotipe dengan lingkungan menyebabkan perbedaan pada tampilan fenotipenya. Genotipe yang mampu menunjukkan kestabilan tampilan fenotipe pada perbedaan lingkungan adalah genotipe yang dikehendaki dalam program pemuliaan tanaman. Meskipun tidak menutup

kemungkinan fenotipe yang ditampilkan berfluktuasi dari lingkungan ke lingkungan (Finlay & Wilkinson, 1963).

Penelitian ini menguji sembilan genotipe unggul hasil mutasi tersebut dan klon Lhoksemauwe sebagai klon unggul pembanding pada dataran rendah yang berlokasi di Rajabasa Lampung Selatan. Penelitian dilakukan di lokasi dataran rendah untuk melihat kesesuaian sembilan genotipe unggul tersebut pada lokasi dataran rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) Mendapatkan kestabilan hasil pada lokasi Rajabasa Lampung Selatan, (2) Mendapatkan variabilitas yang luas untuk sepuluh genotipe nilam, (3) Mengetahui korelasi pada tiap parameter untuk sepuluh genotipe nilam, dan (4) Mengetahui kedekatan kelas sepuluh genotipe nilam.

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di lokasi Rajabasa Lampung Selatan pada bulan April 2020—Januari 2021. Bahan tanam merupakan sembilan klon tanaman nilam generasi MV₆ yang telah diseleksi sejak tahun 2018 (Wulansari *et al.* 2018) hingga 2019 (Tahir *et al.* 2019). Perlakuan dalam penelitian ini disusun dalam Rancangan Kelompok Teracak Sempurna yang dikelompokkan berdasarkan ulangan dengan tiga ulangan.

Pengamatan dilakukan dengan mengamati pertumbuhan nilam pada tiap satuan percobaan. Pengamatan dimulai saat tanaman nilam berumur empat bulan dan hanya satu kali pengamatan. Parameter yang diamati adalah: tinggi tanaman, diameter batang, luas daun, luas daun spesifik, panjang cabang, jumlah cabang, berat basah brangkas, berat kering brangkas, turgiditas sel, kandungan klorofil, kadar air, dan rendemen minyak. Pengamatan turgiditas sel dilakukan pada pagi hari tanggal 19 Januari 2021. Data iklim yang didapatkan dari Stasiun Meteorologi Politeknik Negeri Lampung tercatat pada tanggal 18 Januari 2021 suhu udara rata-rata adalah 29 °C dengan curah hujan harian 1,5 mm.

Data pengamatan diuji Bartlett dan Levene menggunakan Minitab 17 untuk mengetahui kehomogenan data sebelum dilakukan analisis ragam. Jika hasil menunjukkan data telah homogen maka dilanjutkan dengan analisis ragam. Jika hasil analisis ragam yang diperoleh nyata, maka dilakukan pemeringkatan klon dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada α 5%. Variabilitas diduga berdasarkan kuadrat nilai tengah harapan pada hasil analisis ragam. Luas dan sempitnya nilai variabilitas menggunakan pendekatan (Alnopri, 2004) dengan kriteria sempit (0-10%, sedang 10-20%, dan luas > 20%). Korelasi berdasarkan

Spearman-rho. Analisis kelas menggunakan dendrogram untuk mengetahui kedekatan hubungan (antargenotipe).

3. Hasil

Hasil analisis kuadrat nilai tengah untuk seluruh genotipe pada Tabel 1 menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada α 5% untuk parameter tinggi tanaman, luas daun, luas daun

spesifik, panjang cabang, jumlah cabang, turgiditas sel, berat basah brangkasan, berat kering brangkasan, kandungan klorofil, kadar air, dan rendemen minyak. Parameter diameter batang menunjukkan perbedaan yang signifikan pada α 5%. Parameter yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan tidak dilanjutkan analisis pemisahan nilai tengah berdasarkan BNT 0,05. Sedangkan untuk parameter diameter batang dilanjutkan analisis pemisahan nilai tengah berdasarkan BNT 0,05.

Tabel 1. Analisis kuadrat nilai tengah untuk seluruh genotipe yang digunakan.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Tinggi Tanaman	Diameter Batang	Luas Daun	Luas Daun Spesifik	Panjang Cabang	Jumlah Cabang
Ulangan	2	4,90	7,58	79,69	60,61	57,59*	1,23
Genotipe	9	113,57	11,95*	73,23	30,25	20,09	9,72
Galat	18	59,83	4,16	67,53	29,17	15,97	13,46
Total	29						

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Turgiditas Sel	Berat Basah Brangkasan	Berat Kering Brangkasan	Kandungan Klorofil	Kadar Air	Rendemen Minyak
Ulangan	2	0,0055*	717264	260384	35,07	0,26	0,03
Genotipe	9	0,0012	464897	151959	56,00	0,22	0,04
Galat	18	0,0011	860880	161727	69,50	0,16	0,05
Total	29						

Keterangan: * = Signifikan pada α 5%.

Berdasarkan hasil analisis pemisahan nilai tengah pada Tabel 2 diperoleh bahwa Genotipe 7 memiliki nilai tengah tertinggi yaitu 22,90. Diameter batang Genotipe 7 berbeda signifikan dengan diameter batang Genotipe 1. Namun secara umum diameter batang baik Genotipe 7 maupun Genotipe 1 tidak berbeda signifikan dengan delapan genotipe lainnya termasuk klon Lhoksemauwe sebagai pembanding yaitu genotipe 10.

Tabel 2. Analisis pemisahan nilai tengah berdasarkan BNT 0,05%.

Genotipe	Diameter Batang
Genotipe 1	15,83 b
Genotipe 2	21,20 ab
Genotipe 3	20,70 ab
Genotipe 4	17,83 ab
Genotipe 5	21,13 ab
Genotipe 6	20,50 ab
Genotipe 7	22,90 a
Genotipe 8	19,70 ab
Genotipe 9	18,57 ab
Lhoksemauwe	19,53 ab

Keterangan: Nilai tengah yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda secara signifikan pada α 5%.

Hasil analisis variabilitas pada Tabel 3 menunjukkan parameter tinggi tanaman, diameter batang, luas daun, luas daun spesifik, panjang cabang, jumlah cabang, berat basah brangkasan, berat kering brangkasan, kandungan klorofil, dan kadar air memiliki nilai ragam genotipe dan ragam fenotipe luas. Parameter turgiditas sel dan rendemen minyak memiliki nilai ragam genotipe dan ragam fenotipe sempit. Nilai koefisien keragaman genetik (KKg) pada parameter pengamatan tinggi tanaman 0,34, diameter batang 1,02, luas daun 0,43, luas daun spesifik 0,99, panjang cabang 0,49, jumlah cabang 1,59, berat basah brangkasan 0,01, berat kering brangkasan 0,02, turgiditas sel 29,37, kandungan klorofil 0,47, kadar air 15,47, dan rendemen minyak 42,39. Nilai Kkg terbaik adalah 0,01 pada parameter berat basah brangkasan.

Hasil uji korelasi pada Tabel 4 menunjukkan terdapat korelasi positif yang signifikan antara parameter tinggi tanaman dengan diameter batang, tinggi tanaman dengan panjang cabang, tinggi tanaman dengan jumlah cabang, tinggi tanaman dengan berat basah brangkasan, tinggi tanaman dengan berat kering brangkasan, tinggi tanaman dengan kandungan klorofil, diameter batang dengan jumlah cabang, diameter batang dengan berat basah brangkasan, luas daun dengan luas

daun spesifik, luas daun dengan jumlah cabang, panjang cabang dengan jumlah cabang, panjang cabang dengan berat basah brangkasa, panjang cabang dengan berat kering brangkasan, panjang cabang dengan turgiditas sel, panjang cabang dengan kandungan klorofil, jumlah cabang dengan berat basah brangkasan, jumlah cabang dengan berat kering brangkasan, jumlah cabang dengan kandungan klorofil, berat basah brangkasan dengan berat kering brangkasan, dan turgiditas sel dengan kandungan klorofil. Korelasi negatif yang signifikan terjadi antara berat kering brangkasan dan kadar air.

Analisis kelas menggunakan metode tautan tunggal pada genotipe yang digunakan disajikan menggunakan dendrogram pada Gambar 1. Kelas yang terbentuk sebanyak empat kelas yaitu antara Genotipe 1 dengan Genotipe 3 (kelas pertama), Genotipe 2 dengan Genotipe 8 (kelas kedua), Genotipe 6 dengan Genotipe 10 (kelas ketiga), serta Genotipe 4 dengan Genotipe 7 (kelas keempat). Kelas yang memiliki kedekatan lebih dari 90% adalah kelas pertama, kedua, dan ketiga. Kelas terbaik adalah kelas keempat, meskipun kedekatannya kurang dari 90%.

Tabel 3. Analisis variabilitas untuk seluruh parameter pengamatan

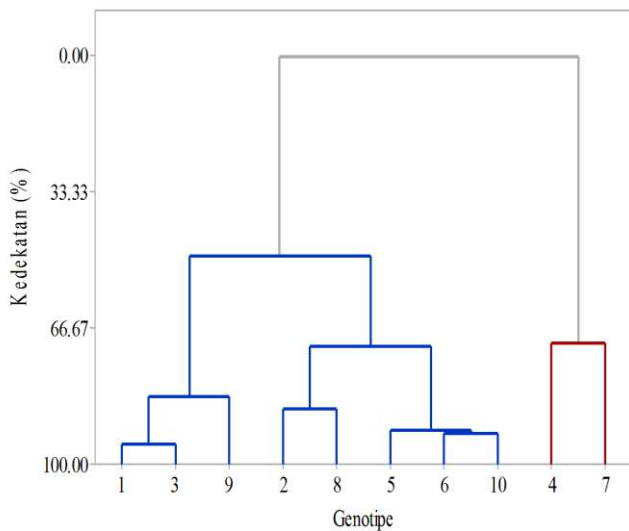
Parameter Pengamatan	Ragam Genotipe (%)	Kriteria	Ragam Fenotipe (%)	Kriteria	KKg (%)
Tinggi Tanaman	13804,85	Luas	9561,83	Luas	0,34
Diameter Batang	1321,02	Luas	1122,58	Luas	1,02
Luas Daun	9237,55	Luas	6251,68	Luas	0,43
Luas Daun Spesifik	1732,69	Luas	1193,00	Luas	0,99
Panjang Cabang	6970,37	Luas	4892,03	Luas	0,49
Jumlah Cabang	644,02	Luas	452,60	Luas	1,59
Berat Basah Brangkasan	17925029,72	Luas	13602860,66	Luas	0,01
Berat Kering Brangkasan	3583611,87	Luas	2675447,63	Luas	0,02
Turgiditas Sel	0,68	Sempit	0,46	Sempit	49,37
Kandungan Klorofil	7609,47	Luas	5229,43	Luas	0,47
Kadar Air	7,01	Luas	5,00	Luas	15,47
Rendemen Minyak	0,96	Sempit	0,67	Sempit	42,39

Keterangan: Kriteria berdasarkan [Alnopri \(2004\)](#) = sempit (0-10%), sedang (10-20%), dan luas (>20%); KKg = Koefisien Keragaman Genetik.

Tabel 4. Analisis korelasi antarparameter pengamatan

Parameter Pengamatan	TT	DB	LD	LDS	PC	JC	BBB	BKB	TS	KK	KA	RM
TT	1											
DB	0,29	1										
LD	0,40*	0,29	1									
LDS	0,05	0,07	0,61**	1								
PC	0,45*	0,36	0,13	0,11	1							
JC	0,72**	0,47**	0,40*	-0,02	0,48**	1						
BBB	0,67**	0,40*	0,33	-0,08	0,38*	0,88**	1					
BKB	0,64**	0,29	0,25	0,06	0,51**	0,79**	0,88**	1				
TS	0,07	0,03	0,13	0,11	0,52**	0,25	0,09	0,16	1			
KK	0,44*	0,14	0,16	0,08	0,47**	0,41*	0,27	0,26	0,46**	1		
KA	-0,17	0,06	0,02	-0,31	-0,31	-0,02	0,02	-0,40*	-0,23	0,02	1	
RM	0,01	0,19	-0,06	0,13	-0,12	-0,02	-0,06	-0,21	-0,19	-0,30	0,29	1

Keterangan: * = Signifikan pada α 5%; ** = Signifikan pada α 1%; TT = Tinggi Tanaman; DB = Diameter Batang; LD = Luas Daun; LDS = Luas Daun Spesifik; PC = Panjang Cabang; JC = Jumlah Cabang; BBB = Berat Basah Brangkasan; BKB = Berat Kering Brangkasan; TS = Turgiditas Sel; KK = Kandungan Klorofil; KA = Kadar Air; RM = Rendemen Minyak.



Keterangan: 1= Genotipe 1; 2= Genotipe 2; 3= Genotipe 3; 4= Genotipe 4; 5= Genotipe 5; 6= Genotipe 6; 7= Genotipe 7; 8= Genotipe 8; 9= Genotipe 9; 10= Lhoksemauwe.

Gambar 1. Analisis kelas kedekatan hubungan antargenotipe.

4. Pembahasan

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 tidak terdapat perbedaan signifikan pada hampir seluruh parameter pengamatan kecuali pada parameter diameter batang. Menurut [Santosa, \(2009\)](#) pada kondisi lingkungan yang hampir sama tampilan fenotipe tanaman ditentukan oleh faktor genetiknya. Hal tersebut karena tampilan fenotipe ditentukan berdasarkan interaksi genetik dengan lingkungan. Sedangkan parameter yang berbeda signifikan menunjukkan adanya keragaman penampilan berdasarkan perbedaan genotipe yang digunakan.

Diameter batang merupakan organ tanaman yang mempengaruhi proses fisiologi tanaman. Hal itu karena batang yang besar akan menyuplai banyak air, unsur hara, dan mineral sehingga akan meningkatkan proses fotosintesis dan pendistribusian asimilat ke seluruh bagian tanaman. [Karyati *et al.* \(2016\)](#) dan [Sandria \(2017\)](#) mengemukakan pertumbuhan diameter batang tanaman berhubungan erat dengan laju fotosintesis tanaman. Hal tersebut karena laju fotosintesis akan berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari yang diterima serta laju respirasi tanaman. Akan tetapi jika sampai pada titik jenuh cahaya tanaman tidak mampu menambah hasil fotosintesis meskipun jumlah cahaya terus bertambah. Selain itu produk fotosintesis berbanding lurus dengan total luas daun aktif yang dapat melakukan fotosintesis. Distribusi asimilat yang tinggi dan merata akan menyebabkan

pertumbuhan jumlah cabang, jumlah daun, dan tinggi tanaman lebih maksimal ([Wahyu *et al.* 2020](#)).

Berdasarkan analisis kuadrat nilai tengah pada Tabel 2 maupun analisis pemisahan nilai tengah pada Tabel 3 menunjukkan bahwa semua genotipe unggul hasil mutasi yang digunakan tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan klon unggul Lhoksemauwe yang digunakan sebagai pembanding. Hal ini memperlihatkan bahwa genotipe hasil mutasi yang digunakan sudah menunjukkan kestabilan hasil pada lokasi Rajabasa Lampung Selatan.

Nilai ragam sangat mempengaruhi keefektifan seleksi dalam pemuliaan tanaman. Seleksi akan lebih efektif dilakukan apabila variabilitas suatu karakter luas, dan sebaliknya seleksi akan kurang efektif apabila variabilitas suatu karakter sempit. Seleksi berdasarkan parameter tinggi tanaman, diameter batang, luas daun, luas daun spesifik, panjang cabang, jumlah cabang, berat basah brangkas, berat kering brangkas, kandungan klorofil, dan kadar air lebih mudah dilakukan. Selain itu peluang untuk memperoleh karakter yang diinginkan semakin besar. Hal itu karena karakter tersebut memiliki keragaman komposisi gen yang tinggi dalam populasinya ([Fajriani, 2012](#)).

Berdasarkan hasil pengamatan turgiditas sel suhu udara yang tinggi menyebabkan laju transpirasi tinggi karena stomata membuka ([Wahyudi *et al.* 2017](#)). Laju transpirasi yang tinggi menyebabkan tanaman menjadi layu apabila kehilangan air apabila tidak segera digantikan oleh air yang berasal dari serapan akar.

Nilai ragam genotipe dan ragam fenotipe turgiditas sel yang sempit diduga akibat pengaruh genetik yang rendah. Selain itu juga dapat dipengaruhi suhu udara pada siang hari yang cukup tinggi terutama pada bulan Januari 2021. Radiasi yang dipancarkan matahari sebagian besar akan diserap tanaman terutama bagian daun. Penyerapan radiasi yang tidak diimbangi dengan pembebasan energinya akan meningkatkan suhu tanaman sehingga mengakibatkan metabolisme tanaman terganggu. Tekanan turgor sel daun berfungsi optimal pada tingkat turgiditas tertentu. Jika turgiditasnya lebih tinggi atau lebih rendah maka fungsi sel tersebut akan menurun ([Nurnasari & Djumali, 2016](#)).

Seleksi berdasarkan parameter turgiditas sel dan rendemen minyak akan kurang efektif karena tidak dapat ditentukan apakah penampilan karakter yang muncul adalah pengaruh genetik atau pengaruh lingkungan. Menurut [Fajriani \(2012\)](#), hal ini karena karakter tersebut tidak memiliki perbedaan keragaman komposisi gen dalam populasinya. Selain itu variabilitas tanaman nilam yang sempit disebabkan karena tanaman

nilam diperbanyak secara vegetatif dan mengalami pembelahan mitosis sehingga keturunan yang dihasilkan cenderung sama dan identik dengan induknya. Meskipun bahan tanam yang digunakan adalah generasi MV₆ hasil mutasi, namun perbanyakan yang dilakukan selanjutnya secara vegetatif sehingga karakter tersebut tidak memiliki perbedaan keragaman komposisi gen dalam populasinya.

Nilai koefisien keragaman genetik (KKg) menunjukkan tingkat kepercayaan terhadap ragam dalam populasi. Nilai KKg yang besar diperoleh dari nilai ragam yang besar. Semakin kecil nilai KKg maka semakin homogen data yang diperoleh dan semakin baik analisis ragam yang dilakukan. Nilai KKg pada parameter pengamatan yang memiliki ragam genotipe dan ragam fenotipe luas berkisar antara 0,01—15,47%. Nilai KKg $\leq$ 25,6% mengindikasikan bahwa pengaruh genetik lebih besar dari pengaruh lingkungan, dan seluruh tampilan fenotipe merupakan hasil kerja genetik dan pengaruh lingkungan dapat diabaikan (Nurmayanti, 2017). Hal tersebut karena semakin kecil nilai KKg maka semakin baik pengaruh genetiknya. Nilai KKg yang kecil dapat menghilangkan perbedaan karena tanaman menjadi seragam.

Parameter pengamatan yang memiliki ragam genotipe dan ragam fenotipe sempit memiliki nilai KKg $>$ 25,6%. Nilai KKg $>$ 25,6% mengindikasikan bahwa parameter tersebut harus diseleksi ulang, karena data untuk parameter tersebut tidak homogen. Parameter yang memiliki nilai KKg $>$ 25,6% mengindikasikan bahwa lingkungan berpengaruh terhadap kinerja genetik sehingga pengaruh lingkungan tidak dapat diabaikan.

Korelasi merupakan angka yang menunjukkan arah dan kuatnya hubungan antar dua peubah atau lebih. Korelasi positif mengindikasikan bahwa peningkatan nilai suatu karakter akan meningkatkan nilai pada karakter lainnya. Menurut Nurmayanti (2017) korelasi positif yang tinggi antarparameter dapat dijadikan acuan untuk melakukan seleksi serentak terhadap lebih dari satu karakter, terutama untuk karakter yang memiliki heritabilitas yang tinggi. Dengan demikian korelasi dapat mempermudah dilakukannya seleksi lebih awal terhadap populasi tanaman dalam pemuliaan tanaman. Korelasi negatif yang signifikan terjadi antara berat kering brangkas dan kadar air. Korelasi negatif mengindikasikan adanya hubungan berbanding terbalik, yaitu peningkatan nilai suatu karakter justru menurunkan nilai pada karakter lainnya. Sehingga jika semakin besar berat kering brangkas maka akan menurunkan nilai kadar airnya.

Nilai kedekatan kelas yang lebih dari 90% mengindikasikan bahwa semua populasi yang telah dipilih memiliki kekerabatan yang erat (Nurmayanti, 2017). Hal tersebut dapat terjadi karena tanaman nilam merupakan tanaman yang berasal dari perbanyakan vegetatif. Perubahan genetik yang terjadi pada perbanyakan vegetatif tersebut disebabkan oleh mutasi somatis yang menghasilkan sel anak yang identik dengan induknya (Wahyu *et al.* 2020). Genotipe 10 sebagai genotipe pembanding memiliki kedekatan kelas dengan Genotipe 6.

Pada analisis ragam secara umum tidak terdapat perbedaan pada hampir semua genotipe yang digunakan, namun dapat terlihat perbedaannya pada analisis kelas. Semakin kekanan kelas maka tampilan genotipe dan fenotipenya semakin baik (Nurmayanti, 2017). Hal itu ditunjukkan oleh perbedaan warna pada dendrogram. Jika tidak terdapat perbedaan warna, maka semua genotipe menunjukkan nilai yang tidak berbeda signifikan.

Hasil analisis kuadrat nilai tengah pada Tabel 2 maupun analisis pemisahan nilai tengah pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa genotipe hasil mutasi yang digunakan sudah menunjukkan kestabilan hasil pada lokasi Rajabasa Lampung Selatan. Berdasarkan analisis kelas, genotipe terbaik yang menunjukkan kestabilan hasil di lokasi Rajabasa Lampung Selatan adalah genotipe pada kelas keempat yaitu Genotipe 4 dan Genotipe 7.

5. Kesimpulan

Tidak terdapat perbedaan signifikan pada hampir seluruh parameter pengamatan kecuali pada parameter diameter batang. Semua genotipe unggul hasil mutasi yang digunakan tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan klon unggul Lhoksemauwe yang digunakan sebagai pembanding. Hal ini memperlihatkan bahwa genotipe hasil mutasi yang digunakan sudah menunjukkan kestabilan hasil pada lokasi Rajabasa Lampung Selatan. Variabilitas pada hampir seluruh parameter menunjukkan kriteria luas kecuali pada parameter turgiditas sel dan rendemen minyak. Korelasi positif yang signifikan terjadi antara tinggi tanaman dengan diameter batang, tinggi tanaman dengan panjang cabang, tinggi tanaman dengan jumlah cabang, tinggi tanaman dengan berat basah brangkas, tinggi tanaman dengan berat kering brangkas, tinggi tanaman dengan kandungan klorofil, diameter batang dengan jumlah cabang, diameter batang dengan berat basah brangkas, luas daun dengan luas daun spesifik, luas daun dengan jumlah cabang, panjang cabang dengan jumlah cabang, panjang cabang dengan berat basah brangkas, panjang cabang dengan berat kering

brangkasan, panjang cabang dengan turgiditas sel, panjang cabang dengan kandungan klorofil, jumlah cabang dengan berat basah brangkasan, jumlah cabang dengan berat kering brangkasan, jumlah cabang dengan kandungan klorofil, berat basah brangkasan dengan berat kering brangkasan, dan turgiditas sel dengan kandungan klorofil. Kelas yang terbentuk sebanyak empat kelas dan genotipe terbaik yang menunjukkan kestabilan hasil di lokasi Rajabasa Lampung Selatan adalah genotipe pada kelas keempat, yaitu Genotipe 4 dan Genotipe 7.

6. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Unit Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Lampung yang telah memberikan hibah dana penelitian pada tahun 2020.

7. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

8. Daftar Pustaka

- Alnopri. 2004. Variabilitas Genetik dan Heritabilitas Sifat-Sifat Pertumbuhan Bibit Tujuh Genotipe Kopi Robusta-Arabika. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 6(2):91–96.
- Fajriani N. 2012. Variabilitas Genetik Sifat Agronomi Beberapa Klon Ubi Jalar Lokal yang Dibudidayakan di Desa-Desa Pinggiran Kota Kendari. *Berkala Penelitian Agronomi*. 1(1):93-101.
- Finlay KW. & Wilkinson GN. 1963. The Analysis of Adaptation in a Plant-Breeding Programme. *Australian Journal of Agricultural Research*. 14(6): 742–754. <https://doi.org/10.1071/AR9630742>
- Isnaeni S, Chaidir L, Novie, D. 2018. Pengaruh Pertumbuhan Tanaman Nilam Aceh (*Pogostemon cablin* Benth.) dengan Penambahan Naftalen Asam Asetat (NAA). *Jurnal Hexagro*. 2 (1):2459-2691
- Karyati, Ardianto S, & Syafrudin M. 2016. Fluktuasi Iklim Mikro di Hutan Pendidikan Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. *Jurnal Agrifor*. 15(1):83-92.
- Keputusan Menteri Pertanian. 2005. KEPMENTAN No. 319/Kpts/SR.120/8/2005, Pelepasan Nilam Varietas Sidikalang sebagai Varietas Unggul.
- Keputusan Menteri Pertanian. 2005. KEPMENTAN No. 320/Kpts/SR.120/8/2005, Pelepasan Nilam Varietas Lhoksemauwe sebagai Varietas Unggul.
- Keputusan Menteri Pertanian. 2005. KEPMENTAN No. 321/Kpts/SR.120/8/2005, Pelepasan Nilam Varietas Tapak Tuan sebagai Varietas Unggul.
- Keputusan Menteri Pertanian. 2013. SK Mentan No 4967/Kpts/SR.120/12/2013, Pelepasan Nilam Varietas Patchoulina 1 sebagai Varietas Unggul.
- Keputusan Menteri Pertanian. 2013. SK Mentan No 4969/Kpts/SR.120/12/2013, Pelepasan Nilam Varietas Patchoulina 2 sebagai Varietas Unggul.
- Khadijah, N. 2012. Evaluasi Keceragaman dan Kestabilan Lima Varietas Kacang Panjang dalam Uji BUSS. *Buletin Plasma Nutfah*, 18(1):18-25. <https://doi.org/10.21082/blpn.v18n1.2012.p18-25>
- Nurnasari E, Djumali. 2016. Pengaruh Kondisi Ketinggian Tempat Terhadap Produksi dan Mutu Tembakau Temanggung. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*. 2(2):45-59. <https://doi.org/10.21082/bultas.v2n2.2010>.
- Nurmayanti S. 2017. Seleksi Kultivar Padi Sawah yang Digogoorganikkan Berdasarkan Varietas QTL Sebagai Alternatif Seleksi Varietas. [Tesis]. Bandar Lampung: Program Pascasarjana Universitas Lampung.
- Nuryani Y. dan Hadipoentyanti E. 1994. Karakterisasi dan Evaluasi Plasma Nutfah Tanaman Atsiri. Jakarta: Review Hasil dan Program Penelitian Plasma Nutfah Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Nuryani Y. 2006. Budidaya Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aromatik, Badan Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Disampaikan dalam: *Pelaksanaan Pembekalan Teknis untuk Rintisan Pengembangan Usaha Tani dan Fasilitasi Penumbuhan Kelompok Usaha Tani Tanaman Penghasil Minyak Atsiri*, Tanggal 9 Agustus 2006 di Tanah Laut, Kalimantan Selatan.
- Rusli, M. 2006. Pengembangan Minyak Atsiri Indonesia. Departemen Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Disampaikan dalam: *Forum IKM Minyak Atsiri*, Tanggal 21 – 23 Juni 2006 di Bandung.

- Sandria, A. 2017. Uji Daya Hasil 9 Genotip Nilam Aceh (*Pogostemon cablin*) Hasil Irradiasi Sinar Gamma (MV3) di Lingkungan Kali Asin. [Skripsi]. Bandar Lampung: Program Studi Produksi dan Manajemen Industri Perkebunan.
- Santosa SJ. 2009. Uji Tanam Varietas Melon (*Cucumis melo* L.) dengan Menggunakan Mulsa Sintetik. *Jurnal Inovasi Pertanian*. 8(1): 62–72.
- Tahir M, Rofiq M, & Kusuma J. 2016. Kemajuan Genetik Mutan Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) Generasi MV₂ Hasil irradiasi Sinar Gamma ⁶⁰Co. Disampaikan dalam: *Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*, Tanggal 26–30 September 2016 di Bandar Lampung.
- Tahir M, Riniarti, D, Ersan, & Kusuma, J. 2019. Genetic and Leaf Characteristic Diversity on 10 Mutant Progenies of Patchouli (*Pogostemon cablin*) Provide Insights to Selection Strategies. *Agrivita*. 41(1):139–148. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v41i1.1908>
- Wahyudi NIS, Sitawati S, & Wicaksono KP. 2017. Perbandingan Kemampuan Serapan CO₂ dan Penurunan Suhu Udara dari Hutan Kota dan Taman Kota Balikpapan. *Jurnal Produksi Tanaman*. 5(8):1265-1274.
- Wahyu R, Tahir M, & Indrawati W. 2020. Variabilitas dan Korelasi Genotipik dan Fenotipik 10 Genotipe Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). *Agrosains : Jurnal Penelitian Agronomi*. 22(2):59-63. <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v22i2.34644>
- Wulansari R, Tahir M, Indrawati W, & Riniarti D. 2018. Karakterisasi Morfofisiologi dan Hasil Minyak 10 Genotip Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). *Jurnal Agro Industri Pertanian*. 6(1):40-48.
- Zuyasna. 2009. Teknik Perbanyakan Nilam dengan Kultur Jaringan. *Jurnal Agrista*. 13(2): 64-68.

PEDOMAN PENULISAN JURNAL AGROSAINSTEK

Jurnal Agrosainstek merupakan jurnal yang menerbitkan artikel hasil penelitian, artikel *review*, dan catatan penelitian (*research note*) terkait bidang agroteknologi, baik dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris. Bidang ilmu yang diterbitkan meliputi budidaya tanaman, pemuliaan tanaman, ekofisiologi tanaman, ilmu benih, lahan pertanian, pasca panen, hama penyakit tanaman, gulma, teknologi pertanian, dan bioteknologi pertanian.

Semua naskah yang diajukan ke jurnal harus ditulis dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris yang baik. Naskah dapat berupa: hasil-hasil penelitian mutakhir (paling lama 5 tahun terakhir), ulasan (*review*), analisis kebijakan atau catatan penelitian (*research note*) singkat mengenai teknik percobaan, alat, pengamatan, hasil awal percobaan (*preliminary result*). Naskah yang diterima adalah naskah yang belum pernah dimuat atau tidak sedang dalam proses publikasi dalam jurnal ilmiah nasional maupun internasional lainnya.

FORMAT

Naskah dikirimkan dengan mengikuti format naskah yang telah ditentukan. Naskah, termasuk Abstrak dan *Abstract*, diketik 1,5 spasi pada kertas HVS ukuran A4 (210 x 297 mm), pias 2,5 cm di semua sisi, dan huruf Times New Roman berukuran 12 point. Naskah diketik dengan program *Microsoft Word* (doc). Setiap halaman diberi nomor secara berurutan dengan jumlah maksimal 15 halaman, termasuk tabel dan gambar. Tabel dan gambar disajikan di bagian akhir naskah (disatukan dengan naskah).

SUSUNAN NASKAH

Naskah disusun dengan urutan:

- Judul
- Nama lengkap Penulis (beri tanda * pada penulis untuk korespondensi)
- Nama lembaga/institusi, disertai alamat lengkap
- Email penulis untuk korespondensi
- Abstrak
- Kata kunci
- Pendahuluan
- Bahan dan Metode
- Hasil
- Pembahasan
- Kesimpulan
- Ucapan terima kasih (bila diperlukan)
- Daftar Pustaka
- Tabel dan gambar beserta keterangannya

Naskah berupa ulasan, analisis kebijakan, dan catatan penelitian tidak harus ditulis menurut susunan naskah hasil penelitian. Ketentuan untuk naskah berupa hasil penelitian adalah maksimum 15 halaman (termasuk tabel dan gambar). Pendahuluan dan metode ditulis singkat, dan tanpa abstrak. Ulasan ditulis sebagai naskah sinambung tanpa sub judul Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan.

Penulis dapat mengunduh **Template Penulisan Jurnal Agrosainstek** yang telah disediakan untuk memudahkan penulis dan mengurangi kesalahan dalam format penulisan.

DESKRIPSI TIAP BAGIAN NASKAH

Halaman Judul

Judul dicetak tebal (*bold*) dengan huruf kapital pada setiap awal kata, kecuali kata sambung. Judul maksimum terdiri atas 15 kata (kecuali kata sambung). Naskah dalam Bahasa Indonesia harus disertai judul dalam Bahasa Inggris yang ditulis miring (*italic*). Di bawah judul, ditulis nama lengkap (tidak disingkat) semua penulis beserta nama dan alamat lembaga afiliasi penulis. Beri tanda * pada nama penulis untuk korespondensi. Alamat untuk korespondensi harus dilengkapi dengan kode pos, nomor telepon dan HP, faksimile, dan email.

Abstrak dan Kata Kunci

Abstrak adalah paragraf yang berdiri sendiri dan harus mencakup tujuan, metode, dan hasil secara ringkas. Tidak ada kutipan pustaka di dalam Abstrak. Abstrak ditulis dalam Bahasa Inggris, satu paragraph, maksimum 250 kata, dan diketik dalam 1,5 spasi. Kata kunci ditulis setelah abstrak, sebanyak tiga sampai enam kata. Naskah dalam Bahasa Indonesia harus menyertakan juga abstrak dan kata kunci dalam Bahasa Indonesia, dituliskan setelah abstrak dan kata kunci dalam Bahasa Inggris.

Teks

Awal paragraf dimulai dengan indent 1 cm dari sisi kiri naskah. Penulisan sub judul (**PENDAHULUAN, BAHAN DAN METODE, HASIL, PEMBAHASAN, KESIMPULAN, UCAPAN TERIMA KASIH, DAFTAR PUSTAKA**) ditulis di tengah dengan huruf kapital. Sub-sub judul level 2 ditulis di kiri halaman dengan huruf kapital di awal setiap kata, sedangkan sub-sub judul level 3 ditulis dengan cetak miring (*italic*) dan huruf kapital di setiap awal kata. Setiap sub judul dan sub-sub judul diberikan nomor (contoh : 1. Pendahuluan, kemudian 1.1, 1.1.1, dst)

Nama organisme harus diikuti dengan nama ilmiahnya secara lengkap pada pengungkapan pertama. Nama ilmiah ditulis miring, sedangkan nama penulis dari nama ilmiah dan kata seperti var. ditulis tegak. Contoh: *Elaeis guineensis* Jacq. Singkatan pertama kali ditulis dalam kurung setelah kata kata yang disingkatnya. Nama organisme (Indonesia/Daerah) yang tidak umum dikenal harus diikuti nama ilmiahnya pada pengungkapan pertama kali. Contoh : **Keramunting (*Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk).**

Penulisan satuan menggunakan Standar Internasional (SI). Eksponen negatif digunakan untuk menyatakan satuan penyebut. Contoh: **mg L⁻¹**, bukan **mg/L**. Satuan ditulis menggunakan spasi setelah angka, kecuali untuk menyatakan persen. Penulisan desimal menggunakan koma (bukan titik), kecuali untuk naskah berbahasa PBB. Contoh: **37 °C**, bukan **37°C**; **0,8%**, bukan **0,8 %**. Seluruh tabel dan gambar harus dirujuk dalam teks. Penggunaan nilai rata-rata (*means*) harus disertai dengan standar deviasi.

Hasil dan pembahasan ditulis secara terpisah. Hasil harus jelas dan singkat. Menyatakan hasil yang diperoleh berdasarkan metode yang telah dilakukan. Hindari penggunaan data yang sama pada tabel dan grafik. Pembahasan harus menjelaskan secara detail hasil yang diperoleh. Data dibahas dengan membandingkan data yang telah diperoleh saat ini dan hasil penelitian sebelumnya. Ungkapkan kesamaan,

perbedaan, dan keunikan dari data penelitian anda. Disarankan untuk menghindari kutipan yang terlalu umum dan membahas literatur yang telah dipublikasikan.

Kesimpulan harus menjawab tujuan penelitian. Menceritakan bagaimana kelebihan penelitian ditinjau dari perkembangan ilmu pengetahuan. Jangan mengulangi isi abstrak atau hanya daftar hasil eksperimen. Kesimpulan memberikan pembenaran ilmiah yang jelas untuk hasil penelitian dan kemungkinan untuk dikembangkan ataupun diaplikasikan. Anda juga bisa menyarankan untuk penelitian selanjutnya terkait dengan topik tersebut.

Daftar Pustaka

Ketentuan untuk pustaka sebagai rujukan adalah:

1. Proporsi pustaka primer (jurnal, prosiding, paten, disertasi, tesis, dan buku teks), minimal 80%.
2. Sumber pustaka primer minimal 80% yang dipublikasikan dalam 10 tahun terakhir.
3. Membatasi jumlah pustaka yang mengacu pada diri sendiri (*self citation*).
4. Sebaiknya dihindari: penggunaan pustaka di dalam pustaka, buku populer, dan pustaka dari internet kecuali jurnal dan dari instansi pemerintah atau swasta.
5. Abstrak tidak diperbolehkan sebagai rujukan.

Daftar pustaka ditulis dengan format **Council of Science Editors (CSE): Author-Year**

Pustaka di dalam teks. Pustaka ditulis menurut nama akhir (nama keluarga) dan tahun. Jika penulis lebih dari dua orang, maka ditulis nama penulis pertama diikuti dengan *et al.* yang dicetak miring (*italic*). Jika penulis hanya dua orang, maka ditulis menggunakan simbol &. Contoh:

Yusnita et al. (1997) menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan akar pada setek, adalah zat pengatur pertumbuhan.

Zat perangsang akar seperti IBA dan NAA yang ditambahkan pada setek mampu meningkatkan inisiasi, jumlah, dan kualitas akar (**Hitchcock & Zimmerman 1936**).

Daftar pustaka ditulis berdasarkan urutan alfabet dari nama akhir penulis pertama. Pustaka dengan nama penulis (kelompok penulis) yang sama diurutkan secara kronologis. Apabila ada lebih dari satu pustaka yang ditulis penulis (kelompok penulis) yang sama pada tahun yang sama, maka huruf 'a', 'b' dan seterusnya ditambahkan setelah tahun. Beberapa contoh penulisan daftar pustaka adalah sebagai berikut:

Jurnal:

Kusmiadi R, Prayoga GI, Apendi F, Alfiansyah. 2018. Karakterisasi Plasma Nutfah Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Lokal Asal Bangka Berdasarkan Karakter Morfologi. *AGROSAINSTEK: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*. 2(2): 61-66. DOI: 10.33019/agrosainstek.v2i2.25.

Buku

Suprihatno B, Daradjat AA, Satoto, Baehaki SE, Widiarta IN, Setyono A, Indrasari SE, Lesmana OS, Sembiring H. 2009. Deskripsi Varietas Padi. Subang : Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.

Bab dalam Buku:

Jones MM, Turner MC, Osmond CB. 1991. Mechanisms of Drought Resistance. *In*: Paleg, L.G., D. Aspinall

(eds). *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*. New York : Academic Press. p15-53

Prosiding

Radjaguguk B. 1990. Pengelolaan Produktivitas Lahan Gambut. Dalam: Aguslin, T., M.H. Abas dan Yurnalis (eds). *Prosiding Pengelolaan Sawah Buakan Baru Meningkatkan Swasembada Pangan dan Program Transmigrasi*. Padang 17-18 Sept. 1990. hlm217-235.

Skripsi/Tesis/Disertasi:

Harnowo D. 1992. Respon Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) Terhadap Pemupukan Kalium dan Cekaman Kekeringan pada Fase Reproduksi. [Tesis]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Informasi dari Internet

Hansen L. 1999. Non-Target Effects of Bt Corn Pollen on the Monarch Butterfly (Lepidoptera. Danaeidae). <http://www.ent.iastate.edu/entsoc/ncb99/prog/abs/D81.html>. [21 Agustus 1999].

Tabel

Tabel berukuran lebar maksimal 166 mm. Penomoran tabel adalah berurutan. Judul tabel ditulis singkat namun lengkap. Judul dan kepala tabel menggunakan huruf kapital pada awal kalimat. Garis vertikal tidak boleh digunakan. Catatan kaki menggunakan angka dengan kurung tutup dan diketik *superscript*. Tanda bintang (*) atau (**) digunakan untuk menunjukkan tingkat nyata berturut-turut pada taraf 95% dan 99%. Jika digunakan taraf nyata yang lain, gunakan simbol tambahan.

Gambar

Gambar dan ilustrasi harus menggunakan resolusi tinggi dan kontras yang baik dalam format JPEG, PDF atau TIFF. Resolusi minimal untuk foto adalah 300 dpi (*dot per inch*), sedangkan untuk grafik dan *line art* adalah 600 dpi. Gambar hitam putih harus dibuat dalam mode *grayscale*, sedangkan gambar berwarna dalam mode RGB. Gambar dibuat berukuran lebar maksimal 80 mm (satu kolom), 125 mm (satu setengah kolom), atau 166 mm (dua kolom). Keterangan di dalam gambar harus jelas. Jika ukuran gambar diperkecil maka semua tulisan harus tetap dapat terbaca.

Prosedur Publikasi

Seluruh naskah yang diterima akan dikirimkan ke Dewan Editor untuk dinilai. Dewan Editor berhak meminta penulis untuk melakukan perbaikan sebelum naskah dikirim ke penelaah. Editor juga berhak menolak naskah jika naskah tidak sesuai dengan format yang telah ditentukan.

Naskah akan ditelaah oleh minimum dua orang ahli di bidang yang bersangkutan (mitra bestari). Hasil penelaahan akan diberitahukan kepada penulis untuk diperbaiki dan kemudian ditelaah kembali oleh mitra bestari. Dewan Editor akan menentukan naskah yang dapat diterbitkan berdasarkan hasil penelaahan. Naskah akhir sebelum diterbitkan akan dikirimkan kembali kepada penulis untuk mendapatkan persetujuan.

Pengiriman Naskah dan Biaya Publikasi

Naskah dikirimkan dalam bentuk file Ms. Word melalui website jurnal *agrosainstek* atau ke alamat email : agrosainstek@gmail.com. Biaya cetak untuk naskah yang telah disetujui adalah **Rp. 800.000**.