



# AGRIPRIMA

*Journal of Applied Agricultural Sciences*

**VOL.6 NO.1**  
**MARCH 2022**





## TENTANG KAMI :

---



**AGRIPRIMA:** *Journal of Applied Agricultural Sciences*  
Vol. 6 No. 1, MARET 2022 (9 Artikel – 97 Halaman)  
P-ISSN: 2549-2934 | E-ISSN: 2549-2942  
Electronic Ver. <https://agriprima.polije.ac.id>

## KONTAK PERSON:

Netty Ermawati, S.P., PhD.  
Jl. Mastrip PO. Box 164 Jember  
Telp. 082140238688  
e-mail: [agriprima.pp@gmail.com](mailto:agriprima.pp@gmail.com)

## PENERBIT | PENGELOLA:

---



**Politeknik Negeri Jember | Jurusan Produksi Pertanian**  
Jl. Mastrip PO. Box 164, Sumbersari - Jember, Jawa Timur 68121  
Telp. (0331) 333532-34 ext. 260 | fax. (0331) 333531  
Website: <http://www.polije.ac.id> | e-mail: [jpp@polije.ac.id](mailto:jpp@polije.ac.id)

## KOLABORASI :

1. Institut Pertanian Bogor
2. Universitas Padjajaran
3. Universitas Jember
4. Universitas Bengkulu
5. Universitas Hasanuddin
6. Politeknik Negeri Lampung
7. Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan
8. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

## FREKUENSI TERBITAN:

---

**Agriprima:** *Journal of Applied Agricultural Sciences* diterbitkan 2 (*dua*) kali setahun, yaitu pada bulan Maret dan September. Artikel terpilih diterbitkan pada setiap edisi. Jurnal tersedia secara Elektronik dan Cetak.

## **FOKUS DAN RUANG LINGKUP:**

**AGRIPRIMA: *Journal of Applied Agricultural Sciences*** adalah Jurnal Ilmu Pertanian Terapan yang menjadi sarana bagi peneliti untuk mempublikasikan hasil penelitiannya dalam lingkup pertanian secara luas meliputi bidang kajian pemuliaan tanaman, bioteknologi tanaman, teknologi produksi benih, perlindungan tanaman, ilmu tanah, nutrisi tanaman, teknologi pasca panen dan bidang ilmu pertanian lain yang berkaitan dengan peningkatan produksi tanaman pangan, hortikultura, perkebunan dan kehutanan. Agriprima mempublikasikan orisinal riset artikel, dan artikel teknis yang berhubungan dengan metode baru dan inovatif yang bermanfaat bagi masyarakat. Agriprima dikelola oleh Jurusan Produksi Pertanian, Politeknik Negeri Jember bekerjasama dengan Politeknik dan Fakultas Pertanian di Indonesia.

---

## **EDITOR IN CHIEF**

Netty Ermawati, S.P., Ph.D.

## **EDITOR**

Sepdian Luri Asmono, S.ST, M.P.

Dwi Rahmawati, S.P., M.P.

Abdurrahman Salim, S.Si., M.Si.

Dr. Ir. Anne Nuraini, MP.

## **COPYEDITOR**

Putri Santika, S.ST., M.Sc.

Anni Nuraisyah, S.TP., M.Si.

## **LAYOUT EDITOR**

Irma Harlianingtyas, S.Si., M.Si.

Rindha Rentina Darah Pertamina, S.P., M.Si.

Afif Sugi Hendrianto, S.ST.

## **REVIEWER DAN MITRA BESTARI**

Prof. Dr. Ir. Satriyas Ilyas, M.S., Institut Pertanian Bogor (*Seed Technology*)

Prof. Dr. Ir. Rr. Yudhy Harini Bertham, M.P., Universitas Bengkulu (*Soil Science*)

Prof. Dr. Ir. Itje Diana Daud, M.S., Universitas Hasanuddin (*Plant Protection*)

Dr. Kafrawi, M.P., Politeknik PangKep (*Plant Biotechnology*)

Dr. Ir. M. Setyo Purwoko, M.S., Universitas Jember (*Plant Breeding*)

Dr. Ir. Nurul Sjamsijah, M.P, Politeknik Negeri Jember (*Plant Breeding*)

Ir. Any Kusumastuti, M.P, Politeknik Negeri Lampung (*Soil Science*)

Yupi Isnaini, M.Si., Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (*Botany & Plant Biotechnology*)

Sitti Inderiati, SP., M. Biotech, Politeknik Pangkep (*Plant Biotechnology*)

Endah Yulia, SP., MSc., Ph.D, Universitas Padjajaran (*Plant Protection*)

---

## **Informasi Publikasi:**

**AGRIPRIMA: *Journal of Applied Agricultural Sciences*** (E-ISSN: 2549-2942) diterbitkan oleh Politeknik Negeri Jember tahun 2017, dan telah mendapatkan **akreditasi Sinta 3 (S3)** dari Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi pada tahun 2019. Terindex di Google Scholar, IOS Perpusnas, WorldCat, BASE, AcademicKey, dan PKP index. Informasi lengkap dapat diperoleh pada laman: <https://agriprima.polije.ac.id>

## PENGANTAR REDAKSI

Pertanian merupakan salah satu sektor yang memberikan kontribusi besar pada perekonomian nasional. Sejalan dengan kemajuan teknologi maka sentuhan inovasi dari petani-petani intelektual muda dirasa sangat perlu untuk menggiatkan kembali pertanian dalam konsep yang lebih modern dan berwawasan lingkungan. Penerapan teknologi dan inovasi di bidang pertanian sangat diharapkan mampu memberikan kemajuan yang berarti pada sektor pertanian dan mendukung konsep pertanian berkelanjutan.

AGRIPRIMA sebagai media publikasi hasil penelitian di bidang pertanian, pada Vol. 6 No. 1 menyajikan beberapa artikel terpilih hasil penelitian yang banyak memunculkan teknologi dan inovasi bidang pertanian, diantaranya adalah pengembangan perbanyakan tanaman Nilam, Sorgum dan Porang melalui kultur jaringan, stabilitas genetik tebu hasil rekayasa gen terhadap virus SCMV, agensia hayati, dan hasil penelitian mengenai *fertilizer* serta pengaruhnya terhadap hasil pertanian.

Segenap Team Editorial AGRIPRIMA mengucapkan terima kasih kepada para penulis atau peneliti yang telah mempercayakan karya terbaiknya pada kami, serta seluruh reviewer yang telah berkontribusi untuk peningkatan kualitas publikasi pada jurnal AGRIPRIMA. Kami berharap AGRIPRIMA bermanfaat bagi pembaca, peneliti dan masyarakat yang cinta dan peduli pertanian. Kami bangga, dan dengan senang hati bekerja sama untuk memajukan pertanian Indonesia. *Feedback* terus kami harapkan demi kesempurnaan jurnal kami.

Salam,  
Editor in Chief

**DAFTAR ISI**  
**CONTENTS**

	Halaman Page
Regenerasi Nilam Aceh ‘Sidikalang’ melalui Organogenesis tak Langsung dan Multiplikasi Tunas dalam Produksi Tanaman <i>True-to-Type</i> - <i>Natasha Florenika, Agnes Natalia Wijaya, Didik Puji Restanto, Popy Hartatie Hardjo</i> .....	1 – 11
Isolasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza pada Rizosfer Tanaman Porang pada Sistem Agroforestri dan Monokultur - <i>Parwi, Muhammad Muhammad, M. Yuda Namuri, F. Deru Dewanti, Rossyda Priyadashini</i> .....	12 – 21
Analisis Histologi dan <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) pada Somatik Embriogenesis Tanaman Porang ( <i>Amorphophallus muelleri</i> B) - <i>Dwika Nano Hariyanto, Tri Handoyo, Parawita Dewanti, Kacung Hariyono, Didik Pudji Restanto</i> .....	22 – 34
Stabilitas Genetik Klon Tanaman Tebu Transgenik Berbasis RNAi dan Ketahanannya terhadap Infeksi SCMV - <i>Naomi Berthi Yonindi, Retno Apriasti, Netty Ermawati, Bambang Sugiharto</i> .....	35 – 44
Aplikasi Mikrorganisme Sebagai Agensia Promosi Pertumbuhan Tanaman Lada ( <i>Piper nigrum</i> linn) - <i>Syatrawati, Sitti Inderiati, Pricilia Aurelia</i> .....	45 – 53
Regenerasi Kalus Embriogenik Sorgum ( <i>Sorghum bicolor</i> ) menggunakan Kombinasi ZPT dan Mikronutrien - <i>Nadya Oktafiana, Siti Umayyah, Wulan Nursyam Ningtyas, Bambang Sugiharto</i> .....	54 – 61
Pengaruh Dosis Pupuk KCl dan Berbagai Level Penyiraman terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.) di Pre-Nursery - <i>Moh. Syahrul Munir, Sholeh Avivi, Sigit Soeparjono</i> .....	62 – 72
Variasi Kerentanan dan Kerusakan Serealia setelah Infestasi Hama Kumbang Bubuk ( <i>Sitophilus oryzae</i> L.) Berdasarkan Kadar Air - <i>Hendrival; Rika Khairunnisa; Muhammad Muaz Munauwar</i> .....	73 – 84
Pengaruh Dosis dan Waktu Aplikasi Pupuk KCl Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Buncis ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) - <i>Muhammad Nur Thoriq Alfy, Tri Handoyo</i> .....	85 – 97



## Regeneration of *Pogostemon cablin* Benth. 'Sidikalang' through Indirect Organogenesis and Shoot Multiplication for Production of True-to-Type Plant

*Regenerasi Nilam Aceh 'Sidikalang' melalui Organogenesis tak Langsung dan Multiplikasi Tunas dalam Produksi Tanaman True-to-Type*

Author(s): Natasha Florenika<sup>(1)</sup>; Agnes Natalia Wijaya<sup>(1)</sup>; Didik Puji Restanto<sup>(2)</sup>; Popy Hartatie Hardjo<sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup> University of Surabaya

<sup>(2)</sup> University of Jember

\* Corresponding author: [poppy\\_hardjo@staff.ubaya.ac.id](mailto:poppy_hardjo@staff.ubaya.ac.id)

Submitted: 11 Nov 2021

Accepted: 25 Feb 2022

Published: 31 Mar 2022

### ABSTRACT

Patchouli *Pogostemon cablin* Benth. 'Sidikalang' (Acehnese Patchouli) is a member of the Lamiaceae, mint family. Aromatic oil known as patchouli oil can be produced from its leaves, which is highly valued in the perfumery and aromatherapy industry, because of its aromatic spicy fragrance. Patchouli oil also has various phytochemicals that have therapeutic effects including antimicrobial, antidepressant, anti-inflammatory, and antioxidant. This study aims to establish an efficient and reproducible protocol for indirect regeneration from leaf explants and multiple shoots from nodal explants. Indirect organogenesis was done using solid medium of MS (Murashige-Skoog) with some treatments, such as 0.5 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP, 1 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP, and 1.5 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP, whereas multiple shoots from nodal explants were cultured on MS medium with various concentration of BAP, such as 0.5 mg/L, 1.0 mg/L, and 1.5 mg/L. Then, for the rooting stage from shoots, the shoots were cultured on half-strength MS medium without Plant Growth Regulator (PGR) and MS medium with some treatment, such as without PGR, 0.5 mg/L IBA, and 0.5 mg/L NAA, respectively. Furthermore, the plantlets derived from the *in vitro* rooting stage treatment were acclimatized onto a combination of soil: compost (1:1). In addition, *in vitro* shoots were also planted directly as micro-shoot cuttings on combination soil: compost (1:1 ratio). The optimum treatment for indirect organogenesis was on MS medium supplemented with 1 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP. For multiple shoots from nodal explant, MS medium supplemented with 0.5 mg/L BAP was the optimum medium. Shoots were cultured in a half-strength MS medium for the rooting stage and grew to form plantlets with normal root morphology. Overall, patchouli plantlets were obtained more quickly by directly planting micro-shoot cuttings in *ex vitro* conditions rather than going through the *in vitro* rooting stage.

### Keywords:

indirect organogenesis, multiple shoots from nodal explants, *Pogostemon cablin* Benth.

### Kata Kunci:

Organogenesis tak langsung, tunas majemuk dari eksplan nodus, *Pogostemon cablin* Benth.

### ABSTRAK

Nilam Aceh 'Sidikalang' (Acehnese Patchouli) merupakan salah satu anggota kelompok dari Lamiaceae, famili mint. Minyak aromatik yang biasa disebut juga dengan minyak patchouli dapat diproduksi dari daunnya, yang mana bernilai tinggi dalam industri parfum dan aromaterapi, karena wangi aromatik yang segar. Minyak patchouli juga memiliki variasi senyawa fitokimia yang memiliki efek terapeutik, seperti antimikroba, antidepressan, anti-inflamasi, dan antioksidan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan protokol yang efisien dan reproduktif untuk regenerasi tak langsung dari eksplan daun dan tunas majemuk dari eksplan nodus. Organogenesis tak langsung telah dilakukan menggunakan medium MS (Murashige-Skoog) dengan beberapa perlakuan, seperti NAA 0,5 mg/L + BAP 0,1 mg/L, NAA 1 mg/L + BAP 0,1 mg/L, dan NAA 1,5 mg/L + BAP 0,1 mg/L, sedangkan tunas majemuk yang dihasilkan dari eksplan nodus dikulturkan pada media MS dengan berbagai variasi konsentrasi BAP, yakni 0,5 mg/L, 1,0 mg/L, dan 1,5 mg/L. Untuk tahap perakaran dari tunas, tunas akan dikulturkan pada media ½ MS tanpa Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) dan media MS dengan beberapa perlakuan, yakni tanpa Zat Pengatur Tumbuh (ZPT), IBA 0,5 mg/L, dan NAA 0,5 mg/L. Selanjutnya, planlet yang dihasilkan dari tahap perakaran secara *in vitro* akan diaklimatisasi pada kombinasi tanah : kompos (1:1). Sebagai tambahan, tunas *in vitro* juga akan ditanam secara langsung sebagai stek tunas mikro pada kombinasi tanah : kompos (1:1). Perlakuan optimal untuk organogenesis tak langsung menggunakan media MS dengan NAA 1 mg/L + BAP 0,1 mg/L. Dalam perbanyakan tunas majemuk dari eksplan nodus, media MS dengan BAP 0,5 mg/L merupakan media optimum. Tunas yang dikulturkan pada media ½ MS untuk tahap perakaran, tumbuh membentuk planlet dengan morfologi akar normal. Secara keseluruhan, planlet nilam lebih cepat terbentuk melalui penanaman langsung stek tunas mikro pada kondisi *ex vitro* dibandingkan melalui tahap perakaran *in vitro*.



## INTRODUCTION

Nowadays, patchouli oil from Acehese patchouli (*Pogostemon cablin* Benth. 'Sidikalang') leaves is at the highest consumption level of essential oil. Patchouli oil plays a significant role within the cosmetic and perfume industry since it has fixative properties (scent binders) and therapeutic materials. So, patchouli oil is used as the main raw material for those products. The higher quality of patchouli oil can be produced from Acehese patchouli, which can help to expand the utilization of essential oils as industrial raw materials. In this manner, the need for patchouli oil in the world market will increase in cosmetic and fragrance products.

The propagation of patchouli presents several problems which affect the yield of essential oil and biomass. The susceptibility of plants to various pathogens such as viruses, fungi, and bacteria can cause the low production of essential oils. Hidayah et al., (2021), compared the content of patchouli oil from patchouli leaves grown under *ex vitro* and *in vitro* conditions. The results proved that Aceh patchouli leaves under *in vitro* conditions were able to produce twice as much patchouli oil (40 mL) than Aceh patchouli leaves in *ex vitro* conditions (26 mL). Furthermore, the good quality of patchouli oil depends on the propagation strategy, which is in this case, the plant tissue culture technique as micropropagation method used to obtain uniform patchouli leaves for commercial purposes (Jin et al., 2014; Kusuma & Mahfud, 2017; Nuryani, 2006; Van Beek & Joulain, 2018).

Thus, *in vitro* propagation (micropropagation) is an alternative method that can be applied to obtain pathogen-free plants and allows it to be carried out on a large scale in a relatively short time, so it is more effective for the rapid multiplication of plant species. The

addition of exogenous growth regulators is commonly used in plant tissue culture to increase the production of secondary metabolites and biomass. The response to plant growth regulators depends on the type of explant tissues and plant species. For example, auxin is very ideal for callus induction (indirect organogenesis) and a low concentration of cytokinin can promote shoot differentiation from callus (Mayerni, 2020; Nakasha et al., 2016; Saha et al., 2020). Several previous studies indicated that the production of true-to-type Acehese patchouli was initiated by regeneration through indirect organogenesis with growth regulators, by adding various concentrations of Naphthalene Acetic Acid (NAA) as auxin and 6-BenzylAmino Purine (BAP) as cytokinin in solid Murashige-Skoog (MS) medium. Then, Acehese patchouli shoot explants from callus were transferred to MS medium for rooting induction with the addition of Indole-3-Butyric Acid (IBA) and NAA as auxin, also full strength and half-strength MS medium without auxin. IBA is an auxin used to initiate callus and somatic embryogenesis stimulants, but in a lesser extent (Ipekci & Gozukirmizi, 2004; Nakasha et al., 2016; Rai et al., 2007; Rathore et al., 2011).

There are two types of organogenesis, i.e direct and indirect organogenesis. Growth of *in vitro* plant cells through callus formation by utilizing various types of tissues sources as explants is indirect organogenesis, while direct organogenesis is *in vitro* approach without the callus stage (Lalthafamkimi et al., 2021). This study aims to find out the most appropriate media for growing callus and root of Acehese patchouli through indirect and direct organogenesis, respectively.

Patchouli is commonly propagated by *ex vitro* stem cuttings or from directly acclimatized *in vitro* plantlets. Hence, this study was also carried out to determine



whether *in vitro* shoot cuttings explants were able to grow when transferred directly into *ex vitro* conditions (without roots).

## METHODOLOGY

### Materials and Methods

This research was carried out at the University of Surabaya, Jalan Kalirungkut. Some tools were used in this research, such as Laminar Air Flow (LAF) Cabinet, beaker glass, measuring cylinder glass, culture bottle, microwave, precision scale, pH meter, tweezers, scissors, lighter, and Bunsen burner, whereas the materials used in this research were leaves explants of Acehese Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang, MS medium, phytigel, sucrose, Naphthalene Acetic Acid (NAA), Indole-3-Butyric Acid (IBA), 6-BenzylAminoPurine (BAP), 96% alcohol, soil, and compost.

### Indirect Organogenesis

Explant of Acehese patchouli leaves *ex vitro* were cultured in solid Murashige-Skoog (MS) media containing 30 g/L sucrose and 2.8 g/L phytigel. Three types combination of growth regulators were added in the medium at different concentrations, such as 0.5 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP, 1 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP, and 1.5 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP. Each treatment medium was repeated five times with five explants in each culture bottle. After shoots formation emerged, they were transferred onto the shoot multiplication medium. Then, the roots were induced under *in vitro* conditions. After that, the plantlets were transferred onto *ex vitro* conditions for acclimatization.

### Shoots Multiplication and Rooting

Acehese patchouli shoot explants from callus were transferred and cultured in a solid Murashige-Skoog (MS) medium containing 30 g/L sucrose and 2.8 g/L phytigel. MS medium was fortified with two types of auxins such as IBA and NAA at varied levels (0.5 ppm IBA and 0.5 ppm

NAA). Moreover, shoot explants were also cultured in solid media, such as full-strength MS PGR-free medium (MS<sub>0</sub>) and half-strength MS PGR-free medium (<sup>1</sup>/<sub>2</sub>MS<sub>0</sub>). Therefore, there were four types of media used for shoot multiplication repeated ten times containing three shoots explants in each culture bottle. There were two observed parameters, which are plantlet root morphological feature and mean fresh weight (g).

### Microshoot Cuttings

Plantlets of Acehese patchouli *in vitro* were collected six weeks after initiation, and the micro-cuttings were transferred onto soil: compost (1:1 ratio) mix and vermiculite medium under *ex vitro* conditions. In both media, three replications were carried out with one shoot in each pot. The number or percentage of rooting and growing micro-shoots indicate the success of the growth of micro-shoot cuttings under *ex vitro* conditions.

### Data Statistics Analysis

One-way Analysis of Variance (ANOVA) was used in data analysis using the SPSS program. Differences between treatments were identified by Fisher's Least Significant Difference (LSD) test at 5% significance level.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Effects of PGRs on Shoot through Indirect Organogenesis from Leaves Explant of Acehese Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang

Effects of PGRs on the shoot through indirect organogenesis from leaves explant of Acehese Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang is shown in Figure 1 and Table 1 below.

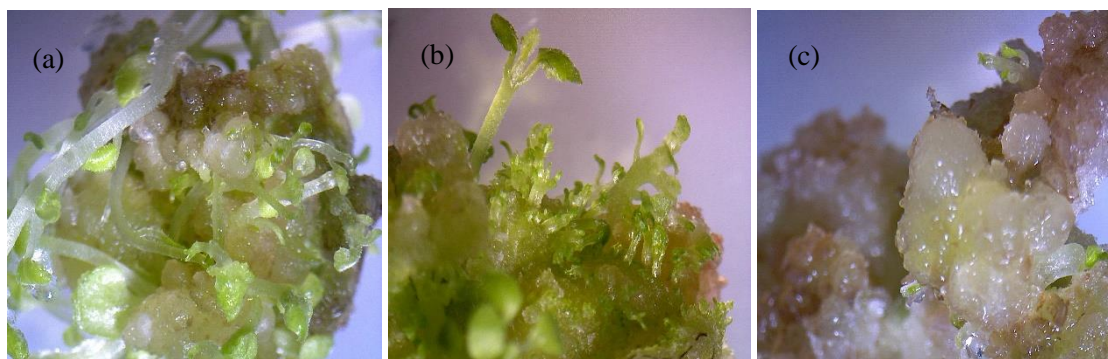


Figure 1. Indirect organogenesis of Acehese patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang in MS medium supplemented with: (a) 0.5 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP; (b) 1 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP; (c) 1.5 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP on 35 days after planting

Figure 1 shows indirect organogenesis methods for micropropagation of Acehese patchouli. This method used *ex vitro* Acehese patchouli leaves as the explants to produce callus in MS medium supplemented with various concentrations of 0.5 mg/L, 1 mg/L, and 1.5 mg/L of NAA, respectively, in combination with 0.1 mg/L BAP. The calli produced in those three medium formulations were yellowish and compact. The combination of plant growth regulators (PGRs) and type of explant gave a massive impact on the response of callus

induction. According to Jin et al. (2014), the type of explants such as leaf segments and nodal stem segments were the most responsive with the highest shoot regeneration frequency reaching up to 100%. Visually, based on Figure 1, MS medium supplemented with the combination of 1 mg/L NAA and 0.1 mg/L BAP was the best medium because it produced morphogenic callus (greenish, organogenic, and compact calluses) indicated by the initiation growth of shoots at the medium.

Table 1. Effect of PGR on the shoot through indirect organogenesis from leaves explant

MS + PGR	% calli	% shoots	Number of shoots (per explant)	Shoot length (cm)
0.5 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP	100	100	21±2.77 <sup>b</sup>	10.2±0.14 <sup>b</sup>
1 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP	100	100	36±3.59 <sup>c</sup>	7.5±0.63 <sup>c</sup>
1.5 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP	100	100	10±1.62 <sup>a</sup>	3.6±0.71 <sup>a</sup>

Different letter notations indicate that the data is significantly different based on the Least Significance Difference (LSD) test at  $\alpha=0.05$

Shoot multiplication of Acehnese patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang is shown in Figure 2.

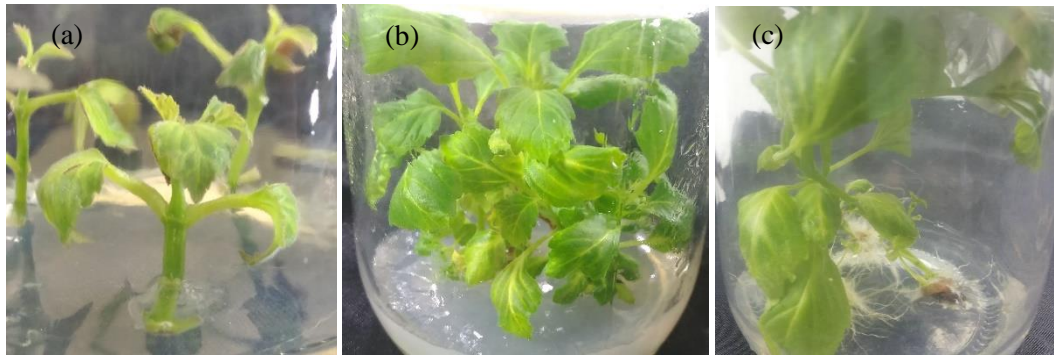


Figure 2. Shoots multiplication of Acehnese patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang : (a) single nodus, (b) multiple shoots, (c) plantlet

Effect of BAP on shoot proliferation Acehnese patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang 35 days after planting is shown in Table 2.

Table 2. Effects of BAP on shoot proliferation 35 days after initiation

MS + PGR	Number of shoots (per explant)	Shoot length (cm)
0.5 mg/L BAP	26±1.98	6.81±0.85
1.0 mg/L BAP	38±2.87	2.46±0.97
1.5 mg/L BAP	47±1.65	1.8±0.15

Effects of various concentrations of BAP on shoot proliferation of Acehnese patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang 35 days after planting is shown in Figure 3.

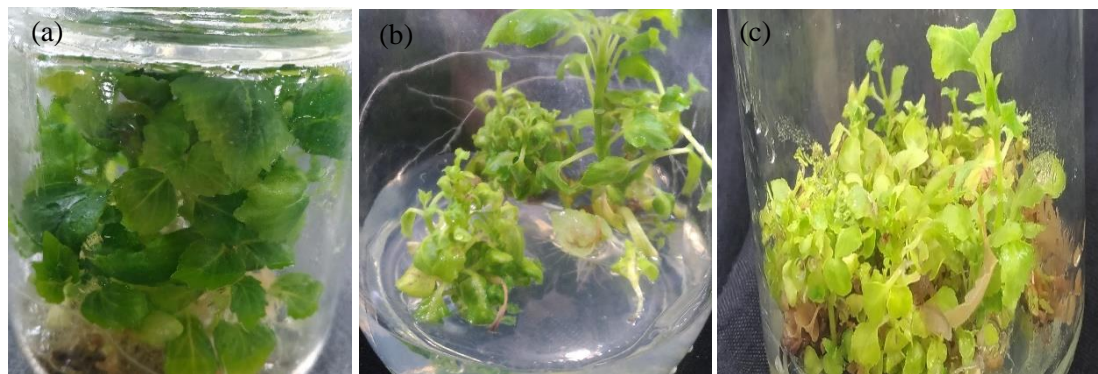


Figure 3. Shoot proliferation at various concentrations of BAP 35 days after planting: (a) 0.5 mg/L BAP, (b) 1.0 mg/L BAP, (c) 1.5 mg/L BAP

According to Table 1, the highest number of shoots (per explant) was in MS medium supplemented with 1 mg/L NAA and 0.1 mg/L BAP, whereas the longest of shoots emerged at the shoots were cultured at MS medium supplemented with 0.5 mg/L NAA and 0.1 mg/L BAP. Meanwhile, Figure 2 shows the other one

of micropropagation method of Acehese patchouli through *in vitro* shoots multiplication. This method would produce Acehese patchouli plantlet faster than indirect organogenesis. In contrast, previous studies reported that *in vitro* callus induction or shoots multiplication and successive plantlet regeneration were influenced by the presence of proper amount and different concentrations of auxins and cytokinins combined or singly in an MS medium (Hesami & Daneshvar, 2018b, 2018a; Islam & Alam, 2018; Shekhawat et al., 2015a; Zayova et al., 2020).

Data in Table 2 were collected 35 days after planting. Based on these data, we come to one hypothesis, that there is a relation between BAP concentration and the number of shoots. The number of shoots (per explant) as BAP concentration increased. The number of shoots (per explant) on MS medium supplemented

with 0.5, 1.0, and 1.5 mg/L BAP were  $26 \pm 1.98$ ,  $38 \pm 2.87$ , and  $47 \pm 1.65$  respectively. However, the opposite result was recorded on the shoot length. The increase in BAP concentration shortened the shoot length, which was recorded at  $6.81 \pm 0.85$  cm,  $2.46 \pm 0.97$  cm, and  $1.8 \pm 0.15$  cm in MS medium supplemented with 0.5, 1.0, and 1.5 mg/L BAP, respectively. Figure 3 shows shoot proliferation at various concentrations of BAP at 35 days after initiation. MS medium supplemented with 0.5 mg/L BAP resulted in the lower number of shoots (per explant), but the longest shoot, whereas MS medium supplemented with 1.5 mg/L BAP resulted in the highest number of shoots (per explant) but all of the shoots were dwarf (Figure 3). According to George et al. (2008), BAP is one of the cytokinins types with the most effective in enhancing shoot multiplication and triggering shoot elongation.

**Effects of PGRs on Dry Weight and Ratio of Root Dry Weight/Total Dry Weight of Acehese Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang (4 weeks after Initiation)**

Table 3. Dry weight and ratio of root dry weight/total dry weight Acehese patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang (4 weeks after initiation)

Rooting Medium	Average of total dry weight (g)	Average of root dry weight (g)	Average number of root dry weight to total dry weight ratio
MS + 0.5 ppm IBA	$0.0277 \pm 0.00211$	$0.0042 \pm 0.0002$	$15.16^a \pm 0.600$
MS + 0.5 ppm NAA	$0.0357 \pm 0.00176$	$0.0086 \pm 0.0006$	$24.09^c \pm 0.720$
MS <sub>0</sub>	$0.0489 \pm 0.02532$	$0.0071 \pm 0.0032$	$13.57^a \pm 1.520$
½MS <sub>0</sub>	$0.0404 \pm 0.00497$	$0.0078 \pm 0.0012$	$19.20^{bc} \pm 1.652$

Different letter notations indicate that the data is significantly different based on Least Significance Different (LSD) test at  $\alpha=0.05$

Based on the data shown in Table 3, MS medium supplemented with 0.5 ppm NAA produced the highest average number of root dry weight and total dry weight ratio ( $24.09 \pm 0.72$ ). In general, NAA played a role in inducing callus and shoot regeneration into plantlets and was not effective enough for root induction, but in this study, it turned out that NAA was also

well-induced roots. However, the average total dry weight ( $0.0357 \pm 0.00176$  g) was higher than the average root dry weight ( $0.0086 \pm 0.0006$  g). Accordingly, Rahman et al. (2015), found that the highest mean of shoot length (3.7 cm) was obtained on the MS medium containing 1.0 mg/L NAA. Different concentrations of NAA added to MS medium singly or in combination with



another PGR affected shoot proliferation rate, the average length of the shoots, and the number of shoots produced. Similarly, Yudhanto & Wiendi (2015) explained that 1 mg/L NAA added to MS medium singly had given the most number of shoots (5.2 shoots) within 10 weeks after initiation.

In addition, the average number of root dry weight is because NAA can induce rooting during the tissue culture process, and this exogenous auxin can interact with internal auxin which cannot synthesize itself due to limited and small tissues/organs (Akbar M et al., 2017).

Abdulmalik et al. (2013), proved that MS medium supplemented with 1 mg/L NAA was found to be effective for root induction of micro-shoots of *Arachis hypogaea* L. as it produced the highest number of roots (9.25) and root induction frequency (82.42%). Similarly, Gil et al. (2020) found that high-intensity blue light with NAA treatment efficiently induced adventitious root formation and improved root formation from poor stems of *Chrysanthemum* ‘Baekma’ single leaf-bud cutting.

### Effects of PGRs on Root Morphology of Acehnese Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang (4 weeks after Planting)

Table 4. Root morphology of Acehnese patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang 6 days after planting.

Rooting Medium	Root Morphology
MS + 0.5 ppm IBA	Short roots (not fine fibers), the base of the stem swells and grows callus (% rooted culture = 60%)
MS + 0.5 ppm NAA	Roots grew a lot in the scion and form fine fibrous roots (% rooted culture = 90%)
MS <sub>0</sub>	Roots were short and grew more than in MS medium + 0.5 ppm IBA (% rooted culture = 70%)
1/2MS <sub>0</sub>	Roots grew (% rooted culture= 100%)

Statistically, 1/2MS<sub>0</sub> medium had no significant differences ( $\alpha=0.05$ ) with MS medium supplemented with 0.5 ppm NAA (Table 3). The root of Acehnese patchouli on 1/2MS<sub>0</sub> medium can even grow well morphologically and the percentage of rooted culture reached up to 100%. Meanwhile, Acehnese patchouli cultured on MS supplemented with 0.5 ppm NAA medium gave about 90% of rooted culture but formed a lot of hairy roots, which was also quite good (Table 4). MS medium itself already contains the appropriate micronutrients and macronutrients which can meet plant growth and development needs. Abdulmalik et al. (2013), reported that a PGR-free medium could be effectively

used for root elongation of micro-shoots of *Arachis hypogaea* L. as it produced the longest root length (7.35 cm). Accordingly, based on the report of Satish et al. (2015), rooting occurred immediately when the elongated shoots of *Eleusine coracana* (L.) Gaertn. genotype ‘CO(Ra)-14 were transferred to half-strength MS medium with or without IAA, then the rooted shoots were transferred to greenhouse condition and all in-vitro regenerated plants grew well. Similarly, Shekhawat et al. (2015) reported that half-strength MS medium supplemented with 2.5 mg/L proved best for *in vitro* root induction from shoots of *Passiflora foetida* (67%).

The addition of external hormones allows nutrient uptake to be slower because

the composition of the media becomes more complex, hence plants need to break down the components of the media into simple ones to make it easier to uptake. Plants may require hormones such as auxin for root induction, but at higher concentrations, it could inhibit root growth. Moreover, the addition of excessive plant growth regulators can actually inhibit plant growth. This is caused by the difference in the concentration of endogenous hormones

of the plant itself. The response that appears depends on the ability of explants to absorb and use existing endogenous growth regulators and exogenous PGRs that are absorbed from the growth media. Commercially, half-strength PGR-free MS ( $1/2MS_0$ ) was chosen because the required operational costs would be less than full-strength MS medium supplemented with various PGRs (Abdulmalik et al., 2013; Mulia et al., 2020; Tuhuteru et al., 2018).

### Effect Type of Explant on Percentage Survival Plantlets at Acclimatization Stage

Table 5. Effects of explant types on the Number of Survived Plantlets and Survival Percentage

Type of explant	Number of Explant	Survived Plantlet	Percentage of Survival (%)
Microshoot cuttings	20	20	100
Plantlet	20	20	100

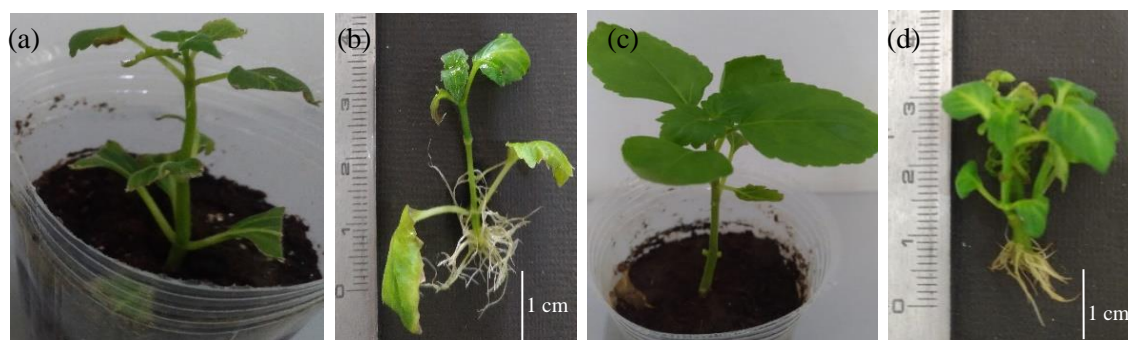


Figure 4. Acehese patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) var. Sidikalang under *ex vitro* conditions 3 weeks after planting: (a) micro-shoot cuttings, (b) root of micro-shoot cuttings (2 weeks) after planting, (c) plantlet, (d) root of plantlet

According to Figure 4, the micro-shoot cuttings and plantlet of Acehese patchouli were transferred to greenhouse conditions into the mix of soil: compost (1:1) medium. The micro-shoots rooted and grew vigorously, as well as plantlets on *ex vitro* conditions. This result proved that the transfer of Acehese patchouli to *ex vitro* condition not only can be done after the explant has developed into a plantlet, but it could also be done directly through micro-shoot cuttings, and it could be done in a shorter time (Table 5). Both plantlets

and micro-shoot cuttings were 100% successful in acclimatization.

### CONCLUSION

The optimum treatment for indirect organogenesis was on MS medium supplemented with 1 mg/L NAA + 0.1 mg/L BAP. For multiple shoots from nodal explant, MS medium supplemented with 0.5 mg/L BAP was the optimum medium.

The half-strength PGR-free MS ( $1/2MS_0$ ) could be commercially promising for root induction of *in vitro* shoot of

*Pogostemon cablin* Benth. var. Sidikalang. However, micro-shoot cuttings are also easy to root when directly planted in *ex vitro* conditions without *in vitro* rooting stage. Thus, patchouli plantlets were obtained more quickly through acclimatization of micro-shoot cuttings.

#### ACKNOWLEDGEMENT

This research was funded by Excellence Fundamental Research Grant in University, Ministry of Education-Research and Technology 2021 (*Hibah Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi Kemdikbud-Ristek 2021*) with contract number 013/SP-Lit/AMD/LPPM-01/Dikbudristek/Multi/FTB/VII/2021 (on behalf of Dr. Ir. Popy Hartatie Hardjo).

#### REFERENCES

Abdulmalik, M., Usman, I., Olarewaju, J., & Aba, D. (2013). Effect of Naphthalene Acetic Acid (NAA) on *in vitro* rooting of regenerated microshoots of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 5(2), 128–131.

Akbar M, A., Faridah, E., Indrioko, S., & Herawan, T. (2017). INDUKSI TUNAS, MULTIPLIKASI DAN PERAKARAN *Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke SECARA IN VITRO. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 11(1), 1–13.

George, E. F., Hall, M. a., & Klerk, G.-J. De. (2008). Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition Vol 1. The Background. In *Book*.

Gil, C. S., Jung, H. Y., Lee, C., & Eom, S. H. (2020). Blue light and NAA treatment significantly improve rooting on single leaf-bud cutting of *Chrysanthemum* via upregulated rooting-related genes. *Scientia Horticulturae*, 274(August), 109650.

Hesami, M., & Daneshvar, M. H. (2018a). *In vitro* adventitious shoot regeneration through direct and indirect organogenesis from seedling-derived hypocotyl segments of *Ficus religiosa* L.: An important medicinal plant. *HortScience*, 53(1), 55–61.

Hesami, M., & Daneshvar, M. H. (2018b). Indirect Organogenesis through Seedling-Derived Leaf Segments of *Ficus Religiosa* - a Multipurpose Woody Medicinal Plant. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 21(2), 129–136.

Hidayah, W. A. W. N., Shareen, R. P., Atirah, N. H., & Tan, S. H. (2021). Comparison on Phytochemical Constituents in The Patchouli Oil of *In Vitro* And *Ex Vitro* *Pogostemon cablin* Leaves. *ESTEEM Academic Journal*, 17, 124–134.


Ipekci, Z., & Gozukirmizi, N. (2004). Indirect somatic embryogenesis and plant regeneration from leaf and internode explants of *Paulownia elongata*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 79(3), 341–345.


Islam, A. T. M. R., & Alam, M. F. (2018). *In vitro* callus induction and indirect organogenesis of *Mentha piperita* (L.) - an aromatic medicinal plant. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 4(3), 049–060.


Jin, H., Deng, Z. C., & He, H. (2014). Effect of explant types and plant growth regulators on direct regeneration in medicinal plant *Pogostemon cablin*. *Plant OMICS*, 7(5), 322–327.


Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2017). Microwave hydrodistillation for extraction of essential oil from *Pogostemon cablin* Benth: Analysis and modelling of extraction kinetics.


*Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 4(April 2018), 46–54. h


 Lalthafamkimi, L., Bhattacharyya, P., Bhau, B. S., Wann, S. B., & Banik, D. (2021). Direct organogenesis mediated improvised mass propagation of Pogostemon cablin: A natural reserve of pharmaceutical biomolecules. *South African Journal of Botany*, 140, 375–384.


 Mayerni, R. (2020). The Direct Organogenesis In Local Clones Of Patchouli Plant (Pogostemon cablin Benth) In Vitro. *JERAMI Indonesian Journal of Crop Science*, 3(1), 16–19.

 Mulia, P. I., Nopsagiarti, T., & Alatas, A. (2020). RESPON PERTUMBUHAN EKSPLAN TANAMAN PISANG (Musa sp.) VARIETAS ROTI DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK KENTANG PADA MEDIA MS. *Jurnal Green Swarnadwipa*, 9(2), 303–310.


 Nakasha, J. J., Sinniah, U. R., Kemat, N., & Mallappa, K. S. (2016). Induction, subculture cycle, and regeneration of callus in Safed musli (Chlorophytum borivilianum) using different types of phytohormones. *Pharmacognosy Magazine*, 12(47), S460–S464.


 Nuryani, Y. (2006). Budidaya Tanaman Nilam. *Balai Penelitian Tanaman Rempah Dan Aromatik*, 1–3.


 Rahman, Z. A., Mohd Noor, E. S., Mat Ali, M. S., Mirad, R., & Othman, A. N. (2015). Micropropagation of a Valuable Medicinal Plant, Plectranthus amboinicus. *American Journal of Plant Sciences*, 06(08), 1091–1097.


 Rai, M. K., Akhtar, N., & Jaiswal, V. S.


(2007). Somatic embryogenesis and plant regeneration in *Psidium guajava* L. cv. Banarasi local. 113, 129–133.


 Rathore, M. S., Chikara, J., & Shekhawat, N. S. (2011). Plantlet Regeneration from Callus Cultures of Selected Genotype of Aloe vera L. — An Ancient Plant for Modern Herbal Industries. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 860–868.

 Saha, P. S., Sarkar, S., Jeyasri, R., Muthuramalingam, P., Ramesh, M., & Jha, S. (2020). In vitro propagation, phytochemical and neuropharmacological profiles of bacopa monnieri (L.) wettst.: A review. In *Plants* (Vol. 9, Issue 4).

 Satish, L., Ceasar, S. A., Shilpha, J., Rency, A. S., Rathinapriya, P., & Ramesh, M. (2015). Direct plant regeneration from in vitro-derived shoot apical meristems of finger millet (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn.). *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 51(2), 192–200.


 Shekhawat, M. S., Kannan, N., Manokari, M., & Ravindran, C. P. (2015a). Enhanced micropropagation protocol of *Morinda citrifolia* L. through nodal explants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(4), 174–181.


 Shekhawat, M. S., Kannan, N., Manokari, M., & Ravindran, C. P. (2015b). In vitro regeneration of shoots and ex vitro rooting of an important medicinal plant *Passiflora foetida* L. through nodal segment cultures. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 13(2), 209–214.

 Tuhuteru, S., Hehanussa, M. L., & Raharjo, S. H. (2018). Pertumbuhan Dan Perkembangan Anggrek *Dendrobium*




anosmum Pada Media Kultur In Vitro Dengan Beberapa Konsentrasi Air Kelapa. *Agrologia*, 1(1), 1–12.

 Beek, T. A., & Joulain, D. (2018). The Essential Oil of Patchouli, *Pogostemon cablin*: A Review. *Flavour and Fragrance Journal*, 33(1), 6–51.

Yudhanto, B. S., & Wiendi, N. M. A.  (2015). Pengaruh Pemberian Auksin (NAA) dengan Sitokinin (BAP,

Kinetin dan 2ip) terhadap Daya Proliferasi Tanaman Kantong Semar (*Nepenthes mirabilis*) Secara In Vitro. *Buletin Agrohorti*, 3(3), 276–284.

 Zayova, E., Nedev, T., Petrova, D., Zhiponova, M., Kapchina, V., & Chaneva, G. (2020). Tissue Culture Applications of *Artemisia annua* L. Callus for Indirect Organogenesis and Production Phytochemical. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 30(1), 97–106.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## Isolasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza pada Rizosfer Tanaman Porang pada Sistem Agroforestri dan Monokultur

*Isolation and Identification of Mycorrhizal Fungi in The Rhizosphere of The Porang Plant in Agroforestric and Monocultural Systems*

Author(s): Parwi<sup>(1)\*</sup>; Muhammad Muhammad<sup>(1)</sup>; M. Yuda Namuri<sup>(1)</sup>; F. Deru Dewanti<sup>(2)</sup>; Rossyda Priyadashini<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universitas Darussalam Gontor

<sup>(2)</sup> Universitas Pembangunan “Veteran”

\* Corresponding author: [parwi@unida.gontor.ac.id](mailto:parwi@unida.gontor.ac.id)

Submitted: 22 Jul 2021

Accepted: 10 Sep 2021

Published: 31 Mar 2022

### ABSTRAK

Mikoriza arbuskula adalah mikrobia tanah yang memiliki peran dalam meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman melalui perpanjangan hifa sehingga dapat menjangkau pada daerah yang lebih luas. Mikoriza arbuskula merupakan mikrobia tanah yang dapat berkembang pada sistem agroforestri dan monokultur. Informasi mikoriza yang dapat bersimbiosis dengan Porang baik secara agroforestri dan monokultur belum banyak dipublikasikan. Oleh sebab itu perlu identifikasi spora yang ada di rizosfer Porang sehingga nantinya dapat dijadikan sebagai bahan baku pupuk berbasis mikoriza arbuskula untuk tanaman Porang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mikoriza arbuskula yang berada di rizosfer Porang pada berbagai sistem pertanaman. Penelitian tentang fungi mikoriza arbuskula di rizosfer Porang dilakukan di lahan agroforestri dan monokultur yang memiliki jenis tanah latosol. Lahan penelitian berada di Desa Mrayan, Kecamatan Ngrayun kabupaten Ponorogo Jawa timur Indonesia dan dilakukan pada bulan Desember 2020. Sampel tanah diambil secara acak di tiga lahan yang berbeda yaitu agroforestri berbasis pinus, agroforestri berbasis sengon dan monokultur Porang. Sampel tanah diambil disekitar perakaran tanaman Porang. Sampel akar berupa akar halus porang. Spora mikoriza arbuskula diekstrak dengan metode pengayaan basah dan kering. Identifikasi spora mikoriza arbuskula dilakukan dengan identifikasi morfologi. Hasil penelitian ini ditemukan 3 genera yang terdiri dari 9 species yaitu Glomus (5 species), Acaulospora (2 species) dan Gigaspora (2 species). Kepadatan spora tertinggi berjenis Glomus dan yang terkecil adalah Gigaspora. Rata rata kepadatan spora adalah 56-105 spora/100 g tanah. Kepadatan spora tertinggi pada agroforestri berbasis pinus. Persentase infeksi akar berkisar antar 24-50%. Persentase infeksi akar tertinggi pada agroforestri berbasis sengon 50%, sedangkan paling rendah monokultur Porang 24%.

### Kata Kunci:

Agroforestri,  
Mikoriza,  
Monokultur,  
Porang.

### ABSTRACT

#### Keywords:

Agroforestry,  
Mycorrhizae,  
Monoculture,  
Porang.

*Arbuscular mycorrhizae are soil microbes that have a role in increasing the availability of water for plants through the addition of hyphae so that they can reach a wider area. Arbuscular mycorrhizae are soil microbes that can thrive in agroforestry and monoculture systems. Information on mycorrhiza that can symbiotic with Porang (*Amorphophallus muelleri*) both in agroforestry and monoculture has not been widely published. Therefore, it is necessary to identify spores in the Porang rhizosphere so that later they can be used as raw materials for arbuscular mycorrhizal-based fertilizers for Porang plants. This study aims to identify arbuscular mycorrhizae in the Porang rhizosphere in various cropping systems. Research on arbuscular mycorrhizal fungi in the Porang rhizosphere was carried out on agroforestry and monoculture land with latosol soil type. The research area is located in Mrayan Village, Ngrayun District, Ponorogo Regency, East Java, Indonesia and was conducted in December 2020. The research area is located in Mrayan Village, Ngrayun District, Ponorogo Regency, East Java, Indonesia and was carried out in December 2020. Soil samples were taken randomly in three different fields, namely pine-based agroforestry, sengon-based agroforestry and monoculture. Soil samples were taken around the roots of the Porang plant. The root sample was porang fine root. Arbuscular mycorrhizal spores were extracted by wet and dry enrichment methods. Identification of arbuscular mycorrhizal spores was carried out by morphological identification. The results of this study found 3 genera consisting of 9 species, namely Glomus (5 species), Acaulospora (2 species) and Gigaspora (2 species). The highest spore density was Glomus type and the smallest was Gigaspora. The average spore density was 56-105 spores/100 g of soil. The highest spore density was in pine-based agroforestry. The percentage of root infection ranges from 24-50%. The highest percentage of root infection in sengon-based agroforestry.*



## PENDAHULUAN

Porang merupakan tanaman yang banyak dikembangkan di daerah Jawa Timur Indonesia dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Porang banyak dibudidayakan dengan sistem agroforestri dan monokultur. Hampir sebagian besar budidaya porang di Jawa Timur terdapat pada daerah yang memiliki pengairan dengan mengandalkan curah hujan. Pada saat musim kemarau, tanaman Porang mengalami kekurangan air. Kendala kekurangan air dapat diminimalkan dengan adanya simbiosis tanaman dengan mikoriza.

Mikoriza arbuskula merupakan mikrobia tanah yang memiliki peran dalam meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman melalui perpanjangan hifa sehingga dapat menjangkau pada daerah yang lebih luas. Simbiosis mikoriza dan tanaman akan tercipta akar yang banyak sehingga serapan nutrisi akan lebih banyak (Muhammad & Isnatin, 2019). Hifa mikoriza arbuskula dapat menyerap air tanah yang memiliki tegangan yang lebih rendah dan akan disalurkan ke akar tanaman (Khalil, Hussein, & Khalil, 2014). Mikoriza arbuskula dapat bersimbiosis dengan 80% tanaman, termasuk tanaman umbi umbian. Mikoriza arbuskula dapat bersimbiosis dengan gadung (Prayudyaningsih & Nursyamsi, 2015), ketela pohon (Widiatma, Wirawan, & Susrama, 2016) dan kentang (Armansyah, Herawati, & Kristina, 2019). Mikoriza dapat meningkatkan berat umbi tanaman (Usnawiyah & Wirda, 2019).

Mikoriza arbuskula merupakan mikrobia tanah yang dapat berkembang pada sistem agroforestri dan monokultur. Informasi mikoriza yang dapat bersimbiosis dengan Porang baik secara agroforestri dan monokultur belum banyak dipublikasikan. Oleh sebab itu perlu identifikasi spora yang ada di rizosfer Porang sehingga nantinya dapat dijadikan sebagai bahan baku pupuk berbasis

mikoriza arbuskula untuk tanaman Porang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mikoriza arbuskula yang berada di rizosfer Porang pada berbagai sistem pertanaman.

## METODOLOGI

### Sampel tanah dan akar porang

Sampel tanah diambil di Desa Mrayan, Kecamatan Ngrayun kabupaten Ponorogo, Jawa Timur Indonesia dengan jenis tanah Latosol. Sampel tanah diambil secara acak pada tiga lokasi yaitu agroforestri berbasis pinus, agroforestri berbasis sengon dan monokultur Porang. Setiap lahan diambil secara acak dengan 3 ulangan. Sampel tanah diambil disekitar perakaran Porang. Sampel tanah diambil sebanyak 2 kg dan dimasukkan dalam kantong plastik dan di bawa ke laborotoium untuk analisa spora mikroriza. Sampel akar porang diambil pada akar halus porang, kemudian dicuci dan dimasukkan botol yang berisi alcohol 70% untuk dibawa ke laboratorium untuk analisa infeksi akar oleh mikoriza arbuskula.

### Isolasi spora

Spora mikoriza arbuskula diektrak dengan menggunakan metode pengayaan basah dan kering metode Gerdemann dan Nicolson (1963). Sub sampel sebanyak 100 g dari setiap sampel dilarutkan dalam 1 L air dan dilakukan pengadukan. Suspensi disaring dengan saringan bertingkat yaitu 250, 100 dan 45 microns. Supernatan pada saringan terakhir disentrifuse untuk memisahkan spora dengan material yang lainnya. Kepadatan spora dihitung berdasarkan jumlah spora yang teramati di bawah mikroskop

### Identifikasi spora

Spora hasil isolasi ditambahkan PVLG dan melzer untuk identifikasi spora mikoriza arbuskula berdasarkan morfologinya (bentuk, warna, diameter, ornament, hifa). Diskripsi spora dibandingkan dengan publikasi online

pada data base di INVAM (<http://invam.caf.wvu.edu>)

#### Pengamatan tingkat infeksi

Sampel akar dibersihkan dengan air, kemudian direndam dalam KOH 10% pada suhu 80°C. Setelah itu dicuci dan direndam akar dalam HCl 1 % selama 30 menit. Setelah itu HCl dibuang dan ditambahkan larutan Staining (*trypan blue*) selama 24 jam. Pengamatan akar terinfeksi dilakukan dengan bantuan mikroskop. Persentase infeksi akar di hitung berdasarkan jumlah akar yang terinfeksi dibanding dengan total akar yang diamati.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

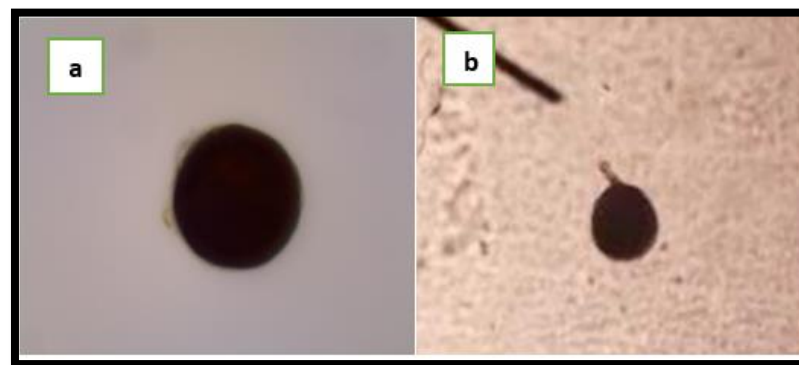
#### Identifikasi spora

Jenis spora yang teridentifikasi pada sampel penelitian ini berjumlah 9 jenis pada sistem agroforestri berbasis pinus, 8 jenis pada sistem agroforestri berbasis sengon dan monokultur Porang. Hasil ini lebih tinggi daripada jenis spora yang ditemukan pada tanaman tebu di daerah Pati Jawa Tengah, yaitu *Glomus* (3 species), *Acaulospora* (1 species) (Hartoyo & Trisilawati, 2021) dan pada tanaman

alang alang di Bali yaitu *glomus* (2 species), *Acaulospora* (1 species) dan *Gigaspora* (1 Species) (Naingolan, Wirawan, & Susrama, 2014). Adapun di tananam bengkuang terdapat 6 jenis mikoriza yaitu 4 *glomus*, 1 *Acaulospora* dan 1 *Gigaspora* (Armansyah et al., 2019). Di rizosfer ketela pohon yang berada di tanah alluvial ditemukan mikoriza 3 genus yaitu *gigaspora*, *entrophospora* dan *glomus* (Nurhidayati, Purwani, & Ermavitalini, 2010). Jenis spora teridentifikasi sebagai berikut :

#### a. *Glomus ambisporum*

Bentuk spora globus sampai sub globus, diameter 76-80  $\mu\text{m}$ , warna hitam, dinding spora terdapat 2 lapis yaitu L1 <1  $\mu\text{m}$  berwarna hyaline, L2 5  $\mu\text{m}$  berwarna coklat gelap kehitaman. Tidak ditemukan hifa . Hasil ini serupa spora mikoriza di kawasan Hutan Desa Lamteuba Droo Kecamatan Seulimum Kabupaten Aceh Besar (Rahmi, Dewi, Maretalina, & Hidayat, 2017).

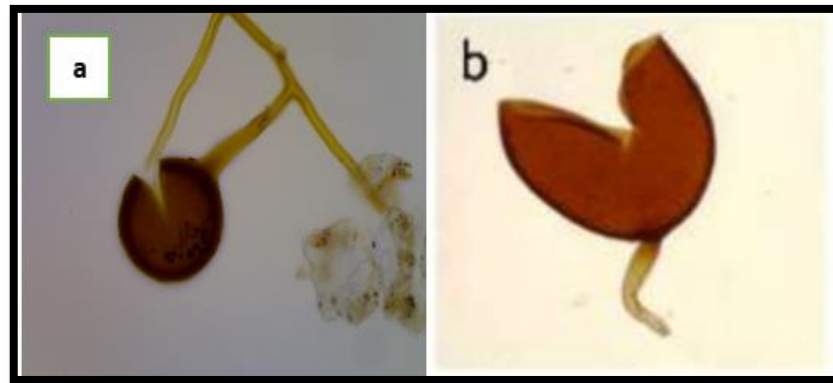


Gambar 1. a. Hasil pengamatan, b. Literatur Rahmi  
Figure 1. a. Observation results, b. Rahmi literature

#### b. *Glomus geosporum*

Bentuk spora globus sampai sub globus, diameter 58-62  $\mu\text{m}$ , warna oranye gelap kecoklatan, dinding spora terdapat 3 lapis yaitu L1 < 1  $\mu\text{m}$  berwarna hyaline, L2 5  $\mu\text{m}$  berwarna coklat oranye dan L3 1,2

$\mu\text{m}$  berwarna lebih gelap. Hifa terdiri dari 2 lapis dengan diameter 12  $\mu\text{m}$ . Hasil ini serupa dengan spora mikoriza di *Clerodendrum* (Songachan, Kayang, & Moinao, 2015).

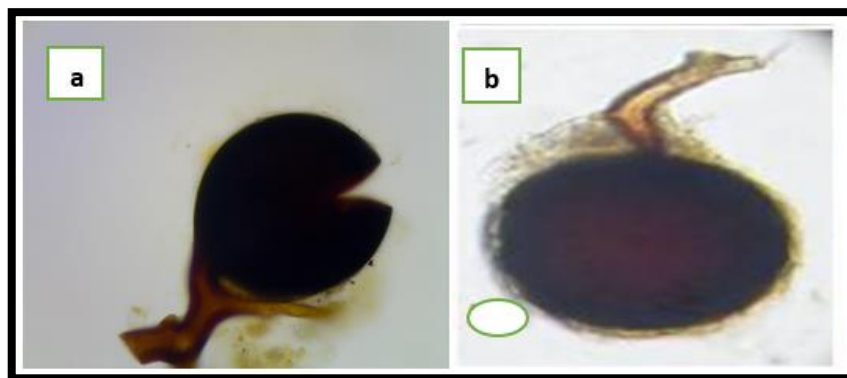


Gambar 2. a. Hasil pengamatan, b. Literatur Songachan  
Figure 2. a. Observation results, b. Songachan literature

c. *Glomus constrictum*

Bentuk spora globus, warna coklat kehitaman, dinding spora terdapat 2 lapis yaitu L1 1,4  $\mu\text{m}$  berwarna hyaline dan L2 9,12  $\mu\text{m}$  berwarna coklat kemerahan. Hifa terdiri dari

2 lapis dengan diameter 15  $\mu\text{m}$ . Hasil identifikasi ini serupa dengan spora mikoriza di daerah Mahabubnagar, Telangana India (Kante, Amballa, & Bheemanathni, 2018).

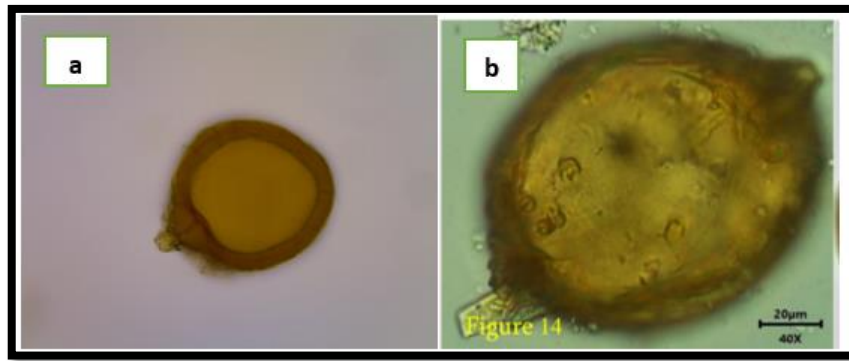


Gambar 3. a. Hasil pengamatan, b. Literatur Kante  
Figure 3. a. Observation results, b. Kante literature

d. *Glomus multicaule*

Bentuk spora globus, diameter 90-99  $\mu\text{m}$ , warna kuning kecoklatan, dinding spora terdapat 2 lapis yaitu L1 <1  $\mu\text{m}$  berwarna hyalinedan L3 9  $\mu\text{m}$  berwarna kuning kecoklatan.

Hifa berwarna hyalin terdiri dari 2 lapis dengan diameter 8  $\mu\text{m}$ . Hasil ini serupa dengan spora mikoriza dirizosfer *Dicoma tomentosa* (Kante et al., 2018).

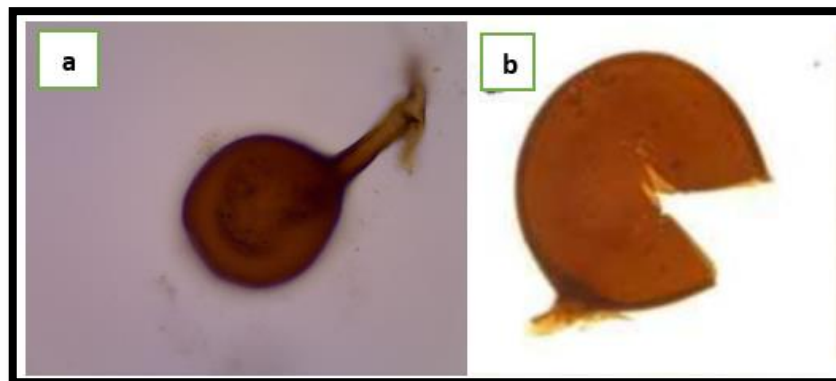


Gambar 4. a. Hasil pengamatan, b. Literatur Kante  
Figure 4. a. Observation results, b. Kante literature

e. *Glomus etunicatum*

Bentuk spora globus sampai sub globus, diameter 80-90  $\mu\text{m}$ , warna oranye kemerahan, dinding spora terdapat 2 lapis yaitu L1 0,6-2,8  $\mu\text{m}$  berwarna hyaline dan L2 4,4-6,4

$\mu\text{m}$  berwarna coklat oranye cerah. Hifa terdiri dari 2 lapis dengan diameter 5-10,2  $\mu\text{m}$ . Hasil ini serupa spora di rizosfer *C. colebrookianum* and *C. buchananii* (Songachan et al., 2015).

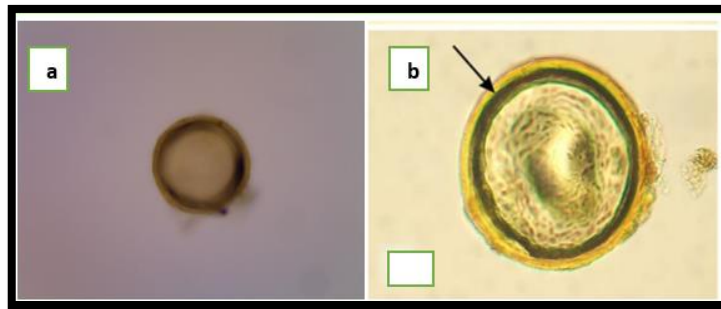


Gambar 5. a. Hasil pengamatan, b. Literatur Songachan  
Figure 5. a. Observation results, b. Songachan literature

f. *Acaulospora lacunosa*

Bentuk spora globus, diameter 70-72  $\mu\text{m}$ , warna kuning pucat, dinding spora terdapat 2 lapis yaitu L1 0,5  $\mu\text{m}$  berwarna hyaline dan L2 1,8-6  $\mu\text{m}$  berwarna kuning oranye. Terdapat dinding lapisan dalam.

Penelitian ini serupa dengan spora mikoriza di rizosfer Bunga matahari di Haryana, India (Sharma, Parkash, Kaushish, & Aggarwal, 2009).

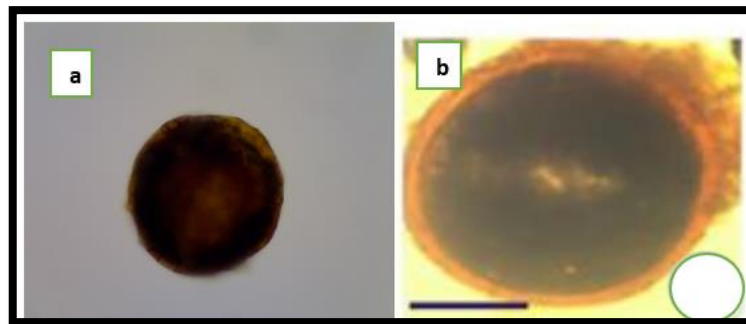


Gambar 6. a. Hasil pengamatan, b. Literatur Sharma  
Figure 6. a. Observation results, b. Sharma literature

g. *Acaulospora mellea*

Bentuk spora globus, diameter 70-72  $\mu\text{m}$ , warna kuning kehitaman, dinding spora terdapat 3 lapis yaitu L1 <0,5  $\mu\text{m}$  berwarna hyaline, L2 4  $\mu\text{m}$  berwarna kuning, L3 1,4  $\mu\text{m}$

berwarna coklat oranye. Terdapat dinding lapisan dalam. Hasil ini serupa spora mikoriza pada rizosfer legume (Alimi, Adeleke, & Moteetee, 2021).

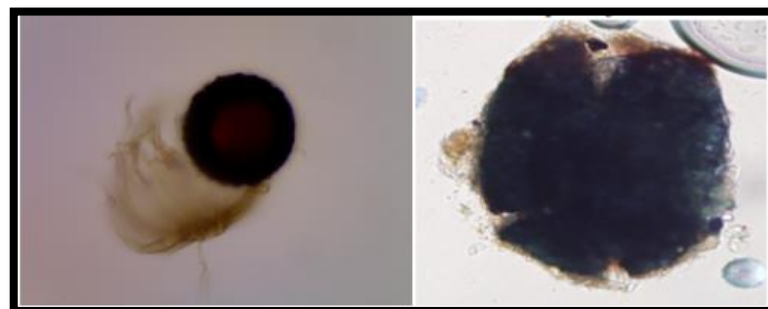


Gambar 7. a. Hasil pengamatan, b. Literatur Alimi  
Figure 7. a. Observation results, b. Alimi literature

h. *Gigapora rosea*

Bentuk spora globus, diameter 70-71  $\mu\text{m}$ , warna hitam kecoklatan, dinding spora terdapat 3 lapis yaitu L1 <1  $\mu\text{m}$  berwarna hyaline, L2 2

$\mu\text{m}$  merah gelap dan L3 4  $\mu\text{m}$ , dinding spora berduri. Hifa terdiri dari 2 lapis. Hasil peneliti serupa dengan spora mikoriza di rizosfer legum (Kante et al., 2018).



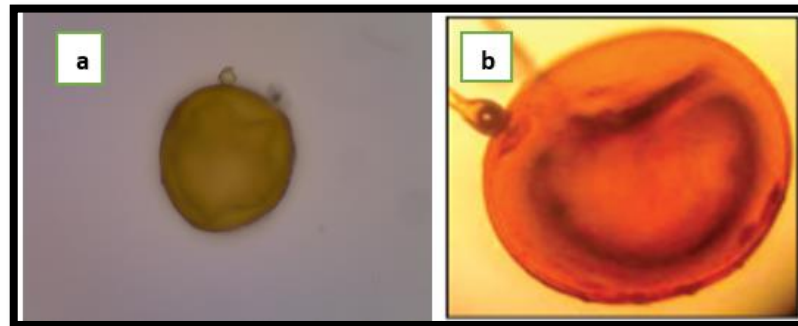
Gambar 8. a. Hasil pengamatan, b. Literatur Kante  
Figure 8. a. Observation results, b. Kante literature



i. *Gigaspora albida*

Bentuk spora globus, diameter 82-84  $\mu\text{m}$ , warna krem pucat, dinding spora terdapat 3 lapis yaitu L1 2  $\mu\text{m}$  berwarna hyaline, L2 6  $\mu\text{m}$  berwarna kuning dan L3 2  $\mu\text{m}$

berwarna hyaline. Hifa terdiri dari 2 lapis. Hasil penelitian ini serupa dengan spora dirizosfer *Anacardium occidentale* (Proborini, Sudana, Suarana, & Ristiati, 2013).

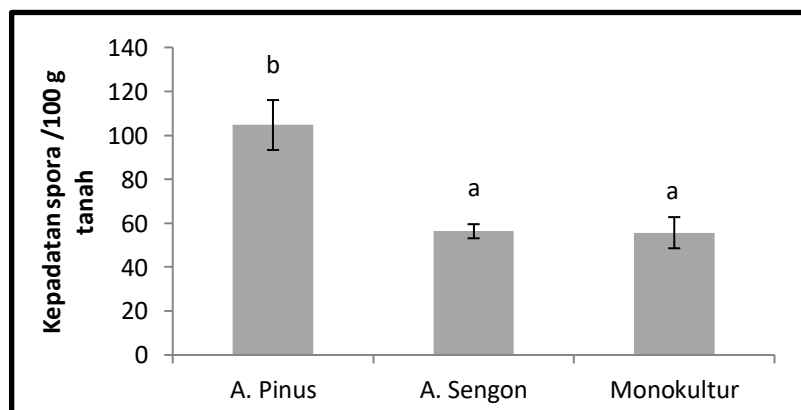


Gambar 9. a. Hasil pengamatan, b. Literatur Alimi  
Figure 9. a. Observation results, b. Alimi literature

**Kepadatan spora**

Kepadatan spora di di rizofer porang berkisar antar 56 – 105 spora/100 g tanah. Kepadatan spora mikoriza arbuskula bervariasi tergantung pada sistem pertanaman (Gambar 2). Sistem agroforestri berbasis pinus memiliki kepadatan spora paling tinggi dan sistem monokultur memiliki kepadatan terendah. Kepadatan spora pada sistem agroforestri memiliki hasil yang berbeda tergantung pada jenis tanaman tahunan. Sistem agroforestri berbasis pinus memiliki kepadatan spora lebih tinggi dibanding sistem agroforestri berbasis sengon.

Kepadatan spora tanaman gadung (*Dioscorea hisbida*) di bawah tegakan jati memiliki jumlah spora 4 /100 g tanah sedangkan tanaman gembili (*Dioscorea esculenta*) memiliki jumlah spora 24/100 g tanah (Prayudyaningsih & Nursyamsi, 2015). Kepadatan spora di tanaman kentang berkisar antara 166 – 566 spora/100 g (Armansyah et al., 2019). Kepadatan spora tanaman ubi kayu 105/100 g tanah dan tanaman ubi jalar 83/100 g tanah di Bali Indonesia (Widiatma et al., 2016).

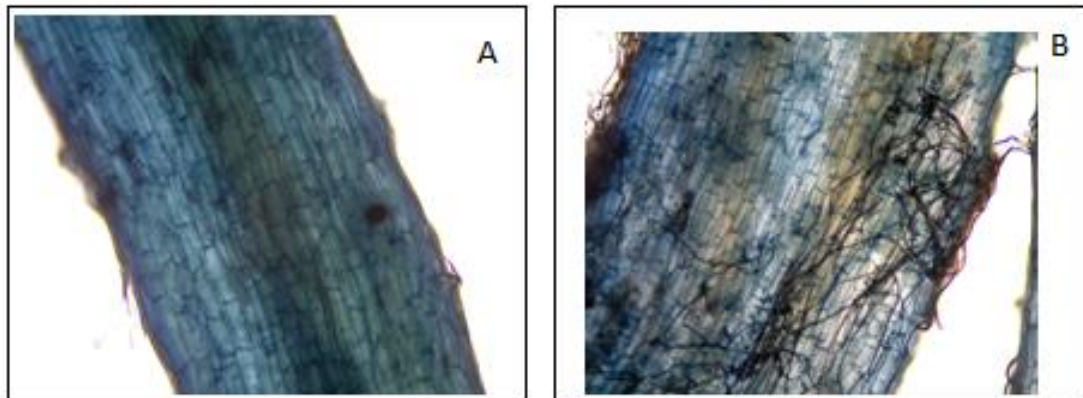


Gambar 10. Grafik kepadatan spora  
Figure 10. Spore density graph

### Infeksi Mikoriza Arbuskula

Tanaman porang dapat terinfeksi oleh mikoriza arbuskula. Pada akar porang yang tidak terinfeksi oleh mikoriza maka jaringan akar porang terlihat bersih, hanya terlihat ruang sel akar porang (Gambar 3A). Akar porang yang terinfeksi oleh mikoriza arbuskula akan terlihat hifa mikoiza yang masuk ke jaringan akar

sampai ke korteks dan dinamakan hifa internal. Percabangan hifa internal yang membesar membentuk arbuskula yang berfungsi sebagai pertukaran senyawa yang diperlukan oleh fungi dan hara yang dibutuhkan oleh porang. Hifa ada yang muncul dipermukaan akar sehingga membentuk hifa eksternal (Gambar 3B)

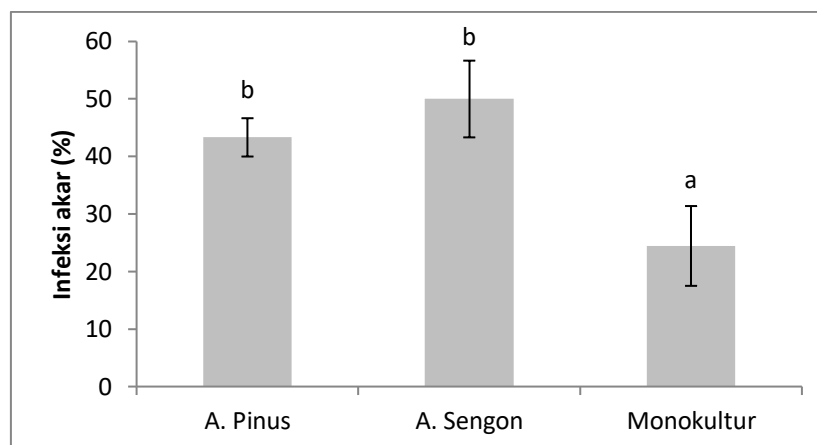


Gambar 11. A: Akar tanpa infeksi mikoriza, B: Akar terinfeksi mikoriza

Figure 11. A. Roots without mycorrhizal infection, B: Roots infected with mycorrhizae

Infeksi akar oleh mikoriza arbuskula bervariasi tergantung pada sistem pertanaman. Rata infeksi mikoriza sebesar 24-50%. Pada berbagai sistem agroforestri, perbedaan tanaman tahunan tidak menyebabkan perbedaan persentase infeksi akar porang oleh mikoriza arbuskula. Persentase infeksi akar pada sistem monokultur lebih rendah dibanding dengan sistem agroforestri baik agroforestri berbasis pinus maupun agroforestri berbasis sengon. Persentase infeksi akar oleh mikoriza arbuskula tertinggi pada sistem agroforestri berbasis

sengon dan terendah pada sistem monokultur. Infeksi akar oleh mikoriza tergantung pada penggunaan lahan. Lahan hutan memiliki tingkat infeksi yang berbeda dengan lahan hutan yang terdegradasi (Baral et al., 2021). Tingkat infeksi mikoriza terhadap akar tanaman bengkuang berkisar antara 20 – 50% (Armansyah et al., 2019). Adapun tingkat infeksi ubi kayu sebesar 54% dan ubi jalar sebesar 43% ditumbuhkan di Bali Indonesia (Widiatma et al., 2016). Tingkat infeksi tanaman gambeli sebesar 8,33% (Prayudyaningsih & Nursyamsi, 2015).



Gambar 12. Grafik infeksi akar

Figure 12. Root infection chart

## KESIMPULAN

Porang memiliki kemampuan bersimbiosis dengan mikoriza arbuskula. Jenis mikoriza yang bersimbiosis dengan Porang tergantung pada sistem pertanaman Porang, sistem agroforestri Porang memiliki jenis mikoriza arbuskula lebih banyak dibandingkan dengan monokultur. Mikoriza arbuskula yang ada ditemukan di ketiga lokasi ada 9 jenis yaitu genere *Glomus* (5 jenis), *Acaulospora* (2 jenis) dan *Gigaspora* (2 jenis). Kepadatan spora mikoriza arbuskula tertinggi di Porang sistem agroforestri berbasis pinus. Infeksi mikoriza arbuskula tertinggi pada sistem agroforestri berbasis sengon.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aran, D. H., Mariani, Y., & Yusro, F. (2021). Minyak Atsiri Daun Jeruk Purut (*Citrus Hystrix*) Dan Bioaktivitasnya Terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes* DAN *Pseudomonas aeruginosa*. *Bioma : Jurnal Biologi Dan Pembelajaran Biologi*, 6(1), 1–10.
- Arce, A., Marchiaro, A., Martínez-Ageitos, J. M., & Soto, A. (2005). Citrus essential oil deterpenation by liquid-liquid extraction. *Canadian J. of Chemical Engineering*, 83(2), 366–370.
- Das, D. R., Sachan, A. K., Shuaib, M., & Imtiyaz, M. (2014). *Chemical*

*Charecterization of Volatile Oil Components of Citrus Reticulata By Gc-Ms Analysis*. 3(6), 1197–1204.

- Espina, L., Somolinos, M., Lorán, S., Conchello, P., García, D., & Pagán, R. (2011). Chemical composition of commercial citrus fruit essential oils and evaluation of their antimicrobial activity acting alone or in combined processes. *Food Control*, 22(6), 896–902.
- Fekadu, T., Seifu, T., & Abera, A. (2019). Extraction of Essential Oil from Orange Peel using Different Methods and Effect of Solvents, Time, Temperature to Maximize Yield Green synthesis of nanoparticles View project Extraction of essential oil View project Extraction of Essential Oil from Orange. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 9(March), 24300–24308.
- Gualdani, R., Cavalluzzi, M. M., Lentini, G., & Habtemariam, S. (2016). The chemistry and pharmacology of citrus limonoids. In *Molecules* Vol. 21, (11).
- Harris R. (1994). Tanaman Minyak Atsiri. In *Penebar Swadaya*.
- Hidayati. (2012). Distilasi Minyak Atsiri dari Kulit Jeruk Pontianak dan

- Pemanfaatannya dalam Pembuatan Sabun Aromaterapi. *Biopropal Industri*, 3(2), 39–49.
- Honestin, T., Ikarini, I., Ashari, H., & Hanif, Z. (2020). Pengaruh Sari Jeruk Siam Pontianak dan Keprok Terigas terhadap Kualitas Es Krim. *Pros. Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke-8 Tahun 2020, Palembang 20 Oktober 2020 “*, 978–979.
- Ikarni, I., Honestin, T., Ashari, H., & Hanif, Z. (2020). Karakteristik Minuman Sari Jeruk Keprok Terigas dengan Penambahan beberapa Jenis Penstabil. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke-8 Tahun 2020, Palembang 20 Oktober 2020 “*, 978–979.
- Iryani, A. S., & Deka, A. (2018). Pembuatan Minyak Atsiri Dari Kulit Jeruk Purut (Citrus Histrix) Dengan Metode Ekstraksi. *Pros. Seminar Hasil Penelitian*, 978-602–60, 159–161.
- Kartika Fitri, A. C., & Proborini, W. D. (2018). Analisa Komposisi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis Hasil Ekstraksi Metode Microwave Hydrodiffusion and Gravity Dengan Gc-Ms. *Reka Buana : J. Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 3(1), 53.
- Kurniawan, A., Chandra, Indraswati, N., & Mudjijati. (2008). Ekstraksi Minyak Kulit Jeruk Dengan Metode Distilasi, Pengepresan dan Leaching. *Widya Teknik*, 7(1), 15–24.
- Mani-López, E., Lorenzo-Leal, A. C., Palou, E., & López-Malo, A. (2017). Principles of Sensory Evaluation in Foods Containing Essential Oil. *Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications*, 293–325.
- Minh Tu, N. T., Onishi, Y., Choi, H. S., Kondo, Y., Ukeda, H., & Sawamura, M. (2003). Characteristic odour components of Citrus sp. (Kiyookadaidai) cold-pressed peel oil. *Flavour and Fragrance J.*, 18(6), 515–520.
- Muhtadin, A. F., Wijaya, R., & Prihatini, P. (2013). Pengambilan Minyak Atsiri dari Kulit Jeruk. *J. Teknik Pomits*, 2(1), 98–101.
- Sawamura, M., Onishi, Y., Ikemoto, J., Tu, N. T. M., & Phi, N. T. L. (2006). Characteristic odour components of bergamot (Citrus bergamia Risso) essential oil. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(4), 609–615.
- Sri Mulyani, S. dan M. M. H. (2009). Analisis GC-MS dan daya anti bakteri minyak atsiri Citrus amblycarpa ( Hassk ) Ochse Antibacterial activity and GC-MS analysis of the Citrus. *Majalah Farmasi Indonesia*, 20(3), 127–132.
- Syauqiah, I., Mirwan, A., Sulaiman, A., & Nurandini, D. (2008). Analisis Pengaruh Lama Penyulingan dan Komposisi Bahan Baku Terhadap Rendemen dan Mutu Minyak Atsiri dari Daun dan Batang Nilam. *Info-Teknik*, 9(1), 21–30.
- Tantri Swandari, Panjisakti Basunanda, A. P. (2017). Tantri Swandari et al. : Penggunaan Alat Sensor Warna untuk Menduga Derajat Dominasi Gen Penyadi Karakter Warna Buah Cabai Hasil Persilangan. *Agroista*, 1(2), 1–10.



## **Analisis Histologi dan Scanning Electron Microscopy (SEM) pada Somatik Embriogenesis Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri* B)**

*Histological Analysis and Scanning Electron Microscopy (SEM) on Somatic Embryogenesis of Porang Plants (*Amorphophallus muelleri* B)*

Author(s): Dwika Nano Hariyanto<sup>(1)</sup>; Tri Handoyo<sup>(1)</sup>; Parawita Dewanti<sup>(1)</sup>;  
Kacung Hariyono<sup>(1)</sup>; Didik Pudji Restanto<sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup> Universitas Jember

\* Corresponding author: [restanto.lemlit@unej.ac.id](mailto:restanto.lemlit@unej.ac.id)

Submitted: 6 Des 2021

Accepted: 1 Mar 2022

Published: 31 Mar 2022

### **ABSTRAK**

Embriogenesis somatik ialah proses pembentukan embrio tanaman dari jaringan somatik. Secara umum, tahapan perkembangan embrio somatik terdiri dari inisiasi dan proliferasi embrio, pendewasaan embrio (fase globular, skutelar, dan kوليوptilar), perkecambahan embrio dan aklimatisasi. Pembentukan embrio somatik secara tidak langsung saat ini belum memiliki kajian lebih mendalam tentang mekanisme terjadinya embrio somatik khususnya pada tanaman porang sehingga kami menyajikan pengetahuan terkait interaksi hormon 2,4-D dan NAA terhadap induksi kalus melalui analisa histologi dan analisa Scanning elektron mikroskop (SEM) pada kalus embriogenik tanaman porang (*Amorphophallus muelleri*). Tujuan penelitian ini adalah guna mengetahui interaksi pengaruh 2,4-D dan NAA dalam proses induksi SE dan mempelajari tahapan perubahan embrio serta perkembangan struktur embrio tanaman porang. Penelitian ini telah dilaksanakan selama 6 bulan sejak Mei hingga Oktober 2021. Tempat penelitian berada di Laboratorium Kultur Jaringan Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 Faktor dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama ialah hormon 2,4-D dengan konsentrasi 0 ppm, 1 ppm, 2 ppm, dan faktor kedua yaitu hormon NAA dengan konsentrasi 0,5 ppm, 1 ppm, 1,5 ppm, 2 ppm, 2,5 ppm. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan hormon 1 ppm 2,4-D + 1,5 ppm NAA menghasilkan kalus embriogenik dan pada hasil histologi dan scanning electron mikroskopi (SEM) memperlihatkan tahapan embrio somatik porang meliputi tahapan pre-embriomas, embrio globular, embrio skutelar dan embrio kوليوptilar, lalu tahap koleoptilar berkembang ke tahap primodial tunas. Pada konsentrasi 1 ppm 2,4-D + 1,5 ppm NAA terbentuk pre-embriomas dan embrio globular yang memiliki permukaan yang halus.

### **Kata Kunci:**

*Amorphophallus muelleri*;

Histologi;  
Porang;

Somatik embriogenesis (SE);

Scanning elektron mikroskopi (SEM)

### **Keywords:**

*Amorphophallus muelleri*;

Histology;  
Porang;

Somatic embryogenesis (SE);

Scanning electron microscopy (SEM)

### **ABSTRACT**

*Somatic embryogenesis is the process of forming plant embryos from somatic tissues. In general, the stages of somatic embryo development consist of embryo initiation and proliferation, embryo maturation (globular, scutellar, and coleoptilar phases), embryo germination, and acclimatization. Indirect somatic embryo formation currently does not have a more in-depth study of the mechanism of the occurrence of somatic embryos, especially in porang plant, so we present knowledge related to the interaction of 2,4-D hormones and NAA on callus induction through histological analysis and scanning electron microscopy (SEM) analysis on embryogenic callus of porang plant (*Amorphophallus muelleri*). The purpose of this study was to determine the interaction effect of 2,4-D and NAA on the SE induction process and to study the stages of embryonic changes and development of the embryonic structure of porang plant. This research has been carried out for 6 months from May to October 2021. The research site was in the Agronomy Plant Tissue Culture Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Jember. This study used a 2-factor Completely Randomized Design (CRD) with 3 replications. The first factor was 2,4-D concentrations of 0 ppm, 1 ppm, and 2 ppm, whereas the second factor was NAA concentrations of 0.5 ppm, 1 ppm, 1.5 ppm, 2 ppm, and 2.5 ppm. The results showed that the treatment of 1 ppm 2,4-D + 1.5 ppm NAA resulted in embryogenic callus and the results of histology and scanning electron microscopy (SEM) showed that the stages of the somatic embryo of porang included the pre-embryogenic mass, globular, scutellar, and coleoptile embryonic stages, then the coleoptile development to the bud primordia stage. At concentrations of 1 ppm 2,4-D + 1.5 ppm NAA, pre-embryogenic mass, and globular embryos were formed which had smooth surfaces.*



## PENDAHULUAN

Porang (*A. muelleri*) ialah tanaman otentik hutan tropis sebagai bahan dasar industri pangan maupun obat karena mengandung glukomanan yang memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Harijati & Mastuti, 2014). Menurut Sumarwoto, (2005) tanaman porang mengalami tiga kali siklus hidup yaitu siklus ke-1 pada musim hujan ditandai dengan munculnya tunas berasal dari umbi, pada percabangan daun majemuk terdapat bulbil yang tumbuh. Bulbil merupakan umbi yang tumbuh pada percabangan daun majemuk dengan karakteristik berwarna coklat dan kasar berbintil-bintil. Batang semu tumbuh selama 6 bulan kemudian tanaman rebah dan umbi mengalami dormansi. Siklus ke-2 tanaman kembali tumbuh pada awal musim hujan dengan pertumbuhan yang berbeda dengan siklus pertama dengan tangkai daun dan diameter tajuk daun lebih panjang/lebar. Kedua siklus tanaman porang ini merupakan fase pertumbuhan vegetatif. Siklus ke-3 merupakan fase generatif tanaman porang ditandai adanya berat umbi yang lebih berat dan ukuran umbi lebih besar serta batang yang tumbuh berdiameter lebih besar dari siklus ke 1 dan 2, pada siklus ini biasanya tanaman porang dipanen. Perbanyak tanaman porang di masyarakat saat ini masih menggunakan bahan tanam berupa bulbil dan umbi, karena bulbil dan umbi bisa dapat ditanam secara langsung dilahan yang telah di siapkan, akan tetapi memerlukan waktu yang relatif lama yaitu 6 bulan (Ibrahim, 2019).

Bersimulsi replika, untuk memenuhi keperluan glukomanan dan kapabilitas ekspor sesuai kuota benih nasional/internasional, produksi umbi diperlukan sekitar 35.000 ton/tahun (Hidayat dan Purwadi, 2021). Untuk permintaan tersebut, diperlukan adanya dorongan kesiapan bibit dan eksploitasi yang sesuai. Dilihat dari perspektif ketersediaan bibit, penghalang utamanya

ialah perihal perluasan tanam sehingga mengakibatkan kelangkaan benih yang menyebabkan biaya bulbi dan umbi batang tanaman porang berkembang drastis (Santosa, 2015). Pemenuhan kebutuhan bibit dapat dilakukan lewat pembiakan tanaman secara konvensional, tetapi tidak menutup probabilitas untuk dilakukan secara non konvensional (kultur *in vitro*) (Karyanti & Kartini, 2017).

Kultur *in vitro* adalah teknik mengisolasi komponen tanaman seperti sel, jaringan atau organ yang dikembangkan pada media steril dan ruangan terkendali, sehingga bagian tanaman dapat memperbanyak diri serta meregenerasi menjadi individu baru yang lengkap. Kultur *in vitro* bertujuan untuk perbanyak tanaman dengan waktu yang singkat, hal ini merupakan tahap di dalam menghasilkan jenis tanaman yang diinginkan dan pemuliaan tanaman. Penyediaan bibit yang tidak mengenal musim, produksi bibit berjumlah besar dengan waktu yang singkat, bersifat seragam dan bebas dari patogen merupakan keuntungan dari kultur *in vitro*. Teknik yang digunakan salah satunya yaitu embriogenesis somatik (SE). Embriogenesis Somatik ialah prosedur pertumbuhan sel somatik membentuk individu baru yang lengkap tanpa melalui fusi gamet. Embriogenesis somatik bermanfaat untuk perbanyak massal, program perbaikan genetik, dan produksi benih sintetik kultur embrio somatik (Silvia et al., 2021).

Embriogenesis somatik pada penelitian Zhong et al., (2017) pembentukan kalus embriogenik tertinggi pada tanaman *Amorphophallus konjac* yaitu 9,04  $\mu\text{M}$  (2,4-D) dan 5.37  $\mu\text{M}$  (NAA). Sedangkan Hernández-Piedra et al., (2018) melaporkan bahwa pembentukan kalus embriogenik tertinggi pada tanaman *Typha angustifolia* dicapai pada konsentrasi 2,4D sebesar 0,5 – 1 mg/l, dan Gurme et al., (2018) melaporkan

bahwa pembentukan embrio somatik tertinggi (100%) menggunakan 13.31  $\mu\text{M}$  (BAP), sedangkan hormon IAA 2,85  $\mu\text{M}$  and hormon 2,4-D 2,26  $\mu\text{M}$  memiliki persentase pembentukan kalus yang rendah. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui interaksi hormon 2,4-D dan NAA terhadap perkembangan SE tanaman porang serta mempelajari mekanisme pembentukan embrio somatik lebih mendalam sehingga dapat dijadikan kajian ilmiah tentang pemahaman SE.

## METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Agronomi Universitas Jember, Jawa timur. Bahan tanam yang digunakan yaitu eksplan kuncup daun tanaman porang, media dasar Murashige and Skoog (MS), hormon *Dichlorophenoxyacetic acid* (2, 4-D), *Naphthalene acetic acid* (NAA), bacto agar, sukrosa, *sodium hypochlorite* (7,4%), dan aquades. Alat yang digunakan meliputi neraca analitik, autoklaf, *laminar air flow*, pinset, scalpel, mikroskop Leica EZ4 HD, Mikroskop BestScope BS-2052 BT, dan SEM hitachi tabletop microscope TM3000.

Rancangan ini memakai RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 2 faktor. Faktor pertama ialah konsentrasi hormon 2,4-D yakni 0 ppm, 1 ppm, dan 2 ppm. Faktor kedua ialah konsentrasi hormon NAA yaitu 0,5 ppm, 1 ppm, 1,5 ppm, 2 ppm, dan 2,5 ppm. Terdapat 15 kombinasi yang masing-masing kombinasi perlakuan diulang 3 kali sehingga dihasilkan 45 botol kombinasi perlakuan.

Tahapan pelaksanaan diawali dengan pembuatan media tanam dengan menggunakan media dasar Murashige dan Skoog (MS) terdiri dari nutrisi hara makro, nutrisi hara mikro, sukrosa, 2,4-D dan NAA sesuai dengan perlakuan dan penentuan pH 5,7-5,8 kemudian ditambahkan agar-agar. Media disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121<sup>o</sup>C selama 45 menit.

Sterilisasi eksplan menggunakan daun kuncup yang dibilas menggunakan sabun lalu dibilas dengan air mengalir, selanjutnya eksplan dimasukkan kedalam larutan sodium hypochlorite (7,4%), digojok selama 3 menit. Membilas dengan aquades steril sebanyak 3 kali. Eksplan yang telah dipotong dimasukkan ke dalam media induksi sesuai perlakuan. Botol kultur diletakkan di ruang inkubasi dengan suhu 22-26 <sup>o</sup>C dan pencahayaan 1.500 Lux selama 16 jam/hari. Eksplan disubkultur setiap satu bulan sekali. Dilakukan penyemprotan botol kultur menggunakan alkohol 70% tiap hari guna menghindarkan dari kontaminasi di dalam ruangan.

Variabel pengamatan antara lain yakni respon Induksi kalus, analisa histologi dan Analisa *Scanning electron microscopy* (SEM). Prosedur analisa histologi meliputi : (1) fiksasi jaringan menggunakan larutan 90% formalin, 5% Acetidacid, 5% Alkohol (FAA); (2) dehidrasi menggunakan alkohol dengan konsentrasi bertahap mulai dari 70%, 80%, 95%, dan 100%; (3) *clearing* menggunakan campuran alkohol xilol perbandingan bertahap 3:1:1, dan 1:3; (4) infiltrasi dengan merendam paraffin selama 24 jam; (5) pemotongan mikrotom rotary setebal 8-12  $\mu\text{m}$ ; (6) perekatan pita paraffin pada deglass; (7) pewarnaan menggunakan bahan kimia sarafin atau fastgreen 1%; (8) mounting menggunakan balsam Canada; (9) pengamatan menggunakan Mikroskop BestScope BS-2052 BT.

Prosedur analisa SEM meliputi: (1) menyalakan *earth leakage breaker* pada bagian alat SEM dan menyalakan tombol power pada bagian samping kanan alat, alat akan beroperasi secara otomatis; (2) sampel kalus merupakan sampel basah yaitu menggunakan pasta untuk melekatkan sampel dan mengatur alas pada penyangga serta jarak antara sampel dengan alat pengukur sekitar 1 mm; (3) meletakkan sampel pada alat lalu menekan tombol

EVA/AIR untuk memasukan udara ke dalam ruang sampel, setelah udara masuk lampu kuning akan menyala tetap kemudian mengeluarkan tempat sampel secara perlahan dan mengatur letak sampel (memosisikan tanda silang tepat ditengah tanda) kemudian menutup kembali tempat sampel dan tekan tombol EVA/AIR untuk mengeluarkan udara dalam *chamber* (*evacuation*); (4) pengamatan sampel menggunakan software TM3000 pada laptop yang telah tersambung pada alat kemudian mengatur posisi sampel yang diamati dengan memutar knob XY pada bagian depan alat untuk mengatur posisi sampel, menekan tombol “fast” setelah mendapatkan sampel yang diinginkan gunakan mode “slow” agar resolusi gambar yang ditampilkan lebih baik, untuk pembesaran (klik tombol pembesaran), pencahayaan dan kontras (klik tombol auto B/C), fokus (klik tombol auto fokus); (5) penyimpanan gambar dilakukan dengan klik save untuk menyimpan setelah itu memasukan nama file yang diinginkan. (6) Selesai pengamatan klik stop lalu menekan tombol EVA/AIR untuk memasukan udara pada *chamber*, setelah itu mengeluarkan tempat sampel secara perlahan serta

menutup kembali tempat sampel kemudian menekan tombol EVA/AIR untuk memasukan udara pada *chamber* (*evacuation*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Induksi dan Poliferasi Kalus

Induksi kalus ialah salah satu teknik kultur *in vitro* yang memiliki tujuan untuk perbanyakkan secara massal. Kalus ialah sekumpulan sel yang aktif membelah. Tiap selnya mempunyai kemampuan membentuk organisme baru. Oleh sebab itu, dengan menginduksi kalus pemenuhan bibit tanaman porang bisa tercapai dengan waktu singkat serta hasil yang banyak. Pengembangan bibit porang melalui pendekatan kultur jaringan sangat potensial dalam upaya memenuhi bibit porang yang banyak dan bermutu baik. Media dengan konsentrasi 1 ppm 2,4-D + 1,5 ppm NAA menghasilkan respon yang baik terhadap pembentukan kalus terbanyak pada bagian tulang daun pada 21-15 hari setelah ditanam di media induksi. Respon 2,4-D dan NAA terhadap induksi kalus tanaman porang terlihat pada Tabel 1.

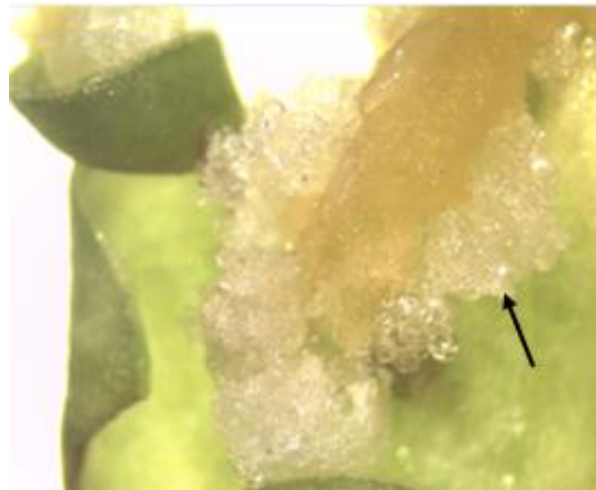
Table 1. Respon 2,4-D dan NAA terhadap induksi kalus tanaman porang  
*Table 1. Response of 2,4-D and NAA to callus induction of porang plants*

Perlakuan <i>Treatment</i>		Respon <i>Response</i>
2,4-D(ppm)	NAA(ppm)	
0	0,5	Non-embriogenik (kompak)
0	1	Non-embriogenik (kompak)
0	1,5	Non-embriogenik (kompak)
0	2	Non-embriogenik (kompak)
0	2,5	Non-embriogenik (kompak)
1	0,5	Embriogenik (remah)
1	1	Embriogenik (remah)
1	1,5	Embriogenik (remah)
1	2	Embriogenik (remah)
1	2,5	Embriogenik (remah)
2	0,5	Embriogenik (remah)
2	1	Embriogenik (remah)
2	1,5	Embriogenik (remah)
2	2	Embriogenik (kompak)
2	2,5	Embriogenik (kompak)



Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa perlakuan NAA tunggal menghasilkan kalus yang kompak karena penggunaan auksin terlalu rendah yang menyebabkan kalus mengarah pada pertumbuhan SE secara langsung, begitu juga dengan perlakuan hormon auksin yang terlalu tinggi. Pada konsentrasi optimal akan

membentuk kalus yang embriogenik dengan tekstur yang remah dan mengkilat (*glossy*) yang ditunjukkan pada perlakuan kombinasi 1 ppm 2,4-D + 1,5 ppm NAA. Kalus berwarna putih kekuningan menunjukkan bahwa sel masih dalam keadaan aktif membelah, terlihat seperti Gambar 1.

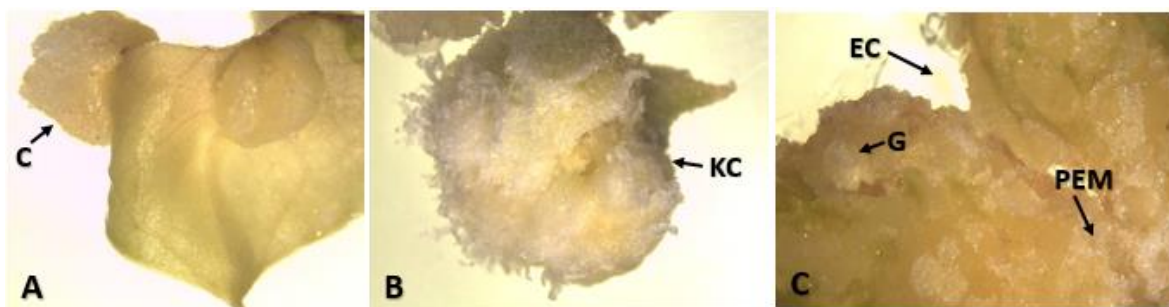


Gambar 1. Kalus embriogenik dengan intensitas warna putih kekuningan (*glossy*)

*Figure 1. Embryogenic callus yellowish-white intensity (glossy)*

Tekstur kalus merupakan tolak ukur sebagai tanda bahwa kalus yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik. Kalus yang berkualitas baik mempunyai tekstur yang remah dan sel-selnya mudah dipisahkan menjadi sel-sel individu (Restanto *et al.*, 2021). Embriogenesis somatik secara

langsung (*direct SE*) dalam proses pembentukannya lebih cepat dibandingkan dengan secara tidak langsung (*indirect SE*). Terdapat beberapa eksplan yang merespon membentuk embrio kompak dan embriogenik, terlihat seperti Gambar 2.



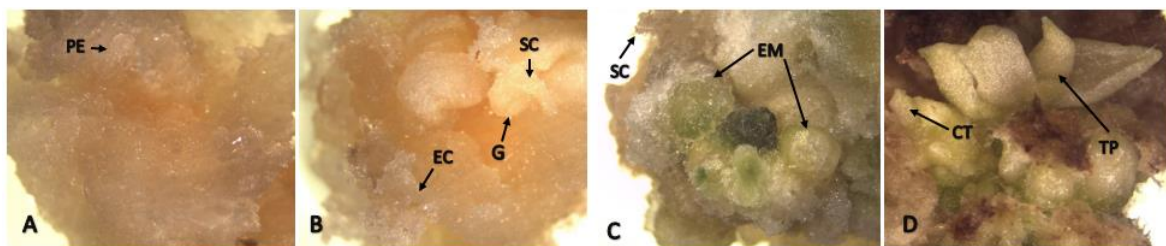
Gambar 2. A. Awal kemunculan kalus umur 21 hari, Kalus (C). B. Kalus kompak (KC). C. Kalus embriogenik (EC), Pre-embriomas (PEM), Embrio Globular (G)

*Figure 2. A. The beginning of the appearance of the callus at 21 days, Callus (C). B. Compact callus (KC). C. Embryogenic callus (EC), Pre-embryo (PEM), Globular Embryo (G)*

Pada Gambar 2 terlihat embrio somatik pada daun porang diawali dengan adanya pembentukan tonjolan pada bagian tulang daun bekas luka sayatan (Gambar 2 A). Penggunaan NAA tunggal dengan konsentrasi yaitu 0,5 – 2,5 ppm pertumbuhan kalus kompak dan lebih mengarah pada organogenesis (Gambar 2B). Perlakuan 1 ppm 2,4-D + 1,5 ppm NAA menghasilkan kalus embriogenik yang diawali dengan adanya fase pre-embriomas dan embrio fase globular yang muncul (Gambar 2C)

Hasil penelitian penggunaan kombinasi konsentrasi 1 ppm 2,4-D + 1,5 ppm NAA merupakan konsentrasi yang terbaik dalam menginduksi kalus embriogenik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya Zhong et al., (2017) bahwasannya pada tanaman *Amorphophallus konjac* tingkat tertinggi

pembentukan kalus embriogenik terdapat pada media yang mengandung 9.04  $\mu\text{M}$  (2,4D) dan 5.37  $\mu\text{M}$  (NAA). Menurut (Toshinori Abe & Futsuhara, 1985) dan (T Abe & Futsuhara, 1989), bahwa konsentrasi 2,4-D + NAA untuk menginduksi SE sangat bervariasi. Perlakuan hormon 1 ppm 2,4-D + 1,5 ppm NAA diawali dengan adanya pembentukan fase pre-embriomas dengan ciri-ciri berwarna putih dengan tekstur yang lengket dan fase globular dengan ciri-ciri berupa tonjolan bulat berwarna kuning muda dengan tekstur yang remah mengkilap (*glossy*). Pernyataan ini sesuai dengan (de Araújo Silva-Cardoso et al., 2020) bahwasanya hormon 2,4-D dan NAA yang paling cocok untuk menginduksi kalus embriogenik. Terlihat pada (Gambar 3)



Gambar 3. Perkembangan Embrio somatik Menggunakan Mikroskop stereo leica EZ4 HD. A. pre-embryo (PE), B. Embrio Globular (G), Permukaan Kalus Embriogenik (EC), C. Embrio Skutelar (SC), Embrio Matang (EM). D. Embrio Somatik Koliptilar (CT), Primordia Tunas (TP).

Figure 3. Observation of the Development Phase of Somatic Embryos Using a Leica EZ4 HD Stereo Microscope. A. pre-embryo (PE), B. Globular Embryo (G), Surface Embryogenic Callus (EC), Scutellar Embryo, C. Scutellar Embryo (SC), Mature Embryo (EM). D. Coleoptilar Somatic Embryo (CT), Bud Primordia (TP).

Berdasarkan gambar 3. Kalus embriogenik memiliki warna putih kuning muda dengan tektur yang remah kemudian kalus membelah dan mengalami proliferasi serta segera berubah warna menjadi kuning muda, terlihat mengkilat serta berisifat embriogenik. Kalus embriogenik mulai membentuk calon embrio dimulai dengan adanya pre-embriomas pada umur 20 hari (Gambar 3 A) lalu berkembang menjadi

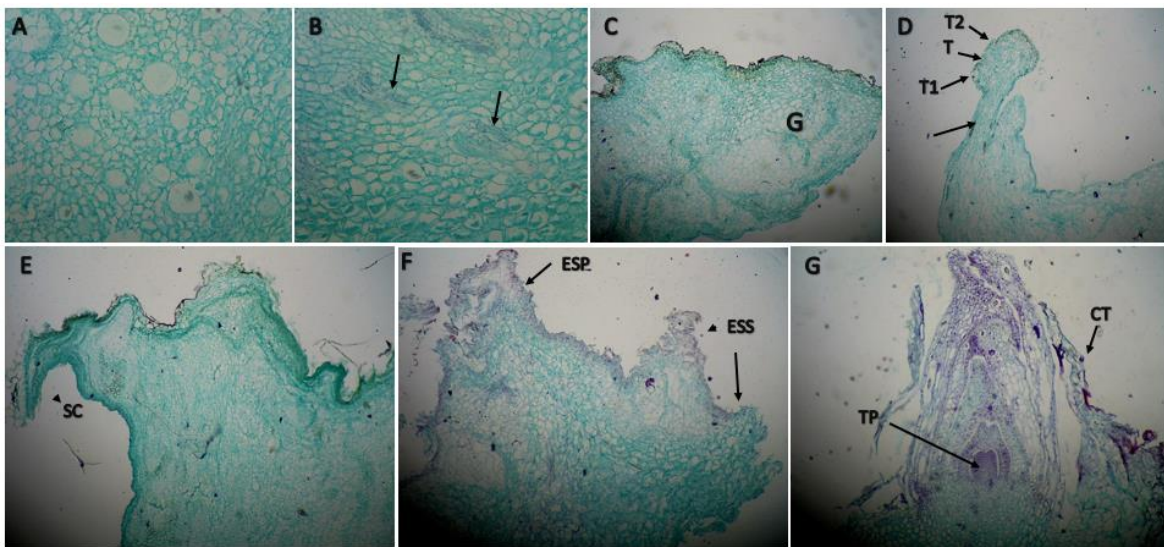
embrio fase globular pada umur 24 hari dan terdapat pada bagian tertentu membentuk kalus embriogenik yang masih dalam proses pembelahan, namun masih berwarna putih bening. Kalus embriogenik terus melakukan pembelahan dan membentuk embrio fase globular yang sudah berwarna kuning muda, selanjutnya embrio globular terinduksi membentuk tonjolan-tonjolan di atas permukaan kalus

embriogenik (Gambar 3 B), setelah embrio globular berbentuk sempurna. Fase globular yang membentuk bulatan atau tonjolan sempurna mengalami pemanjangan pada bagian ujung apikal embrio dimana fase ini memasuki awal fase globular ke fase skutelar pada umur 37 hari dimana fase ini ditandai dengan adanya kuncup skutelum (Gambar 3 B,C), lalu fase skutelar berkembang ke fase kوليوptilar yang ditandai skutelum pada embrio mulai memanjang pada umur 56 hari (Gambar 3 D). Fase kوليوptilar terus berkembang dan akan membentuk primordia tunas, fase primordia tunas terjadi pada umur 84-90 hari, pada umur

110-120 hari primordia tunas berkembang menjadi individu baru. (Gambar 3 D).

### Histologi

Histologi ialah cabang ilmu biologi yang mempelajari terkait struktur sel serta jaringan dengan detail menggunakan mikroskop (Barua et al., 2021). Kegiatan histologi pada jaringan tanaman dipotong melintang dan membujur. Pengamatan histologi pada tahapan SE menggunakan mikroskop Mikroskop BestScope BS-2052 BT dapat memberikan informasi yang berfokus pada perubahan morfologi embrio, perubahan struktur permukaan sel serta fungsi sel yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Histologi perkembangan embrio somatik porang (*A. muelleri* B). A. sel embriogenik dengan inti yang jelas berukuran besar dan kecil, sitoplasmanya padat, B. pre-embryo 2 sel, C. Fase Globular, terlihat pada bagian apikal tersusun dari sel-sel yang sama, D. Embrio globular memanjang dengan struktur menyerupai suspensor pada bagian basal (anak panah), dan terdapat 2 tonjolan yang tumbuh serta rongga, E. Embrio skutelar, pertumbuhan diawali tonjolan lebih memanjang menyerupai jambul yang berbentuk skutelum, F. Embrio somatik sekunder yang tumbuh pada embrio somatik primer. G. Embrio somatik fase Kوليوptilar dan embrio somatik berkecambah dengan membentuk tunas pucuk. G= Globular, SC= Skutelar, CT= koleoptilar, T= rongga, T1= tonjolan ke-1, T2= tonjolan ke-2, ESP= Embrio somatik primer, ESS= Embrio somatik sekunder, TP= Tunas pucuk.

Figure 4. Histology of somatic embryo development of the porang (*A. Muelleri* B). A. embryogenic cells with a clear nucleus of large and small size, and compact

*cytoplasm, B. 2-cell pre-embryo, C. Globular phase, seen in the apical part composed of the same cells, D. Elongated globular embryo with a suspensor-like structure in the basal section (arrows), 2 bulges that grew and cavities, E. Skutelar embryo, the growth of the bulge is more elongated resembling a crest in the form of a scutellum, F. Secondary somatic embryo that grew on the primary somatic embryo. G. Coleoptilar phase somatic embryos and somatic embryos germinated by forming shoots. G= Globular, SC= Skutelar, CT= coleoptilar., T= cavity, T1= 1st bulge, T2= 2nd bulge, ESP= Primary somatic embryo, ESS= Secondary somatic embryo, TP= Bud Shoots*

Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa embrio somatik terbentuk dari sel embriogenik yang ditemukan pada pinggiran kalus yang dipotong dan kumpulan sel yang terletak di pinggiran kalus tersusun dari sel-sel kecil, dengan inti dan sitoplasma yang jelas dan warna yang lebih gelap (Gambar 4 A). Penampakan ini merupakan ciri sel yang tergolong meristem atau sel embriogenik (Taylor & Vasil, 1996). Hasil ini diperoleh dari potongan melintang kalus embriogenik. Sel embriogenik kemudian membentuk kluster yang diikuti pembelahan secara transversal pada sumbu embrio sehingga membelah menjadi pre-embrio 2 sel yang tidak sama (Gambar 4 B), lalu membentuk fase globular yang terdiri dari sekumpulan sel yang sama (Gambar 4 C).

Perkembangan berikutnya mengalami diferensiasi apikal dimana embrio yang terdiri dari sekumpulan sel kecil aktif membelah. Sel tersebut membelah di bagian basal (Gambar 4 C). Hal ini karena hormon yang diberikan adalah hormon yang mengandung auksin. Hormon auksin 2,4-D berperan menstimulasi pemisahan sel dan mencegah pemanjangan sel sementara NAA memiliki peran meningkatkan pemanjangan sel saat terjadi degradasi pembelahan sel. Peranan antagonis ini memiliki kaitan dengan paradigma pengangkutan dari kedua jenis hormon auksin tersebut. 2,4-D lebih cepat terakumulasi di dalam sel (Stasolla dkk., 2002). Embrio globular mengalami pemanjangan dan membentuk struktur suspensor di dasar embrio (Gambar 4 D),

hal ini menunjukkan bahwa embrio somatik berasal dari sel tunggal. Dijelaskan dalam (Lee et al., 1997) bahwa struktur basal embrioid dapat memperlihatkan bahwa embrio tersebut berasal dari sel tunggal yaitu embrio yang bersumber dari *single cell* yang mempunyai struktur seperti suspensor pada organ basalnya dan proses ini berlangsung sejak awal pembelahan.

Fungsi dari suspensor khususnya pada tingkat awal embriogenesis ialah untuk *supply* nutrient bagi embrio. Pada perkembangan ini juga tampak adanya benjolan (Gambar 3 D). benjolan awal yang tumbuh menjadi struktur *ridge* pada bagian dorsal atau seperti jambul yang menutupi bagian dorsal embrio. Kemudian benjolan kedua terbentuk yang berseberangan dengan benjolan ke-satu dan di antara kedua benjolan tersebut terdapat seperti takik (gambar 4 D), sehingga pada perkembangan selanjutnya akan dihasilkan perkecambahan ke arah atas (dorsiventral). Skutelum terbentuk pada bagian lateral ke arah atas dari embrio, primordia akar dan primodial tunas terus mengalami pembelahan pada bagian ujung aksis embrio. Skutelum kemudian mengalami pembelahan dari benjolan menjadi seperti jambul yang memanjang sehingga perkembangan ini dikenal dengan fase skutelar (Gambar 4 E).

Perkembangan lain dalam fase SE ditemukan adanya penambahan kemunculan embrio globular yang dinamakan somatik embriogenesis sekunder yang terinduksi dari embrio sebelumnya dan terbentuk di atas embrio sebelumnya

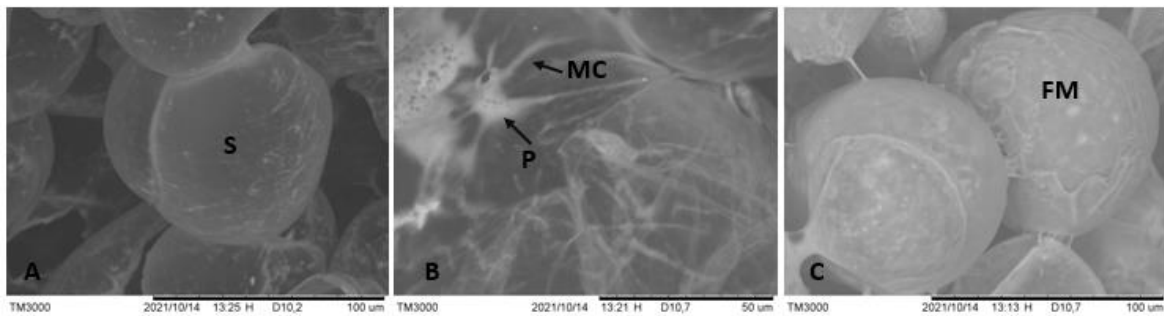
atau embrio primer (Gambar 4 F ). Strukturnya menyerupai jambul pada fase skutelar yang terus berkembang menjadi lebih panjang dan besar kemudian proses ini dinamakan fase kوليوptilar. Perkembangan selanjutnya terlihat di bagian kutub plumula pada embrio terbentuk tunas serta primordial daun (Gambar 4 G).

### Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM adalah mikroskop elektron yang dapat menghasilkan sampel gambar melalui cara melakukan pemindaian terhadap permukaan dengan berkas elektron terfokus. Elektron berinteraksi terhadap atom pada sampel, kemudian menghasilkan beragam sinyal yang berisikan informasi terkait topografi permukaan serta komposisi sampel. Analisa SEM bertujuan untuk menjelaskan

lebih lanjut tentang bukti morfologis dan lebih berfokus pada visualisasi struktur nano permukaan embrio, serta mencakup area pandang yang lebih luas, dengan resolusi yang sesuai. Salah satu aspek penting tidak hanya kuantifikasi morfologi tetapi juga kuantifikasi struktur permukaan pada setiap tahapan.

Analisis SEM pada penelitian ini untuk melihat penggambaran pada setiap tahapan struktur kalus yang lebih jelas dengan skala perbesaran yang lebih besar. Analisis dilakukan pada kalus embriogenik yang sudah memiliki fase absolut karena pada saat analisis bagian-bagian struktur pada tiap fase terlihat lebih jelas dan analisis ini dilakukan pada kalus berumur 90 hari. Struktur pre-embrio pada tahap transisi awal ditemukan pada kalus tanaman porang berumur 22 hari terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Penampakan Hasil Scanning elektron mikroskop. A. sel pre-embriomas, S = Struktur permukaan halus. B. Embrio somatik tahap transisi awal, P = Proyeksi, MC= Mikrofilbril selulosa. C. Embrio somatik tahap transisi akhir dimana sudah dipenuhi dengan selulosa penyusun dinding sel yang berupa benang-benang makromolekul dan tersambung berbentuk jala yang letaknya serong dan sejajar satu sama lain (FM = bahan berserat.)

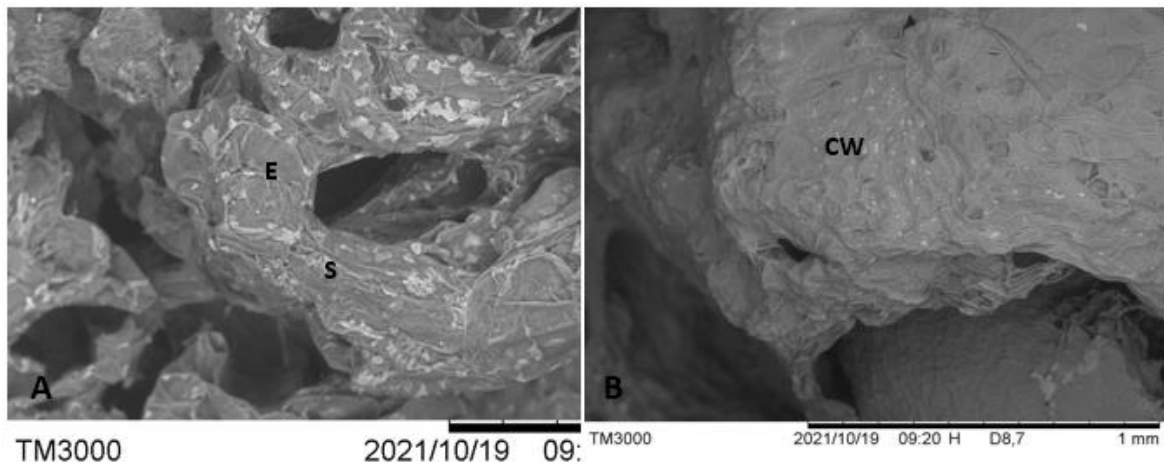
Figure 5. The result of Scanning Electron Microscope. A. pre-embryonic cells, S = Smooth surface structure. B. Early transition stage somatic embryos, P = projections, MC = cellulose microfibrils. C. The somatic embryo in the final transitional stage is filled with cellulose that composes the cell wall which consists of micelles in the form of macromolecular threads and is interconnected in form of nets that is located oblique and parallel to each other (FM = fibrous material).

Struktur embrio somatik pada tanaman porang memiliki karakter tersendiri pada permukaan dinding selnya yaitu permukaan sel pre embrio halus

(Gambar 5 A). Transisi awal embrio globular yang terdapat tonjolan-tonjolan halus yang dihubungkan dengan mikrofilbril selulosa pada permukaannya

(Gambar 5 B). (Chahal et al., 1998) Dinding primer memiliki ketebalan 0.1 sampai 0.2 $\mu$ m yang memiliki kandungan jaringan mikrofibril selulosa yang mengelilingi dinding sekunder yang relatif lebih tebal. Pada kalus berumur 120 hari embrio berada pada tahap transisi akhir dengan permukaan tertutup oleh bahan fibrillar (Gambar 5 C). Fibrillar ialah dinding sel yang tersusun dari selulosa, dimana pada dinding sel terbentuk benang benang makromolekul yang tersambung seperti jala dan letaknya sejajar atau serong satu sama lainnya, hal ini merupakan misel atau selulosa mikrofibril. Misel ini teranyam pada bagian permukaan dinding

sel. Pembelahan selanjutnya terjadi penebalan misel namun memiliki arah yang berlawanan dengan yang awal. Mikrofibril selulosa ini berbentuk seperti pipa dan terdapat rongga atau lubang, pada lubang ini air dan zat-zat terlarut di dalamnya, yang mengakibatkan dinding sel membesar dan terjadi penebalan baru. Sel yang berkembang tumbuh dan memanjang dengan struktur misel terbentang lebar, pembelahan dinding sel ini terus berjalan. Hasil pada tahapan transisi akhir pada kalus SE, embrio berkembang menjadi embrio globular dengan permukaan embrio tertutupi oleh dinding sel baru. terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Penampakan Hasil Scanning elektron mikroskop embrio globular, E= Embryo, S=Suspensor, CW= Dinding sel.

Figure 6. The result of the scanning electron microscope of the globular embryo, E= Embryo, S=Suspensor, CW= Cell wall.

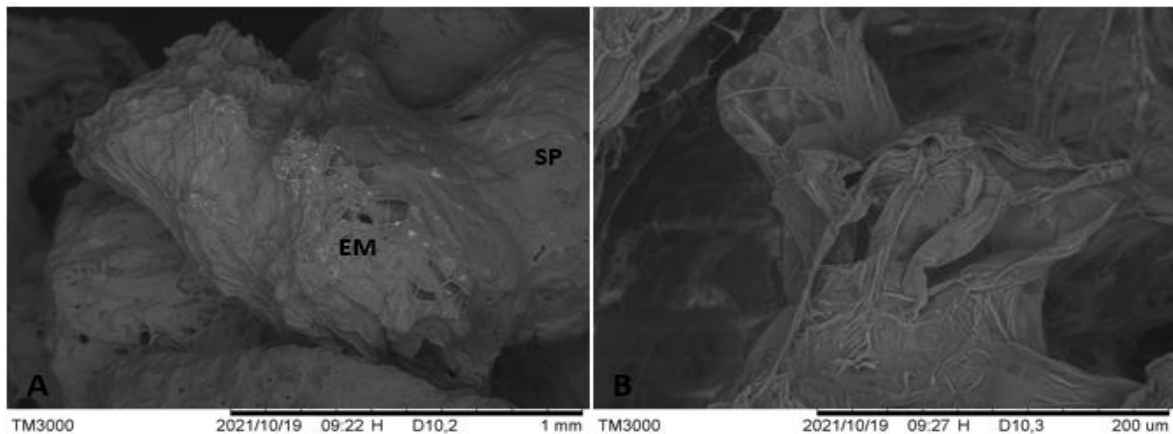
Pada Gambar 6 A, embrio globular mengalami pemanjangan dan membentuk struktur suspensor di dasar embrio, ini menunjukkan bahwa embrio somatik berasal dari *single cell*. Hal ini yang menyebabkan variasi somaklonal berkurang sehingga ini menjadikan keuntungan dalam transformasi genetik tanaman (Williams & Maheswaran, 1986). Struktur permukaan embrio globular yang telah ditutupi oleh dinding sel baru terlihat pada Gambar 6 B. Perubahan dinding sel merupakan penanda *in vivo* dari kompetensi embriogenik dalam kultur

daun tanaman porang, pembentukan bahan fibrilar pada permukaan struktur nodular yang kemudian digantikan oleh deposisi dinding sel sekunder (cutin). Perubahan morfologi dinding sel diawali munculnya struktur seperti jala pada embrio somatik globular. Struktur unik ini yang membedakan antara embrio somatik globular dari struktur nodular di organogenesis.

Kalus yang berumur 120 hari memasuki transisi akhir membentuk embrio yang matang dengan ditandai adanya tekstur kalus yang sudah membentuk

seperti gundukan dengan warna kuning kehijauan. Carsono et al., (2021) mengemukakan bahwasanya keberadaan klorofil pada jaringan, kalus yang semakin mempunyai warna hijau maka kandungan klorofilnya juga semakin banyak. Berlandaskan dari hasil penelitian, warna yang mendominasi pada penelitian ini

yakni warna kuning keputihan. Kalus yang mempunyai warna putih ialah jaringan embrionik yang belum mempunyai kandungan klorofil, namun mempunyai kandungan butir pati yakni polisakarida simpanan dalam tumbuhan, yang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Penampakan Hasil Scanning elektron mikroskop embrio matang porang. A. EM= Embrio matang, S=Suspensor. B. embrio somatik kotiledon tunggal.

Figure 7. The result of the scanning electron microscopy of a mature embryo of porang. A. EM = mature embryo, S = suspension. B. single cotyledon somatic embryo.

Pada gambar 7 terlihat bahwa perubahan struktur permukaan embrio sudah matang dimana pada bagian apikal embrio perkembangan akan dihasilkan perkecambahan ke arah atas (dorsiventral). Skutelum terbentuk pada bagian lateral ke arah atas dari embrio Diferensiasi dinding sel ditandai dengan kerusakan dan pemulihan dinding sel. Seperti yang dijelaskan oleh Donowarti et al., (2021) bahwa diferensiasi dinding sel ditunjukkan oleh pembentukan mikrofibril selulosa baru. Dalam 120 hari kultur embrio telah matang (Gambar 7 A) struktur permukaannya tidak mengalami perubahan atau telah stabil, tetapi embrio mengalami pemanjangan. Selain itu, embrio pada tahap kotiledon tunggal juga ditemukan dan permukaannya telah stabil (tidak ada lagi kerusakan dan pemulihan dinding sel) karena embrio kotiledon matang dan

tunggal adalah satu individu baru (Gambar 7 B).

## KESIMPULAN

Perlakuan hormon dan konsentrasi yang optimal dalam menginduksi kalus tanaman porang ialah perlakuan 1 ppm 24-D + 1.5 ppm NAA. Tahapan SE pada tanaman porang diawali dengan adanya pre-embriomas pada umur 20 hari, embrio globular pada umur 24 hari bersamaan dengan adanya kalus embriogenik, embrio skutelar umur 37 hari, embrio kوليوptilar umur 56 hari, primordia tunas pada umur 84 - 90 hari, dan pada umur 110 -120 hari membentuk individu baru. Hasil analisis histologi dan SEM mendapatkan kalus dengan struktur permukaan embrio yang halus, sel embriogenik dengan inti yang jelas berukuran besar dan kecil, sitoplasmanya padat dan memiliki karakteristik pada setiap perkembangan

embrio somatik seperti dinding sel, proyeksi, pembentukan mikrofibril, suspensor, embrio globular yang dikelilingi oleh bahan berserat, embrio skutelar, embrio matang dengan struktur permukaan yang padat, dan embrio kوليوptilar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abe, T., & Futsuhara, Y. (1989). Selection of higher regenerative callus and change in isozyme pattern in rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 78(5), 648–652.
- Abe, Toshinori, & Futsuhara, Y. (1985). Efficient Plant Regeneration by Somatic Embryogenesis from Root Callus Tissues of Rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Physiology*, 121(2), 111–118.
- Barua, S., Tudu, K., Rakshit, M., & Srivastav, P. P. (2021). Characterization and digestogram modeling of modified elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) starch using ultrasonic pretreated autoclaving. *Journal of Food Process Engineering*, 44(11), e13841.
- Carsono, N., Juwendah, E., Liberty, Sari, S., Damayanti, F., & Rachmadi, M. (2021). Optimize 2,4-D concentration and callus induction time enhance callus proliferation and plant regeneration of three rice genotypes. *Biodiversitas*, 22(7), 2555–2560.
- Chahal, P., Tummala, R. R., Allen, M. G., & Swaminathan, M. (1998). A novel integrated decoupling capacitor for MCM-L technology. *IEEE Transactions on Components Packaging and Manufacturing Technology Part B*, 21(2), 184–192.
- de Araújo Silva-Cardoso, I. M., Meira, F. S., Gomes, A. C. M. M., & Scherwinski-Pereira, J. E. (2020). Histology, histochemistry and ultrastructure of pre-embryogenic cells determined for direct somatic embryogenesis in the palm tree *Syagrus oleracea*. *Physiologia Plantarum*, 168(4), 845–875.
- Gunowarti, I., Widjanarko, S. B., Yuniarta, Y., & Pudjiastuti, P. (2021). ACUTE TOXICITY TEST OF LOW CALCIUM OXALATE PORANG (*Amorphophallus muelleri* BLUME) FLOUR. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 52(1), 218–231.
- Gurme, S. T., Jadhav, P. P., Pawar, K. D., Bapat, V. A., & Jadhav, J. P. (2018). Somatic embryogenesis and evaluation of genetic fidelity in *Amorphophallus paeoniifolius* (Dennst.) Nicolson. *Journal of Crop Improvement*, 32(6), 801–811.
- Harijati, N., & Mastuti, R. (2014). Estimation of Diverse Porang (*Amorphophallus Muelleri* Blume) Age in Forest Are Based on Branching Pattern of Leaf Petiolule. *Research Journal of Life Science*, 1(1), 20–26.
- Hernández-Piedra, G., Ruiz-Carrera, V., Sánchez, A. J., Hernández-Franyutti, A., & Azpeitia-Morales, A. (2018). Morpho-histological development of the somatic embryos of *Typha domingensis*. *PeerJ*, 2018(11), e5952.
- Hidayat, R., & Purwadi. (2021). Pengembangan Inovasi Pembibitan Porang ( *Amorphophallus Onchophyllus* L .). *Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis Ke-45 UNS*, 5(1), 495–508.
- Ibrahim, M. S. D. (2019). PERBANYAKAN ILES-ILES ( *Amorphophallus* spp.) SECARA KONVENSIONAL DAN KULTUR IN VITRO SERTA STRATEGI PENGEMBANGANNYA Conventional Propagation and *In vitro* Culture of Iles-Iles (*Amorphophallus*spp.) and Its Development Strategy. *Perspektif*, 18(1), 67.
- Karyanti, ., & Kartini, M. (2017). PENGARUH THIDIAZURON DAN HIDROLISAT KASEIN TERHADAP MULTIPLIKASI TUNAS SATOIMO (*Colocasia esculenta* (L.) Schott var *antiquorum* ) SECARA *IN VITRO*. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBi)*, 4(2), 17.
- Lee, K. S., Zapata-Arias, F. J., Brunner, H., & Afza, R. (1997). Histology of somatic





- embryo initiation and organogenesis from rhizome explants of *Musa* spp. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 51(1), 1–8.
- Lontoh, A. P., Santosa, E., Kurniawati, A., & Sari, A. M. (2019). Yield Evaluation of Selected Clones Apomictic Iles-Iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) on Second Growing Period. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 47(2), 171–179.
- Restanto, D. P., Wiranegara, A., Dewanti, P., Kristanto, B., & Avivi, S. (2021). Pengaruh hormon 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid Terhadap Induksi Kalus Tanaman Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.)). *Agritop*, 19(1), 12–18.
- Santosa, E. (2015). PENGEMBANGAN TANAMAN ILES-ILES TUMPANGSARI UNTUK KESEJAHTERAAN PETANI DAN KEMANDIRIAN INDUSTRI PANGAN NASIONAL. *RISALAH KEBIJAKAN PERTANIAN DAN LINGKUNGAN: Rumusan Kajian Strategis Bidang Pertanian Dan Lingkungan*, 1(2), 73.
- Silvia, M., Hazmi, M., Murtiyaningsih, H., & Arum, L. S. (2021). Regenerasi Sorgum (*Sorghum bicolor*) melalui Kultur *In vitro*. *JURNAL BUDIDAYA PERTANIAN*, 17(1), 68–75.
- SUMARWOTO, S. (1970). Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume); description and other characteristics. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 6(3).
- Taylor, M. G., & Vasil, I. K. (1996). The ultrastructure of somatic embryo development in pearl millet (*Pennisetum glaucum*; Poaceae). *American Journal of Botany*, 83(1), 28–44.
- Williams, E. G., & Maheswaran, G. (1986). Somatic embryogenesis: Factors influencing coordinated behaviour of cells as an embryogenic group. In *Annals of Botany* (Vol. 57, Issue 4, pp. 443–462). Oxford University Press.
- Zhong, L., Liu, E., Yang, C., Jin, S., Diao, Y., & Hu, Z. (2017). High embryogenic ability and regeneration from floral axis of *Amorphophallus konjac* (Araceae). *Open Life Sciences*, 12(1), 34–41.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## Stabilitas Genetik Klon Tanaman Tebu Transgenik Berbasis RNAi dan Ketahanannya terhadap Infeksi SCMV

*Genetic Stability of RNAi-Based Transgenic Sugarcane Clones and their Resistance against SCMV Infection*

Author(s): Naomi Berthi Yonindi<sup>(1)</sup>; Retno Apriasti<sup>(1)</sup>; Netty Ermawati<sup>(2)</sup>; Bambang Sugiharto<sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup> Universitas Jember

<sup>(2)</sup> Politeknik Negeri Jember

\* Corresponding author: [sugiharto.fmipa@unej.ac.id](mailto:sugiharto.fmipa@unej.ac.id)

Submitted: 17 Dec 2021

Accepted: 21 Mar 2022

Published: 31 Mar 2022

### ABSTRAK

SCMV merupakan virus pathogen pada tanaman tebu yang dapat menyebabkan perlambatan pertumbuhan, kerusakan kloroplas, penurunan fotosintesis dan hilangnya produktivitas gula sekitar 20-50%. Penelitian sebelumnya telah mengembangkan tanaman tebu tahan virus SCMV dengan memasukkan HpSCMVCp melalui pendekatan bioteknologi RNAi (RNA interference). RNAi dapat memproduksi dsRNA homolog yang akan diproses menjadi 21-24 siRNA oleh enzim Dicer. Spesifik siRNA akan mendegradasi target mRNA virus dan mencegah ekspresi protein virus. Dua klon tebu transgenik HpSCMVCp-CaMV dan HpSCMVCp-Ubi yang telah dikembangkan perlu dilakukan uji stabilitas genetik dan ketahanannya pada generasi T1. Indukan tebu HpSCMVCp-CaMV dan HpSCMVCp-Ubi ditumbuhkan 5 mata tunas dan dilakukan konfirmasi PCR menunjukkan adanya materi genetik HpSCMVCp yang stabil pada setiap mata tunas. Selanjutnya pada umur 2 bulan dilakukan uji tular SCMV yang menunjukkan tingkat ketahanan terhadap serangan SCMV mencapai 70-100% dibandingkan dengan wild type 0%. Hal ini juga ditunjukkan dari hasil analisa RT-PCR deteksi SCMV dengan pasangan primer untuk amplifikasi DNA Nib-Cp. Tanaman tebu WT yang bergejala mosaik dan tidak tahan infeksi SCMV menunjukkan amplifikasi DNA Nib-Cp dan tidak ada pada tanaman tebu transgenik yang tahan. Secara keseluruhan penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman tebu transgenik stabil menurunkan materi genetik dan ketahanan terhadap infeksi SCMV pada generasi berikutnya.

### Kata Kunci:

HpSCMVCp;  
ketahanan  
berbasis RNAi;  
SCMV;  
stabilitas  
genetik;  
tanaman tebu

### ABSTRACT

#### Keywords:

genetic  
stability;  
HpSCMVCp;  
RNAi-based  
resistance;  
SCMV;  
transgenic  
sugarcane

SCMV is a pathogenic virus in sugarcane that causes growth retardation, chloroplast damage, decreased photosynthesis, and loss of sugar productivity around 20-50%. The transgenic sugarcane resistant to SCMV has been developed by the introduction of HpSCMVCp-DNA construct through the RNAi-based method. The RNAi produces homologous dsRNA which will be processed into 21-24 siRNA by the Dicer enzyme. Specific siRNA degrades viral target mRNA, prevents viral protein expression, and induces viral resistance. This experiment was directed to examine genetic stability and the resistance of the transgenic sugarcane against SCMV infection. Two clones of T1 transgenic sugarcane named HpSCMVCp-CaMV and HpSCMVCp-Ubi that have been confirmed to carry the corresponding genes were used for the experiment. Five lateral buds from three lines of HpSCMVCp-CaMV and HpSCMVCp were isolated and grown in a green house. PCR analysis showed the presence of stable HpSCMVCp genetic material in the leaf genome of each shoot. Furthermore, at the age of 2 months, the SCMV infection was carried out and showed the level of resistance to SCMV infection reached 70-100% in transgenic lines compared to 0% or highly susceptible in wild type. Collectively, the results indicated that transgenic sugarcane stable inherited targeted genetic materials and resistance to SCMV infection into the next generation.



## PENDAHULUAN

Tebu merupakan tanaman penting penghasil gula yang tumbuh di daerah subtropis sampai tropis. Produktivitas tebu dipengaruhi oleh berbagai sumber penyakit, seperti fungi, bakteri, virus dan fitoplasma (Holkar et al., 2017). Penyakit yang dapat menyebabkan masalah serius pada tebu adalah SCMV (*Sugarcane Mosaic Virus*). SCMV termasuk kedalam genus potyvirus family potyviridae dan merupakan positive single-standed RNA (+ssRNA) dengan satu ORF (*Open Reading Frame*) yang memiliki panjang  $\pm 10$  kb dengan mengkode 10 protein fungsional yaitu P1, HC-pro, P3, 6K1, CI, 6K2, VPg, NIa, Nib, dan CP (Zhu et al., 2014; Yao et al., 2017).

SCMV merupakan virus penyebab penyakit mosaik pada beberapa kultivar tebu di Indonesia, khususnya Jawa Timur dengan insiden penyakit 78% dan keparahan 65% (Addy et al., 2017). Selain itu juga menyebabkan hilangnya produktivitas gula sekitar 20-50% (Putra et al., 2014; Akbar et al., 2017). Strategi pengendalian SCMV pada tanaman tebu melalui metode RNAi (RNA interference) telah dikembangkan pada penelitian sebelumnya dan menyatakan RNAi efektif untuk menginduksi resistensi terhadap SCMV (Widyaningrum et al., 2021). RNAi merupakan suatu teknik rekayasa genetika yang dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan/resistensi tanaman melawan infeksi virus (Dietzgen & Mitter, 2006). RNAi merupakan suatu sistem regulasi gen yang dapat menghambat ekspresi gen melalui interaksi spesifik antara RNA dengan siRNA (small interfering RNA) (Burguán, 2006).

Penelitian sebelumnya didapatkan Gen SCMVCp yang mengkode protein mantel (CP) (Apriasti et al., 2018) dan telah dimasukkan ke dalam plasmid pGreen-0179 dengan orientasi DNA sense dan antisense, dinamakan konstruk HpSCMVCp. Promotor CaMV dari

Cauliflower mosaic virus (CaMV) dan ZmUbi dari *Zea mays* ubiquitin (Ubi) dipilih untuk mengendalikan transkripsi konstruk HpSCMVCp, masing-masing disebut HpSCMVCp-CaMV dan HpSCMVCp-Ubi. HpSCMVCp-CaMV dan HpSCMVCp-Ubi masing-masing di transformasikan ke tanaman tebu yang menghasilkan 2 klon tanaman transforman yang disebut klon HpSCMVCp-CaMV dan HpSCMVCp-Ubi (Widyaningrum et al., 2021). Dalam penelitian ini dilakukan pengujian stabilitas genetik, dan kinerja stabilitas ketahanan kedua klon tanaman tebu transgenik terhadap infeksi SCMV pada generasi T2. Untuk mengetahui melihat efektivitas tingkat ketahanan transgenik, dilakukan pengamatan gejala mosaik dan keberadaan SCMV sesudah perlakuan uji tular.

## METODOLOGI

### Bahan tanam

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) transgenik dari klon HpSCMVCp-CaMV sebanyak 3 *lines* (C4, C5, dan C6) dan klon HpSCMVCp-Ubi sebanyak 3 *lines* (U1, U2, dan U3), dari masing-masing *lines* tanaman batang tebu diambil 5 tunas dari pucuk batang untuk dikecambahkan dan ditumbuhkan. Selain itu, juga ditumbuhkan tanaman tebu kontrol bukan transgenik yang disebut WT (*wild type*). Tebu di tanam di dalam pot yang berisi media tanah dan ditumbuhkan di rumah kaca sampai umur tiga bulan.

### Analisa PCR

Untuk konfirmasi keberadaan *transgene* tanaman tebu dilakukan analisa PCR menggunakan DNA genom daun tebu. DNA genom diekstraksi dari 0.3 g daun tebu yang ditanam di rumah kaca sesuai dengan metode yang dijelaskan sebelumnya (Apriasti et al., 2018). Daun tebu dihaluskan dengan *mortal* dan *stumpler* dalam nitrogen cair, kemudian bubuk daun dimasukkan ke dalam tabung

ependorf 1,5 ml dan diberi 600 µl buffer ekstraksi yang mengandung 100 mM Tris-HCl (pH 8), 50 mM EDTA, 500 mM NaCl, 1% SDS dan 5 mM 2-mercaptoethanol. Setelah itu diinkubasi pada 65°C selama 10 menit, 300 µl kalium asetat 5 M ditambahkan, dan sampel diinkubasi dalam es selama 10 menit. Pelet dipisahkan dengan sentrifugasi pada  $12.000 \times g$  pada 4°C selama 10 menit. DNA diendapkan dengan menambahkan 0,8 kali lipat isopropanol ke supernatan, dan sampel kemudian diinkubasi pada suhu -20°C selama satu jam. Selanjutnya di sentrifugasi pada  $12.000 \times g$  pada 4°C selama 10 menit untuk mendapatkan pelet DNA. Pelet DNA dilarutkan dalam 500 µl buffer TE 10 mM. RNA dihilangkan dengan penambahan RNase, dan DNA diendapkan dengan presipitasi etanol. DNA di sentrifugasi pada  $12.000 \times g$  pada 4°C selama 10 menit, dan pellet dikeringkan dengan *vacuum dry* dan ditambahkan 20 µl buffer TE 10 mM dan disimpan pada suhu -20 °C sampai analisis. Konsentrasi DNA diukur menggunakan spektrofotometer NanoVue (GE Healthcare, USA) pada panjang gelombang 260 nm.

Untuk deteksi keberadaan gen HpSCMVCp dalam DNA genom, analisis PCR dilakukan menggunakan master mix kit (Roche, Jerman) dan pasangan primer F1-R1. Reaksi PCR dilakukan dalam alat T100 thermal cycler (Bio-Rad, USA) menggunakan pre-denaturasi pada 95°C selama 3 menit, diikuti oleh 30 siklus denaturasi pada 95°C selama 30 detik, *annealing* pada 58°C selama 30 detik, dan ekstensi pada 72°C selama 1 menit, dan ekstensi akhir pada 72°C selama 5 menit. DNA produk PCR dipisahkan pada 1% gel agarosa, diwarnai dengan etidium bromida dan didokumentasikan di GelDoc.

### Inokulasi SCMV

Resistensi virus dari tebu transgenik dievaluasi dengan inokulasi mekanis

(buatan) sesuai dengan metode sebelumnya dijelaskan (Addy et al., 2017). Sebanyak 2 g daun tebu kultivar PS881 dengan gejala khas mosaik SCMV dipanen dan dihaluskan dalam 10 mL buffer fosfat 0,1 M (pH 8,0) mengandung 2% PVP (polyvinylpyrrolidone) menggunakan *mortal* dan *stumpler*. Hasil supernatan (cairan SAP) disaring dan digunakan untuk inokulasi mekanis dengan menggosoknya, bersama dengan *carborundum* sebagai bahan untuk melukai permukaan daun tebu yang berumur 2 bulan di rumah kaca. Kemudian daun dibilas dengan air steril untuk menghilangkan bahan yang tidak perlu. Untuk memaksimalkan infeksi virus, tanaman tebu yang diinokulasi, sebelumnya dilakukan inkubasi selama 24 jam di ruangan gelap. Perkembangan daun bergejala yang baru muncul diamati setiap hari selama 40 hari pasca inokulasi. Tebu diklasifikasikan sebagai resisten atau rentan, sesuai dengan tingkat perkembangan daun yang bergejala (Addy et al., 2017).

### Analisis Semi-quantitative RT-PCR

Eksresi gen CP-SCMV ditentukan dalam daun tebu transgenik menggunakan analisa RT-PCR. Sebanyak daun tebu 0,5 g dihaluskan dengan nitrogen cair, dan RNA total diisolasi menggunakan Kit isolasi RNA sesuai dengan instruksi pabrik (Tiangen, China). RNA total dilarutkan dalam 30 µl H<sub>2</sub>O, dan konsentrasinya diukur menggunakan spektrofotometer NanoVue (GE Healthcare, AS) pada 260 nm. Kemudian, 1 µg RNA total dikonversi menjadi cDNA menggunakan reverse transcriptase (RT) dan primer oligo-dT (Bio-Rad, Amerika Serikat). cDNA yang dihasilkan digunakan untuk amplifikasi PCR dengan pasangan primer F3 dan R3 sebanyak 25 kali siklus. Pasangan primer ini hanya mengamplifikasi RNA virus dan tidak RNA yang dihasilkan dari ekspresi transgen. Produk PCR dipisahkan pada gel agarosa 1% dan divisualisasikan dengan

GelDoc. Untuk memastikan bahwa jumlah RNA total yang sama digunakan, maka digunakan pasangan primer F2 dan R2

(Tabel 1) untuk amplifikasi gen Actin, yang digunakan sebagai gen referensi.

Tabel 1. *Sequence* nukleotida primer yang digunakan pada penelitian ini

Table 1. *The sequences of oligonucleotide primers used in this study*

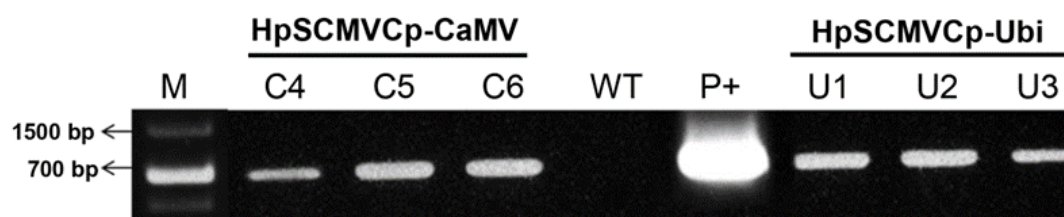
Primer	Sekuens 5'-3'	Gen target	Produk (bp)
F1	CCCCATATGACAGTCGATGCAGGTGCTC	HpSCMVCP	725
R1	ATGGATCCTAGTGGTGCTGCTGCACTCCC	HpSCMVCP	725
F2	GCAACTGGGATGACATGGAG	Actin	568
R2	ATGGCTGGAAGAGGACCTCAG	Actin	568
F3	GCCATACTCGAGTGGGATCG	Nib-Cp	483
R3	CCTTGTCTCTTTGGCCTCCTG	Nib-Cp	483

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Stabilitas genetik tanaman tebu transgenik

Konfirmasi tanaman tebu transgenik dengan analisa PCR bertujuan untuk membuktikan keberadaan gen HpSCMVCP pada tanaman tebu yang akan digunakan sebagai bahan tanam dalam

penelitian. Hasil analisis PCR menggunakan pasangan primer F1 dan R1 menunjukkan adanya pita DNA yang berukuran 725 bp dan tidak pada tanaman WT (wild type) (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa gen HpSCMVCP terdapat di dalam dan terintegrasi pada genom tanaman tebu transgenik.



**Gambar 1.** Amplifikasi dengan PCR DNA- HpSCMVCP pada genom DNA daun tanaman tebu transgenik T1. PCR dilakukan menggunakan pasangan primer F1-R1 dan DNA hasil PCR dipisahkan dengan elektroforesis gel agarose. C4, C5, C6 adalah lines tebu transgenik klon HpSCMVCP-CaMV, dan U1, U2, U3 merupakan lines tebu transgenik klon HpSCMVCP-Ubi. M, marker DNA dan P+, plasmid DNA sebagai control positif.

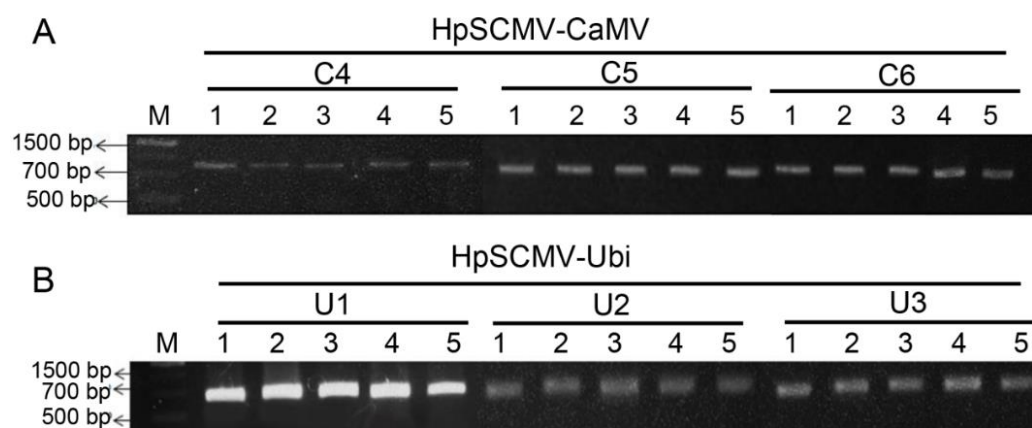
**Figure 1.** PCR amplification of HpSCMVCP in leaves genomic of T1 transgenic sugarcane. The PCR was conducted using primers pair of F1-R1 and the PCR product was separated by agarose gel electrophoresis. C4, C5, C6 are transgenic sugarcane lines from HpSCMVCP-CaMV clones, and U1, U2, U3 are transgenic lines from HpSCMVCP-Ubi. M, DNA marker and P+, DNA plasmid as the positive control.

Untuk melihat stabilitas genetik tanaman tebu transgenik, 3 tanaman tebu dari masing-masing lines HpSCMVCP-CaMV dan HpSCMVCP-Ubi yang terkonfirmasi positif mengandung gen HpSCMVCP, digunakan sebagai tanaman

induk untuk ditumbuhkan pada generasi berikutnya. Sebanyak 5 nodus (tunas lateral) dari batang tanaman transgenik ditumbuhkan sebagai generasi selanjutnya dan dikonfirmasi keberadaan gen HpSCMVCP dengan analisis PCR. Nodus

merupakan tempat munculnya tunas-tunas yang dapat tumbuh menjadi baru. Nodus pada batang bersifat meristematis dan memiliki potensi sebagai tempat untuk tumbuh tunas dan akar (Pamungkas et al., 2009). Hasil konfirmasi PCR menggunakan pasangan primer F1 dan R1 pada 5 nodus menunjukkan pita DNA dengan ukuran 725 bp pada setiap nodus

batang dimulai dari nodus batang pertama (N1) sampai nodus kelima (N5) di masing-masing klon tebu transgenik (Gambar 2A, 2B). Hal ini menunjukkan bahwa gen HpSCMVCp yang terintegrasi di dalam genom tanaman tebu transgenik diturunkan pada generasi berikutnya baik pada klon tebu transgenik HpSCMVCp-CaMV atau HpSCMVCp-Ubi.



**Gambar 2.** Amplifikasi dengan PCR DNA- HpSCMVCp pada genom DNA daun tanaman tebu transgenik T2. (A) tanaman tebu transgenik HpSCMVCp-CaMV dan (B) tanaman tebu transgenik HpSCMVCp-Ubi. 1, 2, 3, 4, 5 adalah tanaman tebu transgenik yang tumbuh dari tunas lateral. Keterangan gambar sama dengan Gambar 1

**Figure 2.** PCR amplification of HpSCMVCp in leaves genomic of T2 transgenic sugarcane. (A) HpSCMVCp-CaMV transgenic sugarcane lines, and (B) HpSCMVCp-Ubi transgenic sugarcane lines. 1, 2, 3, 4, 5 are the transgenic sugarcane lines that are grown from lateral buds. The figure legend is the same as described in Figure 1.

Berdasarkan hasil penelitian Dai et al. (2001), integrasi gen insert pada tanaman transgenik hasil transformasi menggunakan *Agrobacterium* lebih stabil dari pada menggunakan metode lain. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa tanaman tebu hasil transformasi masih bersifat heterogen, gen yang diinsersikan masih belum tentu dapat ditemukan pada semua sel tanaman. Suatu tanaman transgenik dapat dikatakan stabil jika gen yang diinsersikan pada tanaman induk juga dapat ditemukan kembali pada tanaman generasi selanjutnya (Dewi et al., 2002).

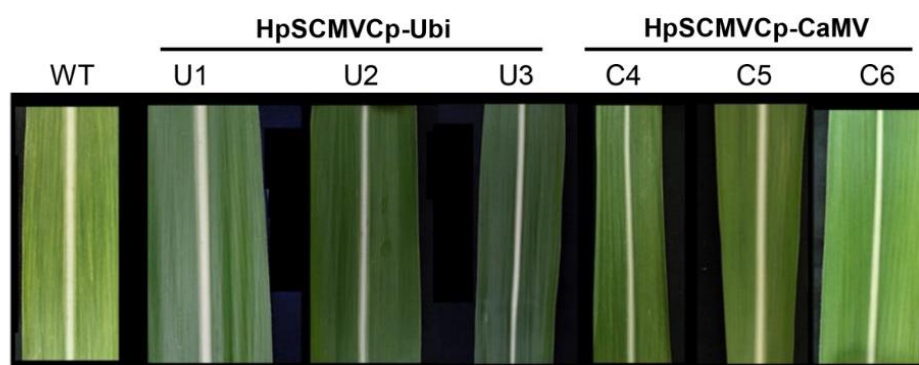
### Resistensi tebu transgenik terhadap infeksi SCMV

Indikator tebu transgenik tergolong resisten atau rentan dapat diamati berdasarkan pada pengamatan morfologi terkait ada tidaknya gejala SCMV pada daun tebu. Pengamatan gejala dilakukan pada masing-masing lines SCMVCp-CaMV dan SCMVCp-Ubi dan WT (wild type) sesudah perlakuan inokulasi SCMV. Menurut Sholeh et al. (2019), gejala umum virus mosaik adalah tampak bercak-bercak perbedaan warna hijau pada helaian daun berupa warna hijau terang atau kekuning-

kuningan yang menunjukkan terjadinya klorosis, karena menurunnya konsentrasi klorofil pada daun. Pengamatan munculnya gejala mosaik dilakukan pada dua daun termuda setiap tanaman tebu. Tanaman tebu wild type memperlihatkan adanya gejala mosaik daun setelah inokulasi virus pada hari ke-21. Adapun identifikasi ketahanan pada tebu transgenik menunjukkan bahwa terdapat 6 tanaman tebu transgenik lines SCMVCp-CaMV dan SCMVCp-Ubi memperlihatkan gejala mosaik daun dengan rentang waktu yang berbeda (Gambar 3).

Gejala mosaik pada tanaman tebu transgenik terbagi menjadi tiga kategori, yaitu ringan, sedang dan berat. Menurut Pandawani et al. (2018), untuk labu (*squash*) terhadap WMV menggunakan modifikasi dengan skor yaitu: (0) tanaman

tidak menunjukkan gejala mosaik; (1) tanaman menunjukkan gejala mosaik sangat ringan; (2) tanaman menunjukkan gejala mosaik sedang tetapi daunnya tidak menunjukkan perubahan bentuk; (3) tanaman menunjukkan gejala mosaik sedang dan pada daunnya menunjukkan perubahan bentuk atau berpilin; (4) tanaman menunjukkan gejala mosaik berat dan pada daunnya banyak terjadi perubahan bentuk daun. Hasil infeksi pada tanaman tebu transgenik lines SCMVCp-CaMV dan SCMVCp-Ubi menunjukkan gejala mosaik ringan, sedangkan pada tanaman wild type menunjukkan gejala mosaik berat berdasarkan indeks keparahan infeksi virus SCMV yaitu dengan menghitung skor luas keparahan infeksi SCMV di daun (Gambar 3)



**Gambar 3.** Gejala mosaik pada daun tebu transgenik HpSCMVCp-Ubi, HpSCMVCp-CaMV dan WT (wild type) sesudah infeksi SCMV. Gejala mosaik muncul pada daun tebu WT tetapi relatif tidak muncul pada daun tanaman tebu transgenik.

**Figure 3.** The mosaic symptoms in transgenic sugarcane lines of HpSCMVCp-Ubi, HpSCMVCp-CaMV, and control of WT sugarcane after SCMV artificial infection. The symptoms were appeared in the leaves of WT and almost did not appear in transgenic sugarcane leaves

Berdasarkan data pengamatan gejala mosaik daun dapat diketahui bahwa tanaman tebu transgenik SCMVCp-Ubi memiliki presentase jumlah line resisten lebih tinggi (80%-100%) dibandingkan SCMVCp-CaMV (70%-90%). Namun demikian, tanaman tebu wild type 100%

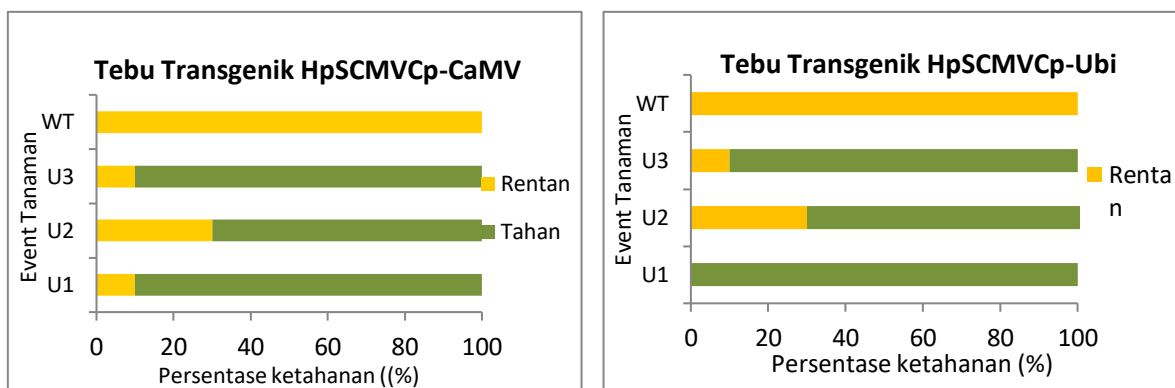
tidak resisten terhadap infeksi virus SCMV seperti yang ditunjukkan pada (Gambar 4). Menurut Widyaningrum et al. (2021), hasil tebu transgenik SCMVCp-Ubi lebih resisten dengan tingkat resistensi yaitu 82,35% dibandingkan tebu transgenik SCMVCp-CaMV yang hanya 57,69%.



Hasil penelitian ini mengkonfirmasi bahwa Ubi-promoter lebih efektif dalam mengendalikan ekspresi gen HpSCMVCP untuk ketahanan terhadap SCMV pada tebu transgenik dibandingkan CaMV-promoter. Hasil yang serupa juga dilaporkan pada tanaman tebu, dimana promotor ZmUbi dari *Zea mays* secara signifikan meningkatkan ekspresi transgen dibandingkan dengan promotor CaMV (Liu et al., 2003). Ubiquitin dari *Zea mays* adalah promotor konstitutif yang kuat untuk ekspresi transgen pada tanaman monokotil.

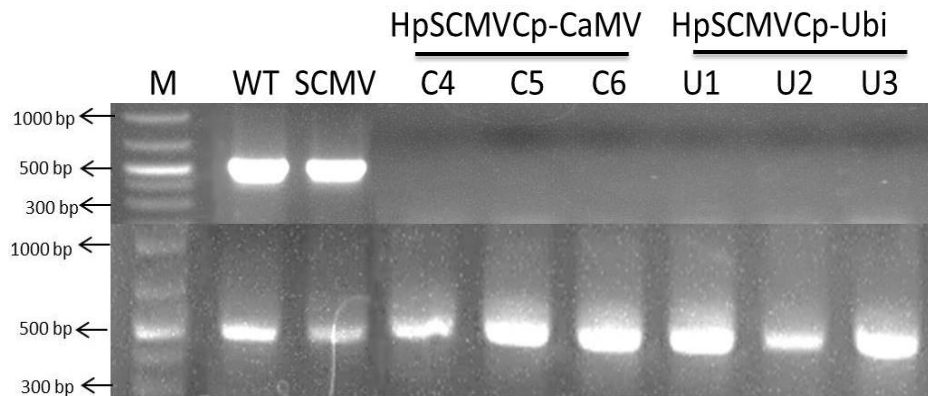
Untuk memastikan tingkat resistensi pada tanaman transgenik lines SCMVCp-CaMV dan SCMVCp-Ubi dilakukan analisa RT-PCR untuk deteksi SCMV

sesudah inokulasi SCMV. Analisa RT-PCR menggunakan pasangan F3/R3 menunjukkan adanya pita DNA Nib-Cp pada tanaman WT dan tebu PS881 terinfeksi SCMV, tetapi tidak ada pita DNA pada tanaman transgenik SCMVCp-Ubi dan SCMVCp-CaMV. DNA Nib-Cp merupakan fragmen DNA yang teramplifikasi dari DNA Nib sampai dengan DNA Cp. Analisa RT-PCR dengan pasangan primer F2-R2 menunjukkan adanya pita DNA Actin pada semua tanaman tebu (Gambar 5). Primer Actin digunakan sebagai kontrol analisa untuk menyamakan konsentrasi total RNA sampel yang digunakan untuk analisa adalah sama.



**Gambar 4.** Perbandingan persentase tebu transgenik rentan dan resisten yang dihitung berdasarkan analisis pengamatan gejala mosaik. Sebelah kiri adalah tebu transgenik HpSCMVCP-CaMV dan sebelah kanan adalah tebu transgenik HpSCMVCP-Ubi. WT adalah tebu control non-transgenik dan C1, C2, C3, U1, U2, U3 adalah lines dari tebu transgenik.

**Figure 4.** Comparison of resistances percentage that were calculated based on the observation of the symptoms. The Left and the right panels are HpSCMVCP-CaMV and HpSCMVCP-Ubi transgenic sugarcane, respectively. WT is the control non-transgenic sugarcane, and C1, C2, C3, U1, U2, U3 are transgenic sugarcane lines.



**Gambar 5.** Deteksi SCMV dengan analisa RT-PCR pada daun tanaman WT (wildtype) dan tanaman tebu transgenik HpSCMVCp-CaMV dan HpSCMVCp-Ubi. Analisa RT-PCR dilakukan menggunakan pasangan primer F3/R3 untuk deteksi fragmen DNA Nib-Cp (atas) dan primer F2/R3 untuk deteksi DNA Actin. M, marker DNA, SCMV sample daun tanaman tebu PS881 (kontrol positif) dan C4 s/d U3 adalah lines tebu transgenic.

**Figure 5.** Detection of SCMV using RT-PCR in leaves of wildtype (WT) and HpSCMVCp-CaMV and HpSCMVCp-Ubi transgenic sugarcane. The RT-PCR was conducted using primer F3/R3 to amplify DNA fragments of Nib-Cp (upper) and primer F2/R2 to amplify Actin DNA. Actin. M, marker DNA, SCMV was PS881 sugarcane and dan C4 s/d U3 were transgenic sugarcane lines.

DNA Nib-Cp merupakan fragmen DNA gabungan dari DNA Nib dan Cp pada genom SCMV. Fragmen DNA Nib-Cp tersebut dapat diamplifikasi dengan PCR menggunakan pasangan primer F3-R3 dari tanaman tebu yang terinfeksi SCMV. Oleh karena itu, munculnya fragmen DNA tersebut menunjukkan adanya SCMV karena fragmen Nib-Cp yang teramplifikasi merupakan gen dari pathogen SCMV. Analisis RT-PCR ini menunjukkan hasil tanaman tebu WT dan PS881 yang tidak tahan infeksi SCMV terdapat amplifikasi dari fragmen DNA virus Nib-Cp dengan ukuran 483 bp. Sedangkan pada tebu transgenik yang tahan terhadap serangan SCMV tidak ada materi RNA virus yang terdeteksi (Gambar 5).

## KESIMPULAN

Eksresi konstruk gen HpSCMVCp pada tebu transgenik berbasis metode RNAi dapat menyebabkan tebu transgenik

menjadi resisten terhadap infeksi virus SCMV dan memiliki materi genetik yang stabil (diturunkan) pada setiap batang nodus pada tanaman generasi berikutnya. Penggunaan Ubi-promoter lebih efektif dalam membantu mengekspresikan gen HpSCMVCp pada tanaman tebu transgenik dibandingkan CaMV-promoter.

## DAFTAR PUSTAKA

- Addy, H. S., Nurmalasari, Wahyudi, A. H. S., Sholeh, A., Anugrah, C., Iriyanto, F. E. S., Darmanto, W., & Sugiharto, B. (2017). Detection and response of sugarcane against the infection of Sugarcane mosaic virus (SCMV) in Indonesia. *Agronomy*.
- Akbar M, A., Faridah, E., Indrioko, S., & Herawan, T. (2017). Induksi Tunas, Multiplikasi Dan Perakaran *Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke Secara In Vitro. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 11(1), 1–13.

- Apriasti, R., Widyaningrum, S., Hidayati, W. N., Sawitri, W. D., Darsono, N., Hase, T., & Sugiharto, B. (2018). Full sequence of the coat protein gene is required for the induction of pathogen-derived resistance against sugarcane mosaic virus in transgenic sugarcane. *Molecular Biology Reports*, 45(6), 2749–2758.
- Burguán, J. (2006). Virus induced RNA silencing and suppression: defence and counter defence. *Journal of Plant Pathology*, 88(3), 233–244.
- Dai, S., Zheng, P., Marmey, P., Zhang, S., Tian, W., Chen, S., Beachy, R. N., & Fauquet, C. (2001). Comparative analysis of transgenic rice plants obtained by Agrobacterium-mediated transformation and particle bombardment. *Molecular Breeding*, 7, 25–33.
- Dewi, I. S., Somantri, I. H., Damayanti, D., Apriana, A., & Santoso, T. J. (2002). Evaluasi Tanaman Padi Transgenik Balitbio terhadap Hama Penggerek Batang. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan Dan Bioteknologi Tanaman*, 141–150.
- Dietzgen, R. G., & Mitter, N. (2006). Transgenic gene silencing strategies for virus control. *Australasian Plant Pathology*, 35(6), 605.
- Holkar, S. K., Kumar, A., Meena, M. R., & Lai, R. J. (2017). Detection and partial molecular characterization of sugarcane mosaic virus infecting sugarcane genotypes. *Journal of Environmental Biology*, 38(3), 409–417.
- Liu, D., Oard, S. V., & Oard, J. H. (2003). High transgene expression levels in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) driven by the rice ubiquitin promoter RUBQ2. *Plant Science*, 165(4), 743–750.
- Pamungkas, F. T., Darmanti, S., & Raharjo, B. (2009). Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman dalam Supernatan Kultur *Bacillus* sp.2 DUCC -BR-K1.3 terhadap Pertumbuhan Stek Horizontal Batang Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). *Jurnal Sains & Matematika*, 17(3), 131–140.
- Pandawani, N. P., Hanum, F., & Ariati, E. P. (2018). Kejadian Penyakit Mosaik dan Varietas Tahan Cucumber Mosaic Virus (CMV) Penyebab Penyakit Mosaik pada Tanaman Mentimun. *Agrimeta*, 8(15), 2088–2521.
- Putra, L. K., Kristini, A., Achadian, E. M., & Damayanti, T. A. (2014). Sugarcane streak mosaic virus in Indonesia: Distribution, Characterisation, Yield Losses and Management Approaches. *Sugar Tech*, 16, 392–399.
- Sholeh, A., Sugiharto, B., & Susilo Add, H. (2019). Monitoring Sugarcane mosaic virus (SCMV) on Recent Sugarcane Varieties in East Java, Indonesia. *Journal of Applied Sciences*, 19(7), 647–653.
- Widyaningrum, S., Pujiasih, D. R., Sholeha, W., Harmoko, R., & Sugiharto, B. (2021). Induction of resistance to sugarcane mosaic virus by RNA interference targeting coat protein gene silencing in transgenic sugarcane. *Molecular Biology Reports*, 48, 3047–3054.
- Yao, W., Ruan, M., Qin, L., Yang, C., Chen, R., Chen, B., & Zhang, M. (2017). Field performance of transgenic sugarcane lines resistant to sugarcane mosaic virus. *Frontiers in Plant Science*, 8(104), 1–9.

Zhu, M., Chen, Y., Ding, X. S., Webb, S. L., Zhou, T., Nelson, R. S., & Fan, Z. (2014). Maize Elongin C interacts with the viral genome-linked protein, VPg, of Sugarcane mosaic virus and facilitates virus infection. *New Phytologist*, 203(4), 1291–1304.



## **Aplikasi Mikrorganisme Sebagai Agensia Promosi Pertumbuhan Tanaman Lada (*Piper nigrum* linn)**

*Application of Microorganisms as Growth Promotion Agent of Pepper Plant (*Piper nigrum* Linn)*

Author(s): Syatrawati<sup>(1)</sup>; Sitti Inderiati<sup>(1)\*</sup>; Pricilia Aurelia<sup>(1)</sup>;

<sup>(1)</sup> Politeknik Pertanian Negeri Pangkep

\* Corresponding author: [sitti.inderiati@gmail.com](mailto:sitti.inderiati@gmail.com)

Submitted: 25 Jul 2021

Accepted: 9 Mar 2022

Published: 31 Mar 2022

### **ABSTRAK**

Kemampuan fungi dan bakteri mengkolonisasi tanaman dan mengsekresi zat pengatur tumbuh seperti auksin dan sitokinin yang digunakan oleh tanaman inang untuk ketahanan dan pertumbuhan menjadi dasar pemanfaatan mikrorganisme simbiotik. Penelitian ini bertujuan membandingkan aktivitas beberapa jenis fungi dan bakteri dalam mengaktifkan pertumbuhan vegetatif tanaman lada. Mikrobial yang digunakan adalah cendawan endofit, populasi 10 butir per tanaman dalam bentuk granula, *Trichoderma harzianum* 10 butir per tanaman dan bakteri *Burkholderia* 50 ml per tanaman dalam bentuk molases yang diinokulasi pada bibit lada varietas Natar-1 yang berumur 3 bulan. Perlakuan aplikasi mikroba berpengaruh tidak nyata berdasarkan analisis statistik terhadap pertumbuhan tanaman lada yang diuji, namun hasil pengukuran menunjukkan bahwa pemberian *Trichoderma harzianum* secara tunggal menghasilkan tinggi tanaman (22.79 cm) dan penambahan jumlah ruas sulur (6.44) terbaik. Perlakuan cendawan endofit + bakteri *Burkholderia* + *Trichoderma harzianum* menghasilkan jumlah cabang terbanyak (0.63) dan pemberian bakteri *Burkholderia* + *Trichoderma harzianum* menghasilkan berat basah dan berat kering tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi mikrorganisme lainnya

### **Kata Kunci:**

Agensia;  
lada;  
mikrorganisme;  
promosi

### **ABSTRACT**

#### **Keywords:**

Agent;  
pepper;  
microorganism;  
promotion

*The abilities of fungi and bacteria in colonizing plant species and secreting growth regulator substances such as auxin and sitokinin that can be employed by host plant are basic criteria for the use of microorganisms as plant growth promoter agent. The current study was aimed to compare the activity fungi and bacterium species in stimulating the vegetative growth of pepper plants. Microorganisms used were endophytic fungus 10 granular per plant, *Trichoderma harzianum* 10 granular per plant and 50 ml per plant of *Burkholderia molasses*. The microbial were inoculated to the 3-month-old pepper plant of Natar-1 variety. Based on statistical analysis, application of microbial has no effect on the growth of pepper plants treated, however the experiments results revealed that inoculation of fungus *Trichoderma harzianum* solely resulted in the highest plant high (22.79 cm) and the number of vine nodes (6.44). The plant treated with an endophytic fungus in combination with *Burkholderia* bacterium and *Trichoderma harzianum* had the highest number of vegetative branch and inoculation of *Burkholderia* combined with *Trichoderma harzianum* gave a higher plant wet and dry weight as compared to other microbial applications.*

## PENDAHULUAN

Lada (*Piper nigrum* Linn.) adalah salah satu tanaman penghasil rempah yang digunakan di seluruh dunia sebagai bumbu masakan sehingga disebut sebagai ‘*King of Spices*’. Lada merupakan tanaman penting bagi masyarakat dan perekonomian Indonesia; lebih dari 98% produk lada di Indonesia dihasilkan oleh perkebunan rakyat dengan total produksi pada 2019 sekitar 89.000 ton dan sebagai komoditi perdagangan, nilai ekspor lada Indonesia pada Mei 2019 mencapai US\$ 14.83 miliar (BPS, 2019). Permintaan terhadap lada (lada hitam dan lada putih) akan terus bertambah seiring dengan pertumbuhan penduduk dan peningkatan kebutuhan terhadap bahan makanan. Namun, hal tersebut tidak didukung oleh ketersediaan lahan budidaya yang secara gradual menyusut sebagai akibat alih fungsi lahan, sehingga upaya peningkatan produktivitas tanaman lada dilakukan melalui pemberian input seperti pemupukan, terutama pupuk kimiawi.

Pupuk kimiawi digunakan untuk memenuhi kebutuhan tanaman lada yang diketahui membutuhkan unsur hara yang tinggi (*high nutrient demanding crop*). Kebutuhan pupuk selama tiga tahun pertumbuhan meningkat sekitar 1000 kg sehingga pada umur tiga tahun, tanaman lada dewasa membutuhkan tiga ton pupuk NPK Mg (12% : 12% : 17% : 2% + trace elemen) per hektar atau menyerap unsur hara makro secara kumulatif dari tanah masing-masing sebanyak 393,1 kg N, 46,4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dan 364,9 kg K<sub>2</sub>O/ha/tahun (Ann 2012; Daras et al., 2012). Penambahan unsur hara ke dalam tanah melalui pemupukan tersebut akan meningkatkan status keharaan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman sehingga berproduksi secara optimal.

Penggunaan pupuk kimiawi telah terbukti meningkatkan produktivitas tanaman, namun penggunaan agrokimiawi dapat menimbulkan masalah

bagi tanaman dan lingkungan. Hasil penelitian membuktikan bahwa residu pupuk kimia dalam tanah dapat mengakibatkan hilangnya sejumlah besar hara yang dapat dipertukarkan dan penurunan pH tanah yang sangat mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman (Loks et al., 2014). Penggunaan pupuk kimia secara terus menerus dapat menyebabkan masalah kesehatan tanah seperti meningkatnya kemasaman, menurunnya kadar bahan organik, kerusakan struktur dan tidak berkembangnya sebagian besar mikroorganisme tanah serta pencemaran air akibat residu bahan-bahan kimia (Suwardi 2009; Herdiyanto and Setiawan 2015). Untuk mereduksi masalah dan akibat yang ditimbulkan oleh agrokimiawi tersebut, diperlukan alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan hara tanaman dan pada saat yang sama memelihara keseimbangan lingkungan.

Salah satu alternatif adalah penggunaan agensia hayati berupa bakteri yang berasosiasi dengan tanaman sebagai endofit dan mikroba *rhizosphere* seperti cendawan *Trichoderma harzianum* dan bakteri *Burkholderia*. Mikroorganisme tersebut dalam aktivitasnya dapat mengsekresi metabolit sekunder yang berfungsi seperti hormon tumbuh (*substance like hormone*) sehingga dimanfaatkan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (*plant growth promotion microorganisms*). Agen hayati dapat memacu pertumbuhan tanaman dan berperan dalam mekanisme langsung atau tidak langsung melalui pengendalian penyakit untuk mempertahankan produktivitas tanaman (Taufik et al. 2016; Yulianti 2013; Backer et al. 2018).

Untuk menguji efektivitas jamur dan bakteri sebagai agen promosi pertumbuhan, dilakukan percobaan aplikasi bakteri endofit dan mikroba *rhizosphere* pada bibit lada sehingga

diperoleh jenis mikroba yang efektif sebagai agensia hayati.

## METODOLOGI

Percobaan dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) Bogor dan Kebun Percobaan Sukamulya, Sukabumi. Bibit lada (varietas Natar 1) disemaikan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor dan diberi perlakuan (aplikasi mikroorganisme simbiotik) pada umur 3 bulan di pembibitan. Mikrobia yang digunakan adalah cendawan endofit (CE) 10 butir per tanaman dalam bentuk granula, *Trichoderma harzianum* (granula) 10 butir per tanaman dan bakteri *Burkholderia* 50 ml per tanaman dalam bentuk molases. Perlakuan diberikan secara kombinasi sehingga terdapat 5 kombinasi perlakuan sebagai berikut:

- A = 10 butir cendawan endofit E-15 + 10 butir *Trichoderma harzianum*
- B = 50 ml bakteri *Burkholderia* + 10 butir *Trichoderma harzianum*
- C = 10 butir cendawan endofit E-15 + 50 ml suspensi bakteri *Burkholderia* + 10 butir *Trichoderma harzianum*
- D = 10 butir *Trichoderma harzianum*
- E = Kontrol (tanpa agensia hayati)

Bibit yang telah diberi perlakuan dan telah berumur  $\pm$  6 bulan dipindahkan ke lahan penanaman di Kebun Percobaan Sukamulya, Sukabumi. Percobaan disusun di lahan penanaman menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri dari 4 kelompok (blok) sebagai ulangan. Setiap perlakuan dalam setiap kelompok terdiri dari 16 tanaman dan sebagai pembatas antar kelompok (blok penanaman) dibuat parit keliling berukuran lebar 40 cm dengan kedalaman 30 cm.

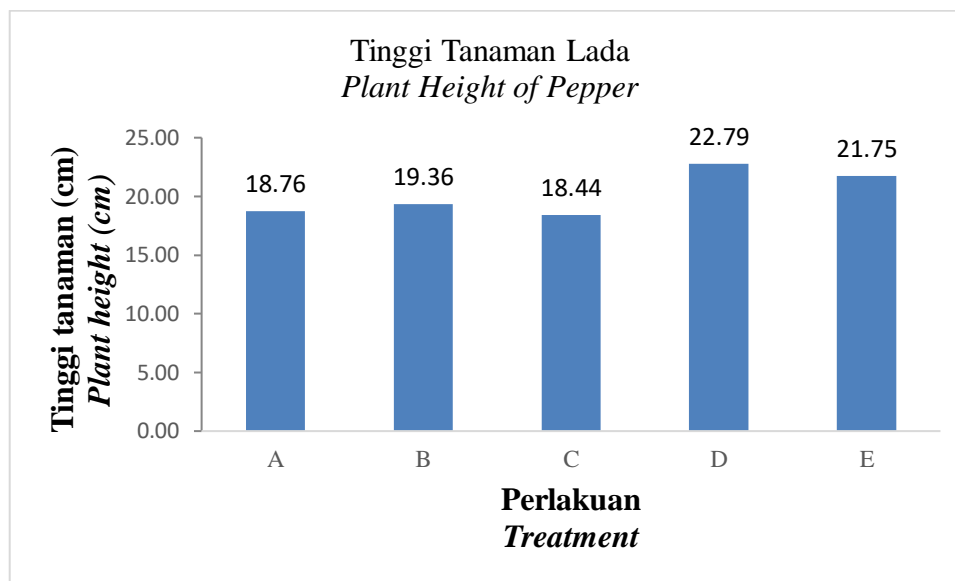
Penanaman bibit lada dilakukan pada lubang tanam berukuran 45 x 45 x 45 cm<sup>3</sup> yang disiapkan di sebelah kiri tajar hidup berupa tanaman Gamal (*Glyricide*) yang berjarak tanam 2.5 m x 2.5 m. Lubang tanam diberi pupuk kandang sebanyak 5 kg

/lubang tanam sebelum dilakukan penanaman; bibit lada dilepas dari polybag dan ditempatkan dalam lubang tanam dengan kemiringan 30 - 45° mengarah ke tajar dan ditimbun dengan tanah. Bibit yang baru ditanam diberi naungan sementara berupa alang-alang untuk perlindungan dari terpaan langsung sinar matahari. Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan mencabut gulma yang tumbuh di sekitar pertanaman dan pengikatan sulur lada pada tajar agar sulur panjang tidak menjadi sulur cacing.

Pertumbuhan tanaman diukur pada minggu ke-8 setelah penanaman dengan parameter: 1) Tinggi tanaman, 2) Jumlah ruas sulur, 3) Jumlah cabang, 4) Berat basah dan berat kering daun. Data yang diperoleh dianalisa menggunakan analisis varian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

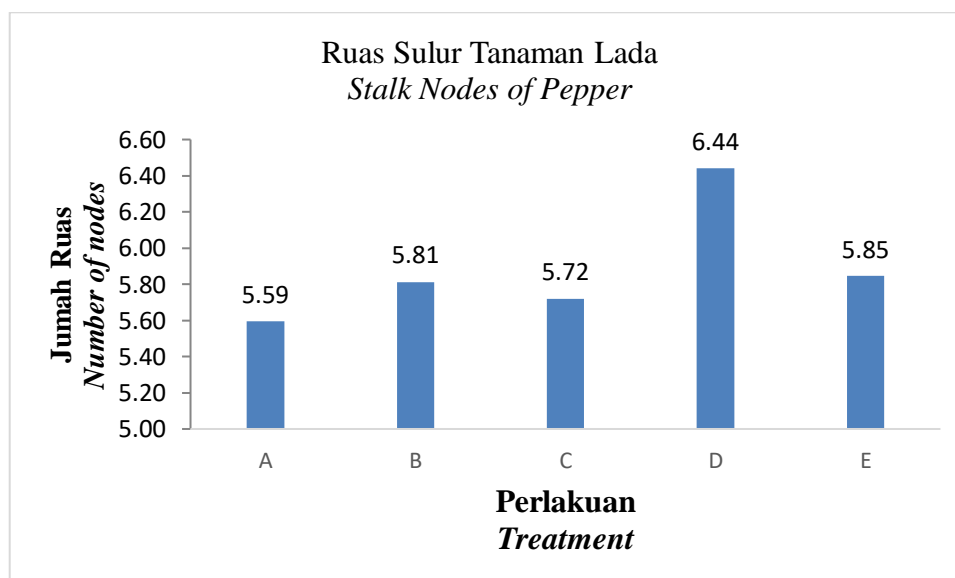
Pertumbuhan tanaman lada ditandai dengan pertambahan tinggi tanaman, jumlah ruas, jumlah cabang dan jumlah daun. Parameter pertumbuhan tersebut diukur pada minggu ke-8 setelah penanaman. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai pertambahan tinggi tanaman, jumlah ruas dan jumlah cabang tanaman lada berdasarkan perlakuan yang diberikan. Walaupun berdasarkan uji statistik perlakuan aplikasi mikroba berpengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan tanaman lada yang diuji, namun terdapat perlakuan inokulasi mikroba baik secara tunggal maupun kombinasi dua atau lebih mikroba yang menghasilkan pertambahan tumbuh tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan. Selain itu, hasil percobaan juga menunjukkan perbedaan pengaruh jenis mikroba tertentu baik sebagai pemacu pertumbuhan atau melalui aktivitasnya pada kondisi tertentu menghasilkan pengaruh sebaliknya (Gambar 1).



Gambar 1. Rerata tinggi tanaman lada pada umur 8 minggu setelah tanam  
 Figure 1. Average height of pepper plant at 8 weeks after planting

Tanaman lada yang dinokulasi dengan *Trichoderma harzianum* (D) menghasilkan batang atau sulur lebih panjang (22.79 cm) dibandingkan dengan perlakuan mikroba lainnya dan tanaman tanpa perlakuan (E) lebih tinggi

dibandingkan dengan ketiga perlakuan lainnya dan perlakuan pemberian kombinasi tiga mikroba (C) justru menghasilkan tinggi tanaman terendah (18.44 cm). Hasil serupa terjadi pada peubah jumlah ruas sulur (Gambar 2).



Gambar 2. Rerata jumlah ruas sulur lada pada umur 8 minggu setelah tanam  
 Figure 2. Average number of stalk nodes of pepper plant at 8 weeks after planting



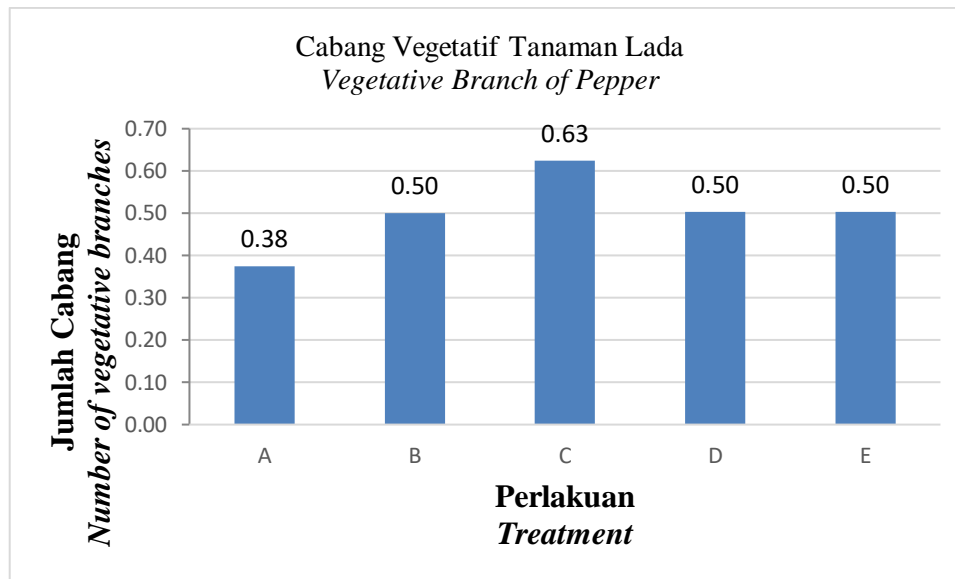
Hasil pengukuran jumlah ruas mengindikasikan bahwa inokulasi tanaman dengan satu jenis mikroba tertentu lebih memacu pertumbuhan dibandingkan dengan aplikasi mikroba secara kombinasi. Tanaman lada yang dinokulasi dengan jamur *Trichoderma harzianum* tumbuh lebih cepat dan mengalami pemanjangan sel-sel sehingga batang tanaman menjadi lebih tinggi dan jumlah ruas yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan tanaman tanpa inokulasi (kontrol percobaan). Hal tersebut dapat disebabkan oleh produksi hormon tumbuh termasuk jenis auksin yang dihasilkan oleh inokulan sehingga dapat menstimulir perkembangan sel-sel tanaman terutama pemanjangan sel tunas dan batang.

Species fungi dan bakteri dapat mendeteksi adanya tanaman sebagai inang (*Plant host*) dan menginisiasi tindakan kolonisasi (*microbes colonization strategies*) di daerah perakaran melalui produksi zat pengatur pertumbuhan (*canonical plant growth-regulating substances*) seperti auksin atau sitokinin, sebaliknya tanaman akan memanfaatkan senyawa yang diproduksi mikroba tersebut dan mengatur sistem ketahanan dan respon pertumbuhan berdasarkan jenis mikroorganisme simbiotik (Ortíz-Castro et al., 2009). Selain memproduksi auksin Indole Acetic Acid (IAA), bakteri dan fungi juga dapat mensolubilisasi Posfat sehingga unsur P tersedia bagi tanaman serta mampu mengfiksasi nitrogen (De La Torre-Ruiz et al., 2016). Dengan demikian, inokulasi mikroba menyebabkan ketersediaan hara dan zat pengatur tumbuh (ZPT) sehingga menstimulir pertumbuhan vegetatif tanaman inang.

Auksin adalah ZPT yang berperan dalam pembelahan dan pemanjangan sel-sel terutama sel tunas dan batang serta mengarahkan terjadinya dominasi apikal pada tanaman dalam masa pertumbuhan vegetatif yang sangat aktif (Müller &

Leyser, 2011). Hormon auksin tersebut selain diproduksi oleh tanaman sendiri sebagai fitohormon (auksin endogen), juga diproduksi oleh mikroba, baik jamur maupun bakteri (De La Torre-Ruiz et al. 2016; Tuhuteru et al. 2019). Auksin seperti halnya ZPT yang lain, bekerja pada sel-sel target dalam konsentrasi yang relatif rendah (Wiraatmaja, 2017), namun pada konsentrasi yang tinggi IAA akan menghambat pemanjangan sel batang. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena konsentrasi IAA yang tinggi mengakibatkan tanaman mensintesis ZPT lain yaitu etilen yang memberikan pengaruh berlawanan dengan IAA (Pujiasmanto, 2020).

Pemberian dua atau lebih mikroba secara kombinasi berarti meningkatkan konsentrasi atau jumlah inokulan yang diberikan kepada tanaman. Hal tersebut akan meningkatkan konsentrasi ZPT eksogen dalam sel tanaman yang berinteraksi dengan ZPT endogen. Peningkatan jumlah auksin tersebut dapat mengakibatkan berlebihnya konsentrasi dari jumlah yang dibutuhkan dalam meningkatkan pembelahan dan pemanjangan sel. Kondisi tersebut mengakibatkan perubahan kinerja auksin yaitu menjadi penghambat pemanjangan sel. Hal tersebut ditunjukkan pada pertumbuhan tanaman yang diinokulasi dengan tiga jenis mikroba seperti pada Gambar 1 dan 2. Tanaman lada yang dinokulasi dengan campuran cendawan endofit + bakteri *Burkholderia* + *Trichoderma harzianum* memiliki tinggi tanaman yang lebih rendah dan jumlah ruas lebih sedikit dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan dan tanaman dengan inokulasi satu atau dua mikroba. Tingginya konsentrasi auksin dalam tanaman menstimulasi produksi hormone etilen yang menyebabkan penghambatan pertumbuhan batang (Saniewski et al., 2016).

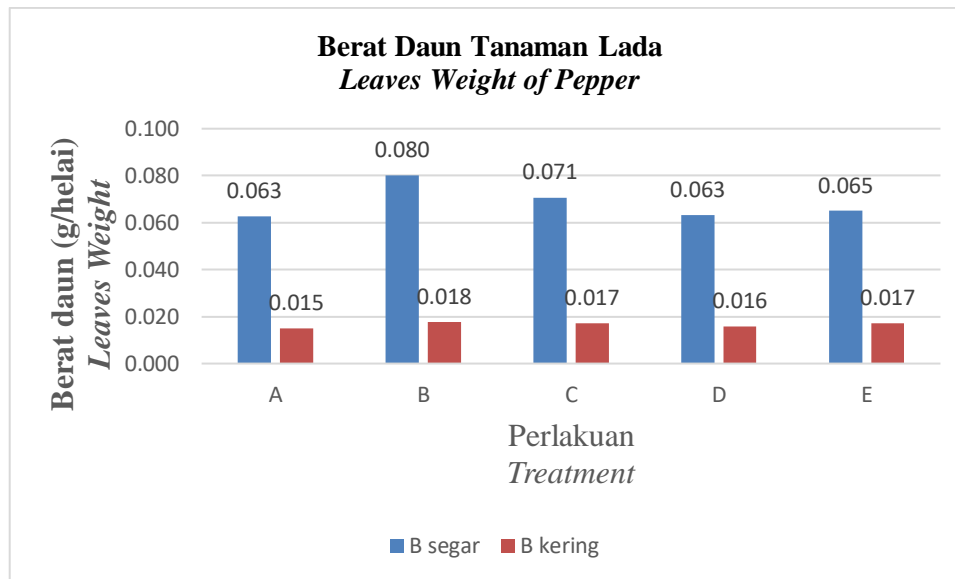


Gambar 3. Rerata jumlah cabang tanaman lada pada umur 8 minggu setelah tanam  
 Figure 3. Average of number of vegetative branches of pepper plant at 8 weeks after planting

Gambar 3 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah cabang terbanyak (0,63), terdapat pada tanaman yang diberi perlakuan jamur endofit E-15 + *Trichoderma harzianum* + bakteri Burkholderia (C). Hasil tersebut berbeda dengan kecenderungan hasil pengukuran parameter lainnya. Tanaman yang diinokulasi dengan campuran 2 jenis fungi yaitu cendawan endofit + cendawan *Trichoderma harzianum* dan satu jenis bakteri (Burkholderia) menghasilkan jumlah cabang sulur terbanyak. Pertambahan jumlah cabang merupakan pertumbuhan lanjut dari pertumbuhan batang yang membentuk cabang (sulur). Pertumbuhan tersebut dipengaruhi oleh ketersediaan dan distribusi hara serta pertumbuhan organ lainnya. Faktor lain yang mempengaruhi jumlah sulur atau batang adalah ZPT sitokinin.

Akar adalah sumber utama sitokinin di dalam tanaman; sitokinin yang disintesa pada bagian akar ditransportasi ke bagian tunas melalui jalur transpirasi di dalam xilem (Müller & Leyser, 2011) dan

konsentrasinya yang lebih tinggi dari konsentrasi auksin memacu pertumbuhan tunas lateral dan cabang (Shimizu-Sato and Mori 2001; Li et al. 2021). Adanya inokulasi 3 jenis mikroba yang dapat menghasilkan hormon tumbuh tersebut menyebabkan peningkatan jumlah sitokinin dalam jaringan tanaman. Namun, produksi sitokinin endogen dan eksogen tersebut masih berada pada level konsentrasi yang optimal untuk memacu pertumbuhan cabang sehingga tidak terjadi supresi pertumbuhan seperti yang ditunjukkan tanaman lain akibat peningkatan konsentrasi auksin ke tingkat supra optimal. Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh masih kurangnya produksi sitokinin endogen yang diproduksi oleh akar tanaman yang belum berkembang secara pesat. Dengan demikian, suplai sitokinin eksogen oleh 3 mikroba inokulan mengakibatkan meningkatnya ratio sitokinin terhadap auksin dalam tanaman sehingga memacu pertumbuhan cabang plagiotrop.



Gambar 4. Rerata berat basah dan berat kering daun tanaman lada pada umur 8 minggu setelah tanam

Figure 4. Average of wet and dry weight of pepper leaves at 8 weeks after planting

Hasil penelitian (De La Torre-Ruiz et al., 2016) dan (Tuhuteru et al., 2019) menunjukkan kemampuan beberapa strain bakteri dan mikroba rizosfer menghasilkan IAA, posfat solubilisasi, dan fiksasi nitrogen. Hasil tersebut sangat penting bagi tanaman inang sebab nitrogen dan fosfor adalah unsur hara makro utama (*key elements*) untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dengan demikian, inokulasi tanaman lada dengan bakteri Burkholderia dan *Trichoderma harzianum* dapat meningkatkan berat basah dan berat kering daun tanaman (Gambar 4) melalui produksi dan penyediaan hara esensial dan hormon tumbuh.













## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan diperoleh kesimpulan bahwa pemberian *Trichoderma* tunggal menghasilkan tinggi tanaman dan pertambahan jumlah ruas terbaik. Perlakuan cendawan endofit + bakteri Burkholderia + *Trichoderma harzianum* menghasilkan jumlah cabang terbanyak dan pemberian bakteri Burkholderia + *Trichoderma harzianum* menghasilkan berat basah dan berat kering


tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan aplikasi mikroorganisme lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. (2019). Ekspor Lada Putih menurut Negara Tujuan Utama, 2012-2018.
- Ann, Y. C. (2012). Impact of different fertilization methods on the soil, yield and growth performance of black pepper (*Piper nigrum* L.). *Malaysian Journal of Soil Science*, 16(1), 71–87.
- Backer, R., Rokem, J. S., Ilangumaran, G., Lamont, J., Praslickova, D., Ricci, E., Smith, D. L. (2018). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria: Context, Mechanisms of Action, and Roadmap to Commercialization of Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9.
- Daras, U., Sobari, I., & Towaha, J. (2012). Formulasi pemupukan berimbang pada tanaman lada di Bangka Belitung. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 3(2), 185–192.

- De La Torre-Ruiz, N., Ruiz-Valdiviezo, V.,  M., Rincón-Molina, C. I., Rodríguez-Mendiola, M., Arias-Castro, C., Gutiérrez-Miceli, F. A., Rincón-Rosales, R. (2016). Effect of plant growth-promoting bacteria on the growth and fructan production of *Agave americana* L. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47(3), 587–596.
- Herdianto, D. & Setiawan, A. (2015).  Upaya peningkatan kualitas tanah melalui sosialisasi pupuk hayati, pupuk organik, dan olah tanah konservasi di Desa Sukamanah dan Desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya. *Dharmakarya*, 4(1).
- Li, Y., Hu, J., Xiao, J., Guo, G., & Jeong, B. R. (2021).  Foliar Thidiazuron Promotes the Growth of Axillary Buds in Strawberry. *Agronomy*, 11(3), 594.
- Loks, N. A., Manggoel, W., Daar, J. W.,  Mamzing, D., Seltim, B. W., & others. (2014). The effects of fertilizer residues in soils and crop performance in northern Nigeria: a review. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 4(9), 180–184.
- Müller, D., & Leyser, O. (2011).  Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. *Annals of Botany*, 107(7), 1203–1212.
- Ortíz-Castro, R., Contreras-Cornejo, H. A.,  Macías-Rodríguez, L., & López-Bucio, J. (2009). The role of microbial signals in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior*, 4(8), 701–712.
- P ujiasmanto, B. (2020).  Peran dan *Manfaat Hormon Tumbuhan: Contoh Kasus Paclobutrazol Untuk Penyimpanan Benih*. Yayasan Kita Menulis, Jakarta.
- Saniewski, M., Węgrzynowicz-Lesiak, E.,  Góraj-Koniarska, J., & Gabryszewska, E. (2016). Effect of benzyladenine (BA) on auxin-induced stem elongation and thickening in tulip (*Tulipa gesneriana* L.). *Acta Agrobotanica*, 69(1).
- Shimizu-Sato, S., & Mori, H. (2001).  Control of Outgrowth and Dormancy in Axillary Buds. *Plant Physiology*, 127(4), 1405–1413.
- Suwardi, D. (2009). Peningkatan efisiensi pupuk nitrogen melalui rekayasa kelat urea-zeolit-asam humat. In *Bogor: Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB*. Retrieved from
- Taufik, M., Khaeruni, A., Wahab, A., &  Amiruddin. (2016). Agensi hayati dan *Arachis pintoii* memacu pertumbuhan tanaman lada (*Piper nigrum*) dan mengurangi kejadian penyakit kuning Biocontrol agents and *Arachis pintoii* promote the growth of black pepper (*Piper nigrum*) and reduce the incidence of yellow disease. *E-Journal Menara Perkebunan*, 79(2).
- Tuhuteru, S., Sulistyaningsih, E., &  Wibowo, A. (2019). Aplikasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria dalam Meningkatkan Produktivitas Bawang Merah di Lahan Pasir Pantai. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 47(1), 53–60.
- Wiraatmaja, I. W. (2017).  Bahan ajar zat pengatur tumbuh auksin dan cara penggunaannya dalam bidang

*pertanian*. Denpasar: Fakultas  
Pertanian UNUD Bali.

Yulianti, T. (2013). Pemanfaatan Endofit  
 Sebagai Agensia Pengendali Hayati  
Hama dan Penyakit Tanaman. *Buletin  
Tanaman Tembakau, Serat & Minyak  
Industri*, 5(1), 40.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## Regenerasi Kalus Embriogenik Sorgum (*Sorghum bicolor*) menggunakan Kombinasi ZPT dan Mikronutrien

*Embryogenic Callus Regeneration of Sorghum (Sorghum bicolor) using PGR Combinations and Micronutrient*

Author(s): Nadya Oktafiana<sup>(1)</sup>; Siti Umayyah<sup>(1)</sup>; Wulan Nursyiam Ningtyas<sup>(1)</sup>; Bambang Sugiharto<sup>(1)\*</sup>

<sup>(1)</sup> Universitas Jember

\* Corresponding author: [sugiharto.fmipa@unej.ac.id](mailto:sugiharto.fmipa@unej.ac.id)

Submitted: 28 Jan 2022

Accepted: 16 Mar 2022

Published: 31 Mar 2022

### ABSTRAK

Perakitan varietas unggul tanaman sorgum dapat dilakukan dengan perbanyakan secara *in vitro* melalui kultur jaringan. Somatik embriogenesis menjadi salah satu metode perbanyakan yang tepat untuk menghasilkan tanaman dalam waktu yang cepat dan jumlah banyak. Tetapi, rendahnya kemampuan regenerasi kalus menyebabkan kegagalan terbentuknya tanaman baru. Pemberian nutrisi dan zat pengatur tumbuh (ZPT) yang efektif pada media menentukan keberhasilan regenerasi kalus. Sitokinin dan auksin merupakan jenis ZPT yang berperan dalam pembelahan dan perkembangan sel serta menstimulasi pertumbuhan tunas pada kalus. Sedangkan, CuSO<sub>4</sub> digunakan sebagai nutrisi mikro tambahan yang berperan aktif dalam katalisasi enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis sehingga mampu meningkatkan regenerasi tanaman. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui konsentrasi terbaik dari kombinasi antara Kinetin, NAA, dan CuSO<sub>4</sub> pada media regenerasi kalus sorgum untuk menstimulasi pertumbuhan tunas dan akar. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi MS0, 0,1 mg/l NAA, dan 1 mg/l kinetin menjadi kombinasi ZPT paling baik untuk regenerasi tunas yaitu 6,38 tunas. Sedangkan untuk regenerasi akar kombinasi MS0 dan 1 mg/l CuSO<sub>4</sub> merupakan konsentrasi terbaik yaitu menghasilkan sebanyak 32,1 akar dan meningkatkan jumlah planlet sebanyak 7,67. Keseluruhan hasil menunjukkan bahwa kombinasi NAA, kinetin, dan CuSO<sub>4</sub> dengan konsentrasi tertentu dapat meningkatkan regenerasi kalus menjadi tanaman.

### Kata Kunci:

CuSO<sub>4</sub>;  
Kinetin;  
NAA;  
Regenerasi;  
Tanaman  
Sorghum

### ABSTRACT

#### Keywords:

CuSO<sub>4</sub>;  
Kinetin;  
NAA;  
Regeneration;  
Sorghum Plant

*The assembly of superior varieties of sorghum can be done by in vitro propagation through tissue culture. Somatic embryogenesis is one of the appropriate propagation methods to produce plants faster in large quantities. However, the low callus regeneration ability causes the lack of shoot and root generation. The effective addition of nutrients and the Plant Growth Regulator (PGR) in the regeneration media determines the success of callus regeneration. Cytokinins and auxins play a role in cell division, development, and stimulate shoot growth in the callus. Meanwhile, CuSO<sub>4</sub> is used as an additional micronutrient that plays an active role in enzyme catalysis and electron transfer in the photosynthesis process. The purpose of this study was to determine the best concentration of the combination of Kinetin, Naphthalene Acetic Acid (NAA), and CuSO<sub>4</sub> in sorghum callus regeneration media to stimulate shoot and root growth. The results showed that MS0 in combination with 0.1 mg/l NAA and 1 mg/l kinetin was the best formulation for shoot regeneration, resulting in around 6.38 shoots. Meanwhile, the combination of MS0 and 1 mg/l CuSO<sub>4</sub> was the best formulation for root regeneration with 32.1 roots, as well as for the number of plantlets with 7.67 plantlets. The results showed that combinations of NAA, Kinetin, and CuSO<sub>4</sub> could increase callus regeneration into a whole plant.*



## PENDAHULUAN

Sorgum (*Sorghum bicolor*) merupakan salah satu jenis tanaman sereal asal Benua Afrika yang tersebar luas termasuk di Indonesia. Tanaman sorgum banyak tumbuh di wilayah Pulau Jawa, Kalimantan, Papua, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur (Harmini, 2021). Kemampuan adaptasi yang dimiliki tanaman sorgum cukup tinggi, yakni mampu tumbuh pada lahan suboptimal (Lestari & Dewi, 2015). Selain adaptif, tanaman sorgum dimanfaatkan untuk bahan pangan, pakan ternak, bahan baku industri bioetanol dan sirup (Khaidir et al., 2021). Akan tetapi, tanaman ini masih memiliki kemampuan pertumbuhan yang rendah jika dikembangkan secara *in vitro*.

Perkembangbiakan tanaman sorgum secara *in vitro* memiliki tujuan untuk perbaikan sifat tanaman baik untuk tujuan transformasi atau perbanyakan melalui kultur jaringan (Maulana et al., 2019). Metode kultur jaringan yang efektif untuk perbanyakan tanaman sorgum dapat dilakukan melalui somatik embriogenesis. Metode tersebut memiliki keunggulan, yakni bebas dari kontaminasi, mendapatkan tanaman dalam jumlah banyak, waktu relatif singkat, serta memiliki karakteristik secara genetik sama dengan induk. Namun, Dreger et al. (2019) menyebutkan bahwa tanaman sorgum cukup sulit dikembangkan melalui teknik kultur jaringan dan memiliki tingkat regenerasi yang rendah. Hal tersebut disebabkan oleh kandungan fenolik pada kalus, sehingga daya regenerasi kalus tanaman sorgum rendah dan gagal tumbuh menjadi tunas serta mengarah kepada kematian jaringan (Liu et al., 2015). Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian kondisi kultur jaringan yang tepat untuk meningkatkan regenerasi tanaman sorgum.

Regenerasi kalus embriogenik tanaman sorgum dapat ditingkatkan

dengan menambahkan ZPT (Zat Pengatur Tumbuh) golongan sitokinin dan auksin. Kombinasi kedua ZPT tersebut pada konsentrasi yang tepat akan meningkatkan regenerasi tanaman (Mawaddah et al., 2021). Kinetin dan *Naphthaleneacetic acid* (NAA) menjadi salah satu jenis sitokinin dan auksin yang memiliki pengaruh baik untuk regenerasi kalus. Pemberian kinetin 0,5 mg/l dan NAA 0,01 mg/l mampu meregenerasi tanaman *Moringa stenopetala* dengan optimal (Adugna et al., 2020). Penambahan kinetin 2 mg/l dan NAA 0,1 mg/l untuk kalus bawang merah mampu menstimulasi pertumbuhan mata tunas dan memicu perbanyakan formasi tunas (Kurniawan & Widoretno, 2016). Hal ini disebabkan karena auksin dan sitokinin bersinergi dalam mengarahkan regenerasi kalus tanaman.

Pemberian mikronutrien pada media tanam mampu membantu kinerja sel tanaman dalam pertumbuhan. Mikronutrien CuSO<sub>4</sub> diketahui memiliki pengaruh dalam pembentukan akar pada eksplan (Farahat & Belopukhov, 2020). Pemberian nutrisi tambahan secara spesifik akan mempengaruhi laju pertumbuhan pada bagian tertentu tanaman seperti akar dan tunas. Tamimi & Othman (2020) menjelaskan bahwa pemberian nutrisi mikro berupa CuSO<sub>4</sub> mampu mempengaruhi pertumbuhan regenerasi akar tanaman. CuSO<sub>4</sub> merupakan nutrisi yang berperan penting pada proses transfer elektron dalam proses fotosintesis dan berperan aktif pada katalisasi enzim sehingga membantu memicu pertumbuhan sel tanaman untuk berdiferensiasi. Adanya hal tersebut maka dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui konsentrasi optimal kombinasi Kinetin dan NAA pada media regenerasi tunas dan CuSO<sub>4</sub> pada media regenerasi akar tanaman sorgum varietas Numbu. Kombinasi ketiga jenis zat yaitu NAA, Kinetin dan CuSO<sub>4</sub> diharapkan memberikan pengaruh



terhadap peningkatan pembentukan tunas dan akar.

## METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di UPT Laboratorium CDAST (*Center for Development of Advanced Sciences and Technology*), Universitas Jember. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2021 hingga bulan Oktober 2021.

Peralatan yang digunakan terdiri dari satu set alat kultur jaringan, *autoclave*, timbangan analitik, LAF (*Laminar Air Flow*), pH meter, botol kuljar, mikroskop stereo (*Leica*), dan alat pendukung lainnya. Bahan-bahan yang digunakan dalam percobaan terdiri dari bahan tanam berupa biji sorgum varietas Numbu, spirtus, alkohol 70% dan 90%, akuades steril, larutan kloroks, larutan HCl 2N dan NaOH 2N. Media MS (*Murashige and Skoog*), zat pengatur tumbuh 2,4-D (*2,4-Dichlorophenoxyacetic acid*), BAP (*6-Benzylamino purin*), Kinetin, NAA (*Nephtaleneacetic acid*), CuSO<sub>4</sub>, IAA, Agar *gelrite*, *Casein Hydrolysate* (CH), sukrosa dan bahan lainnya.

Percobaan yang dilakukan diawali dengan induksi kalus pada media induksi yang terdiri dari media MS + 2,4-D 3 mg/l + kinetin 0,5 mg/l dan prolin 3000 mg/l. Induksi kalus menggunakan eksplan berupa biji sorgum. Sebelumnya, biji sorgum disterilisasi menggunakan alkohol 96% selama 10 menit diulang sebanyak 2 kali. Selanjutnya biji digojojok dengan menggunakan larutan kloroks sebanyak 2 kali ulangan (masing-masing 15 dan 30 menit). Biji sorgum kemudian dibilas menggunakan aquades steril sebanyak 5 kali ulangan hingga bersih dan direndam selama *overnight* untuk proses imbibisi sebelum diinduksi. Kalus embriogenik yang telah memiliki warna kuning kehijauan, tekstur remah serta memiliki nodul-nodul pada permukaan selanjutnya dipindah pada media regenerasi tunas berupa MS0 + prolin 560 mg/l + CH 500

mg/l + glutamin 100 mg/l, PVP 0,5 mg/l, BAP 2 mg/l, dengan penambahan kombinasi hormon Kinetin (1 mg/l, 2 mg/l, dan 3 mg/l) dan NAA (0,1 mg/l, 0,3 mg/l, dan 0,5 mg/l). Rancangan percobaan pada media regenerasi tunas menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) faktorial yang terdiri dari 9 perlakuan dengan 4 ulangan. Tunas yang terbentuk pada umur 30 hst dipindah pada media akar berupa MS + IAA 1 mg/l + NAA 1 mg/l + CuSO<sub>4</sub> (0,5 mg/l, 1 mg/l dan 1,5 mg/l) diinkubasi selama 3 minggu, pada kondisi 16 jam terang 8 jam gelap. Rancangan percobaan pada media regenerasi akar menggunakan RAL non-faktorial dengan 3 perlakuan dan 7 ulangan. Semua media media induksi dan regenerasi diukur pH sebesar 5,8 dan disterilisasi pada dengan suhu 121°C, 2 atm selama 15 menit. Hasil regenerasi tanaman berupa planlet selanjutnya diaklimatisasi dengan mengambil planlet yang terbaik pada setiap perlakuannya di dalam pot menggunakan media tanam tanah dan pasir dengan perbandingan 1:1 di dalam *green house*.

Parameter yang diamati berupa jumlah tumbuh tunas pada umur tanaman 30 hst. Jumlah planlet dan akar pada minggu ke 3. Selanjutnya, data dianalisis secara statistika menggunakan ANOVA dan uji lanjut menggunakan DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) dengan taraf kepercayaan 95%. Data kualitatif yang diperoleh berupa data visual dan disajikan secara deskriptif.

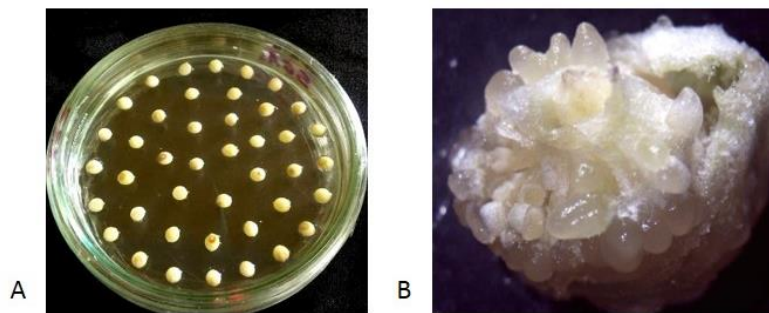
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Induksi Kalus Sorgum

Kalus mulai terbentuk pada minggu ke-2 setelah tanam. Kecepatan terbentuknya kalus pada setiap eksplan berbeda-beda. Perbedaan waktu terbentuknya kalus disebabkan oleh perbedaan kemampuan biji menyerap nutrisi dan zat pengatur tumbuh. Terdapat dua macam kalus yang dihasilkan selama induksi, yakni kalus yang bersifat

embriogenik dan kalus non-embriogenik. Kalus embriogenik memiliki warna putih-kekuningan, tekstur remah, memiliki nodul pada permukaan, mengkilap, tidak berlendir. Sebaliknya, kalus non-embriogenik memiliki warna coklat kehitaman, tekstur lunak, kompak, serta berlendir. Warna coklat hingga kehitaman disebabkan oleh aktifitas fenolik yang menyebabkan kalus sulit tumbuh dengan baik. Kalus embriogenik terinduksi karena pengaruh ZPT 2,4-D dan kinetin di dalam media induksi kalus. Induksi kalus dimulai dari skutelum kecambah biji yang membelah secara tidak teratur dan bersifat embrionik. Perkembangan kalus dimulai dengan pembengkakan eksplan, kemudian membelah secara tidak teratur dan

terbentuk struktur seperti tonjolan pada permukaan eksplan (Sitinjak et al., 2015). Karakteristik kalus embriogenik selain memiliki struktur yang remah, kalus tersebut juga mampu berproliferasi melalui tahapan somatik embriogenesis terdiri dari fase globular, skutelar, dan koleoptilar. Fase koleoptilar merupakan fase awal untuk kalus beregenerasi dengan terbentuknya *greenspot*. Pola et al. (2007) menjelaskan bahwa kalus dapat beregenerasi menjadi tanaman diawali dengan perubahan warna putih menjadi hijau. Warna hijau pada kalus merupakan klorofil dan kemampuan regenerasi kalus menjadi tanaman harus ditingkatkan dengan media regenerasi yang optimal.



Gambar 1. A) Eksplan Biji Sorgum 1 Hsi dan B) Kalus Embriogenik Sorgum  
Figure 1. A) Eksplan from Sorghum Seeds and B) Embryogenic Callus of Sorghum

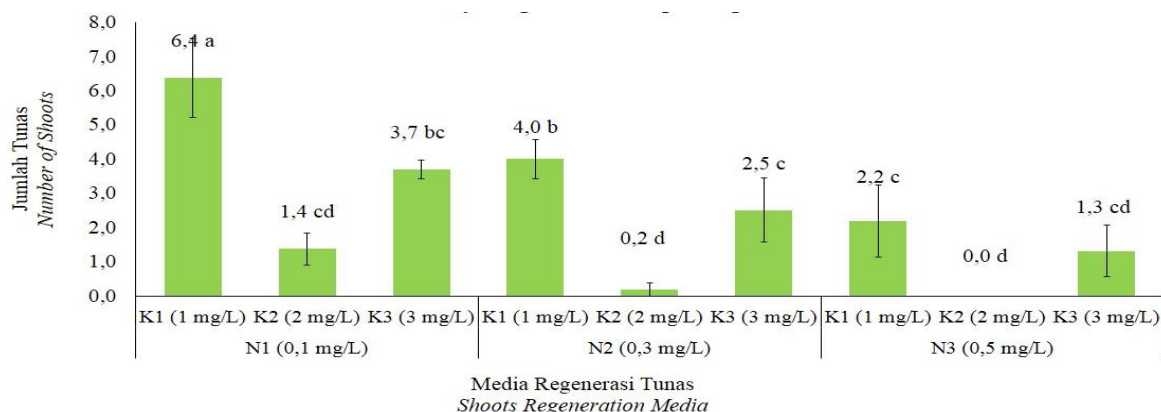
## 2. Jumlah Tunas Sorgum

Kombinasi NAA dan Kinetin diketahui mempengaruhi regenerasi kalus (Pola et al., 2007). Hasil penelitian menunjukkan perbedaan pengaruh Kinetin dan NAA untuk pembentukan tunas dari kalus. Jumlah tunas terbanyak dihasilkan dari kombinasi kinetin 1 mg/l dengan NAA 0,1 mg/l yaitu 6,4 tunas (Gambar 2). Hasil terbanyak selanjutnya diikuti kombinasi kinetin 1 mg/l dengan NAA 0,3 mg/l sebesar 4 tunas dan kombinasi kinetin 1 mg/l dengan NAA 0,5 mg/l sebesar 2,2 tunas. Pada taraf konsentrasi Kinetin 1 mg/L yang dikombinasikan dengan semua konsentrasi NAA menunjukkan semakin tinggi konsentrasi NAA, semakin rendah jumlah tunas yang dihasilkan. Pada taraf

NAA 0,1 mg/l, hasil regenerasi tunas terbaik dikombinasikan dengan Kinetin 1 mg/L. Hasil pengaruh NAA yang dikombinasikan dengan kinetin dengan berbagai konsentrasi menunjukkan bahwa kinetin dengan konsentrasi terendah (Kinetin 1 mg/L) menghasilkan jumlah tunas paling banyak dan mengalami penurunan pada konsentrasi Kinetin yang lebih tinggi serta mengalami sedikit kenaikan pada konsentrasi Kinetin terbesar (Kinetin 3 mg/l). Penurunan jumlah tunas disebabkan karena konsentrasi ZPT kurang tepat dan munculnya zat fenolik berupa pencoklatan kalus. Hal ini mengakibatkan kegagalan regenerasi tunas, mengarahkan kepada kematian jaringan tanaman (Muzayyana et al., 2020). Jumlah tunas

yang terbentuk seiring peningkatan NAA dan kinetin sesuai dengan hasil Mastuti (2017) yang menjelaskan bahwa konsentrasi auksin yang berlebih pada media regenerasi tunas akan menghambat

terbentuknya tunas pada kalus. Media dengan penambahan kinetin 1 mg/l dan NAA 0,1 mg/l menjadi konsentrasi yang paling efektif untuk menghasilkan tunas.



Gambar 2. Jumlah tunas sorgum pada media regenerasi tunas dengan penambahan Kinetin dan NAA pada 30 hari setelah inokulasi

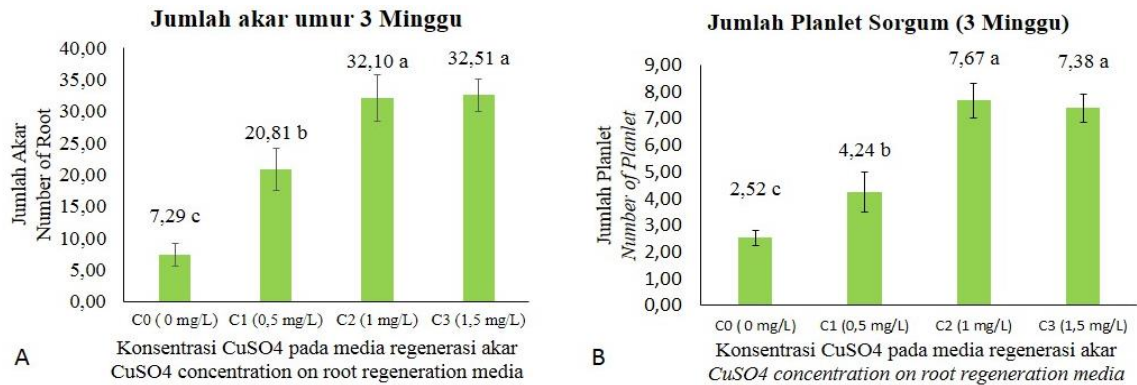
Figure 2. Number of sorghum shoots on shoot regeneration media with the addition of Kinetin and NAA at 30 days after inoculation

### 3. Jumlah Tumbuh Akar dan Planlet Tanaman Sorgum

Hasil regenerasi tanaman pada media regenerasi hanya mampu membentuk tunas. Regenerasi akar perlu dilakukan untuk menghasilkan tanaman lengkap agar proses pertumbuhan, perkembangan dan metabolisme tanaman optimal. Pemberian  $\text{CuSO}_4$  dengan konsentrasi 1,5 mg/l memberikan hasil terbaik, yakni menghasilkan jumlah akar 32,51 per eksplan. Hasil studi ini menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi  $\text{CuSO}_4$  yang semakin tinggi menghasilkan jumlah akar semakin banyak (Gambar 3A). Hasil tersebut juga berbanding lurus dengan persentase pembentukan akar bahwa penambahan  $\text{CuSO}_4$  1,5 mg/l yang menghasilkan nilai persentase sebesar 95,24%. Liu et al., (2013) menjelaskan bahwa kombinasi  $\text{CuSO}_4$  1  $\mu\text{mol/L}$  dengan berbagai auksin mampu menghasilkan 100% pertumbuhan planlet yaitu 4,2-5,3 tunas dan 56-71 akar pada tanaman sorgum

varietas Tx430.

Pemberian nutrisi mikro  $\text{CuSO}_4$  pada media tanam mampu memicu regenerasi tanaman baik akar maupun tunas (Zayed et al., 2020). Konsentrasi  $\text{CuSO}_4$  1 mg/l menghasilkan 7,67 planlet per eksplan dan hasil terendah yaitu 2,52 planlet per eksplan pada  $\text{CuSO}_4$  0 mg/l. Hal tersebut menunjukkan bahwa senyawa  $\text{CuSO}_4$  merupakan suatu nutrisi mikro yang mempengaruhi proses regenerasi tanaman secara *in vitro*. Senyawa tersebut berperan aktif dalam proses transfer elektron pada proses fotosintesis, serta proses metabolisme suatu tanaman (Zayed et al., 2020). Menurut Comar et al. (2021) menjelaskan bahwa  $\text{CuSO}_4$  memiliki peran penting sebagai katalisator enzim untuk menunjang pertumbuhan regenerasi tanaman hasil *in vitro* melalui eksplan kalus. Namun, efektivitas dari  $\text{CuSO}_4$  bergantung pada jenis eksplan yang digunakan baik dari spesies yang berbeda.



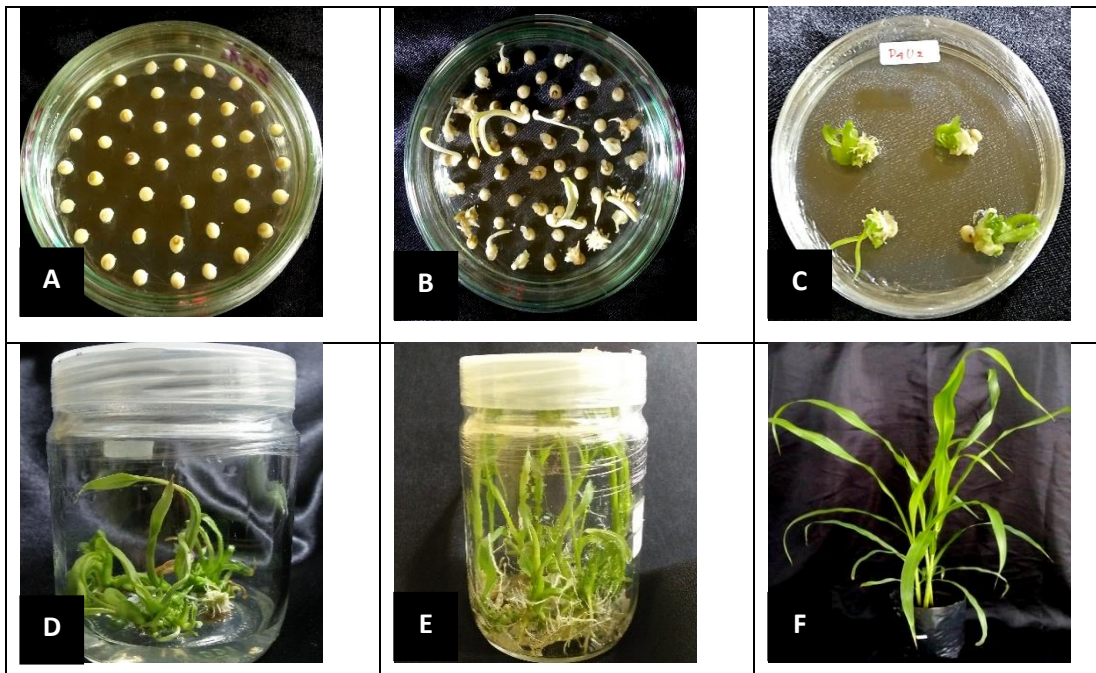
Gambar 3. A) Pengaruh pemberian CuSO<sub>4</sub> terhadap jumlah akar sorgum pada minggu ke-3, dan B) Pengaruh pemberian CuSO<sub>4</sub> terhadap jumlah planlet tanaman sorgum pada minggu ke-3

Figure 3. A) The Effect of CuSO<sub>4</sub> addition on the number of sorghum roots on the third week, and B) The effect of CuSO<sub>4</sub> on the number of sorghum planlets on the third week

#### 4. Aklimatisasi

Keseluruhan proses regenerasi kalus embriogenik dari eksplan biji sorgum diawali dengan induksi kalus embriogenik (Gambar 4A-C). Kalus tersebut mampu beregenerasi menjadi tanaman (planlet) pada media regenerasi tunas dan akar (Gambar 4D-E). Planlet dengan kondisi sehat yaitu memiliki daun berwarna hijau, tinggi tanaman 8 cm, dan memiliki akar

yang banyak diaklimatisasi pada kondisi *in vivo*. Aklimatisasi dilakukan untuk mengetahui bahwa tanaman *in vitro* mampu teradaptasi pada kondisi *in vivo*. Hasil dari aklimatisasi menunjukkan bahwa tanaman mampu teradaptasi dengan baik dan tidak ada perbedaan pertumbuhan tanaman dari biji dengan tanaman hasil propagasi *in vitro* (Gambar 4F).



Gambar 4. Proses pertumbuhan tanaman sorgum secara *in vitro*. A) Induksi biji sorgum 1 HSI. B) Eksplan membentuk kalus pada minggu ke-2. C) Kalus tumbuh tunas

pada minggu ke-1. D) Tunas dipindah pada media regenerasi akar. E) Eksplan tumbuh akar pada minggu ke-3. F) Aklimatisasi minggu ke-4.


Figure 4. *Sorghum plant growth process in vitro.* A) Induction of sorghum seeds at 1 day after inoculation. B) The explants callus formation on the second week. C) The shoots growth on callus at the first week. D) The shoots on the root regeneration medium. E) Explants roots growth at the third week. F) Acclimatization at week 4.

## KESIMPULAN


Regenerasi tunas dari kalus embriogenik dapat terbentuk pada media dengan pemberian kombinasi NAA dan Kinetin. Kombinasi NAA 0,1 mg/l dan Kinetin 1 mg/l menjadi kombinasi paling efektif dalam menghasilkan jumlah tunas sebanyak 6,38 tunas/eksplan. Sedangkan regenerasi akar dapat ditingkatkan dengan penambahan CuSO<sub>4</sub> 1,5 mg/l yaitu menghasilkan jumlah akar sebanyak 32,51 akar/eksplan. Selain itu, CuSO<sub>4</sub> juga mempengaruhi peningkatan pembentukan planlet pada media dengan penambahan CuSO<sub>4</sub> 1 mg/l yaitu menghasilkan jumlah planlet sebanyak 7,67 planlet/eksplan pada tanaman sorgum varietas Numbu.

## DAFTAR PUSTAKA


Adugna, A. Y., Feyissa, T., & Tasew, F. S.

 (2020). Optimization of growth regulators on in vitro propagation of *Moringa stenopetala* from shoot explants. *BMC Biotechnology*, 20(1), 60.

Comar, C. G., Queiroz, M. S., de Andrade,

 M. M., Trettel, J. R., & Magalhães, H. M. (2021). Copper modulates the biochemical and enzymatic activity and growth of tomato cultivars grown in vitro. *Agronomy Research*, 19(1), 57–73.


Dreger, M., Mól, R., Deja, A., Raj, E.,


 Mańkowska, G., & Wielgus, K. (2019). Improved plant regeneration in callus cultures of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 55(2), 190–198.


Farahat, E. M. M., & Belo pukhov, S. L.





(2020). Evaluation of The Effect of Chelate Cu Complex At Different Concentration on In Vitro Root of Two Varieties of Grape. *Plant Archives*, 20(2), 9221–9225.


 Harmini, H. (2021). Pemanfaatan tanaman sorgum sebagai pakan ternak ruminansia di lahan kering. *Livestock and Animal Research*, 19(2), 159.

 Khaidir, Usnawiyah, Hendrival, Hafifah, Dewi, E. S., Yusuf, M., & Wirda, Z. (2021). Sorgum Sebagai Pakan Alternatif Dan Sumber Energi Terbarukan Untuk Kemandirian Pangan dan Energi. *Global Science Society*, 3(2), 151–160.

Kurniawan, A. D., & Widoretno, W.  (2016). Regenerasi In Vitro Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Biotropika*, 4(1), 1–4.

 Lestari, E. G., & Dewi, I. S. (2015). SHOOT REGENERATION FROM CALLUS SORGHUM VARIETY KAWALI, MANDAU AND SUPER I FROM CALLUS IRRADIATED. *Seminar Nasional Biosains 2*, 248–257.

 Liu, G., Gilding, E. K., & Godwin, I. D. (2013). Additive effects of three auxins and copper on sorghum in vitro root induction. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 49(2), 191–197.

 Liu, G., Gilding, E. K., & Godwin, I. D. (2015). A robust tissue culture system for sorghum [ *Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *South African Journal of Botany*, 98, 157–160.

Mastuti, R. (2017). *Dasar-Dasar Kultur Jaringan Tumbuhan*. Universitas



Brawijaya Press.

- Maulana, R., Restanto, D. P., & Slameto, S. (2019). PENGARUH KONSENTRASI 2,4 – DICHLOROPHENOXYACETIC ACID (2,4-D) TERHADAP INDUKSI KALUS TANAMAN SORGUM. *JURNAL BIOINDUSTRI*, 1(2), 138–148.
- Mawaddah, S. K., Saputro, N. W., & Lestari, A. (2021). Pemberian Naphthalene Acetic Acid (NAA) dan Kinetin Terhadap Multiplikasi Tunas Tanaman Jahe (*Globba leucantha* var. *bicolor* Holttum) pada Kultur In Vitro. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 23(1), 43–50.
- Muzayyana, L., Hazmi, M., Murtiyaningsih, H., & Arum, L. S. (2020). Optimization of Honey Concentration on In Vitro Sorghum (*Sorghum bicolor* ) Shoot Induction. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 4(2), 106–111.
- Pola, S., Saradamani, N., & Ramana, T. (2007). Enhanced shoot regeneration in tissue culture studies of *Sorghum bicolor*. *Journal of Agricultural Technology*, 3(2), 275–286.
- Sitinjak, M. A., Isda, M. N., & Fatonah, S. (2015). Induksi Kalus dari Eksplan Daun In Vitro Keladi Tikus (*Typhonium* sp.) dengan Perlakuan 2,4-D dan Kinetin. *Al-Kauniah Jurnal Biologi*, 8(1), 32–39.
- Tamimi, S. M., & Othman, H. (2020). Effects of Copper Sulphate on Shoot Multiplication and Rooting of Banana (*Musa acuminata* L.) (In vitro Study). *Asian Journal of Plant Sciences*, 19(3), 200–204.
- Zayed, Z. E., EL-Dawayati, M. M., Hussien, F. A., & Saber, T. Y. (2020). Enhanced in vitro multiplication and rooting of date palm cv. Yellow maktoum by zinc and copper ions. *Plant Archives*.



## **Pengaruh Dosis Pupuk KCl dan Berbagai Level Penyiraman terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Pre-Nursery**

*The Effect of KCl Fertilizer Dosage and Various Watering Levels on the Growth of Oil Palm Seeds (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Pre-Nursery*

Author(s): Moh. Syahrul Munir<sup>(1)\*</sup>; Sholeh Avivi<sup>(1)</sup>; Sigit Soeparjono<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universitas Jember

\* Corresponding author: [munirs93@yahoo.com](mailto:munirs93@yahoo.com)

Submitted: 14 Feb 2022

Accepted: 18 Mar 2022

Published: 31 Mar 2022

### **ABSTRAK**

Faktor iklim yang semakin tidak menentu mengakibatkan berkurangnya ketersediaan air yang berdampak negatif bagi pertumbuhan tanaman. Unsur hara yang dapat berperan untuk meningkatkan kemampuan tanaman saat ketersediaan air tanah rendah adalah unsur kalium (KCl), unsur K merupakan hara esensial yang terlibat dalam menjaga tekanan turgor, mengatur bukaan stomata dan potensial air didalam jaringan tanaman. Tanaman yang memiliki kecukupan unsur K dalam kondisi tercekam kekeringan akan menunjukkan kemampuan pada proses konduktansi stomata, karena bukaan stomata menjadi lebih kecil. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk KCl dan berbagai kadar air media tanah di pembibitan kelapa sawit. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Summersari, Kecamatan Summersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur mulai April hingga September 2021 menggunakan rancangan acak kelompok faktorial. Percobaan dilakukan untuk meneliti pengaruh dosis KCl dan kadar air media terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit, dosis pupuk KCl terdiri dari 4 level yaitu 0 g, 0,4 g, 0,6 g dan 0,8 g setiap tanaman, kadar air media tanah terdiri dari 3 level yaitu 100%, 70% dan 50% dari kapasitas lapang dengan 3 ulangan. Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa tidak terdapat pengaruh nyata dari perlakuan interaksi kadar air media tanah dengan dosis pupuk KCl terhadap semua parameter pertumbuhan. Perlakuan kadar air media tanah berpengaruh nyata untuk parameter parameter tinggi tanaman, jumlah daun, diameter bonggol dan leaf area index. Perlakuan dosis pupuk KCl tidak berpengaruh nyata terhadap semua parameter pertumbuhan.

### **Kata Kunci:**

bibit kelapa sawit;  
kadar air tanah;  
lebar pori stomata;  
pupuk KCl;  
Scanning Electron Microscopy;

### **ABSTRACT**

*The increasingly uncertain climate factors result in reduced water availability which has a negative impact on plant growth. Nutrients that can play a role in increasing the ability of plants when the availability of ground water is low is potassium (KCl), element K is an essential nutrient involved in maintaining turgor pressure, regulating stomatal openings and water potential in plant tissues. Plants that have sufficient K elements in drought stress conditions will show the ability to process stomatal conductance, because the stomata openings become smaller. This research was conducted to determine the effect of KCl fertilizer dose and various soil moisture content in oil palm nurseries. This research was conducted in Summersari Village, Summersari District, Jember Regency, East Java from April to September 2021 using a factorial randomized block design. The experiment was conducted to examine the effect of KCl dose and water content of the media on the growth of oil palm seedlings, the dose of KCl fertilizer consisted of 4 levels, namely 0 g, 0.4 g, 0.6 g and 0.8 g per plant, the water content of the soil media consisted of of 3 levels, namely 100%, 70% and 50% of field capacity with 3 replications. Based on the results of the study, it can be concluded that there is no significant effect of the interaction treatment of soil water content with KCl fertilizer dose on all growth parameters. The water content treatment of the soil media had a significant effect on the parameters of plant height, number of leaves, wee diameter and leaf area index. The treatment dose of KCl fertilizer had no significant effect on all growth parameters.*

### **Keywords:**

oil palm seeds;  
soil water content;  
KCl fertilizer;  
Stomatal pore width  
ScanningElectrone  
Microscopy



## PENDAHULUAN

Faktor iklim yang semakin tidak menentu mengakibatkan berkurangnya ketersediaan air yang dibutuhkan oleh tanaman dan berpengaruh terhadap produktivitas. Menurut Darlan *et al.*, (2016) terjadi penurunan produksi kelapa sawit karena dampak dari kekeringan *el nino* berkisar 30 – 60% dari produktivitas pada umumnya.

Salah satu usaha untuk menanggulangi dampak dari kekurangan ketersediaan air yaitu melalui upaya pendekatan agonomis dengan bentuk pengelolaan hara yang diperlukan bagi keberlanjutan hidup tanaman. Salah satu kebutuhan hara yang dapat berperan sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan tanaman pada saat mengalami kekurangan air salah satunya yaitu unsur kalium (KCl), karena unsur K merupakan hara esensial yang berguna sebagai penentu pertumbuhan tanaman dan juga terlibat dalam proses fisiologi, menjaga tekanan turgor, mengatur bukaan stomata dan potensial air didalam tubuh tanaman. Unsur K berpengaruh untuk meningkatkan ketahanan tanaman pada saat kebutuhan air tidak cukup tersedia, tanaman yang memiliki kecukupan unsur K dalam kondisi tercekam kekeringan akan menunjukkan kemampuan pada proses konduktansi stomata, karena bukaan stomata menjadi lebih kecil (Fauzi & Putra, 2019).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang mengalami periode kekeringan bergantung pada kemampuan stomata untuk mengontrol kehilangan air. Tanaman tercekam kekeringan dengan menutup stomata mereka, mengurangi transpirasi daun dan mencegah kehilangan air yang berlebihan di jaringannya. Pengendalian penutupan stomata daun merupakan mekanisme penting bagi tanaman karena penting untuk akuisisi CO<sub>2</sub> dan pencegahan pengeringan. Potensi air daun dan kadar air menurun secara

substansial saat tanaman tercekam kekeringan (Santi *et al.*, 2018).

Menurut Pirasteh-Anosheh *et al.*, (2016) penutupan stomata adalah reaksi responsif pertama yang mengenai tanaman saat stres kekeringan. Penutupan stomata adalah lebih erat kaitannya dengan kadar air tanah dibandingkan status air daun. Besar kecilnya bukaan stomata diatur oleh tekanan turgor dan volume sel dari sel penjaga. Stomata dapat benar-benar menutup saat mengalami kekeringan sedang hingga parah, tergantung spesies tumbuhan. Diurnal konduktansi stomata pada tanaman yang terkena kekeringan stres menunjukkan nilai tertinggi di pagi hari, menurun menjelang tengah hari, dan hampir konstan sepanjang hari sore. Perubahan jumlah stomata, ukuran, dan kepadatan juga merupakan respon morfologi lainnya untuk stres kekeringan.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dosis pupuk KCl dan kadar air media tanah terhadap pertumbuhan awal bibit kelapa sawit.

## METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di green house Laboratorium Lapang Politeknik Negeri Jember Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember Propinsi Jawa Timur dengan ketinggian 89 m dpl. Pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan April hingga September 2021.

Alat yang digunakan adalah sabit, alat tulis kerja, camera, timbangan analitik, jangka sorong, knapsack solo 15 liter dan hand sprayer, oven, timbangan analitik. Bahan adalah benih sawit varietas DxP socfindo, top soil, pupuk kimia NPK, pupuk KCl (60% K<sub>2</sub>O), babybag, kertas label, fungisida, bakterisida, bedengan, air, bambu.

Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial (3x4) dengan 3 kali ulangan. Perlakuan kedua faktor tersebut dilakukan selama 4 minggu setelah bibit berumur 60 hari. Faktor ke-



satu terdiri 4 level kemudian faktor ke-dua terdiri 3 level dimulai umur 60 HST hingga 79 HST, antara lain:

Faktor ke-satu = dosis pupuk kalium (K) terdiri 4 level dengan teknik pocket:

- $K_0 = 0$  gram/bibit/minggu (kontrol)
- $K_1 = 0,4$  gram/bibit/minggu
- $K_2 = 0,6$  gram/bibit/minggu
- $K_3 = 0,8$  gram/bibit/minggu

Faktor ke-dua = kadar air media tanah (I) yang terdiri dari 3 level yakni:

- $I_1 = 100\%$  dari kapasitas lapang
- $I_2 = 70\%$  dari kapasitas lapang
- $I_3 = 50\%$  dari kapasitas lapang

Data pengamatan dianalisis ragam *Analysis Of Variance* (ANOVA). Jika nilai menunjukkan hasil berbeda nyata, dilakukan uji lanjut dengan uji jarak berganda (*Duncan's Multiple Range Test*) dengan taraf 5%.

Perlakuan kadar air media setelah berumur 60 HST hingga 90 HST. Untuk mempertahankan jumlah air tanah tetap pada kapasitas lapang terhadap masing-masing perlakuan, dilakukan pengukuran dengan menimbang satu per satu polibag

pada sore hari pukul 16.00 WIB dua hari sekali. Selisih hasil berat penimbangan pada tanah basah dipolibag setelah penimbangan dengan berat tanah beserta air didalam polibag yang harus dipertahankan sesuai masing-masing perlakuan merupakan banyaknya kebutuhan air yang harus ditambahkan untuk terciptanya kembali kondisi kadar air media pada kapasitas lapang sesuai perlakuan (Siregar et al., 2017).

Data yang diambil yaitu:

- Indeks luas daun
- Jumlah daun (helai)
- Tinggi tanaman (cm)
- Diameter bonggol (cm)
- Analisis lebar pori bukaan stomata dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengamatan berupa tinggi tanaman, jumlah daun, diameter bonggol dan leaf area index yang selanjutnya dianalisa ragam dan uji lanjut DMRT terangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Analisis Ragam Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit Pengaruh Kadar Air Media Tanah dan Dosis Pupuk KCl.

Table 1. Recapitulation of Variety Analysis on Oil Palm Seed Growth Effect of Soil Moisture Content and KCl Fertilizer Dosage.

Parameter Pengamatan <i>Observation Parameter</i>	Perlakuan <i>Treatment</i>		
	Kadar Air <i>Water Content</i>	Dosis KCl <i>KCl Dosage</i>	Interaksi <i>Interaction</i>
Tinggi Tanaman <i>Plant Height</i>	23,29**	2,93ns	1,25ns
Jumlah Daun <i>Number of leaves</i>	9,90**	1,35ns	0,39ns
Diameter Bonggol <i>Hump Diameter</i>	15,68**	0,29ns	0,51ns
Leaf Area Index <i>Leaf Area Index</i>	18,11**	1,37ns	0,62ns

Keterangan : ns = Berbeda Tidak Nyata (*non significant*); \* = Berbeda Nyata Taraf 5% (*significant*); \*\* = Berbeda Sangat Nyata Taraf 5% (*high significant*)

Tabel 1 menunjukkan bahwa interaksi perlakuan dua faktor antara kadar air media dan dosis KCl menunjukkan pengaruh yang berbeda tidak nyata (*non-significant*), demikian juga perlakuan faktor tunggal dosis KCl menunjukkan pengaruh berbeda tidak nyata (*non-significant*), sedangkan perlakuan kadar air media menunjukkan pengaruh berbeda nyata (*significant*) yaitu pada parameter pengamatan tinggi tanaman pada level perlakuan kadar air media 70% sebesar 23,29, parameter jumlah daun pada level perlakuan kadar air media 70% sebesar 9,90, parameter diameter bonggol pada level perlakuan kadar air media 70% sebesar 15,68 dan leaf area index pada

level perlakuan kadar air media 70% sebesar 18,11.

Secara umum pada umur 90 HST tidak terdapat interaksi perlakuan kadar air media dan dosis KCl, hal ini diduga bahwa bibit kelapa sawit di pre-nursery belum memerlukan tambahan unsur hara melalui pemupukan disebabkan adanya cadangan makanan yang cukup didalam endosperm.

Menurut Nugraha, et al., (2017) pertumbuhan bibit kelapa sawit tidak memerlukan unsur hara yang banyak disebabkan adanya cadangan makanan untuk pertumbuhan di pre-nursery, endosperm pada bibit kelapa sawit akan mulai lepas setelah bibit berumur 9 minggu.

Tabel 2. Analisis Lebar Pori Stomata ( $\mu\text{m}$ ) dengan SEM pada Berbagai Kondisi Kadar Air Media dan Dosis KCl

Table 2. Analysis of Stomata Pore Width ( $\mu\text{m}$ ) with SEM on Various Conditions of Media Moisture Content and KCl Dosage

Kadar Air Water Content	Lebar Pori Stomata Stomata Pore Width
100%	10,95 $\pm$ 1,63
70%	11,89 $\pm$ 4,96
50%	4,94 $\pm$ 2,51
Dosis KCl KCl Dosage	Lebar Pori Stomata Stomata Pore Width
KCl 0 g	10,63 $\pm$ 3,83
KCl 0,4 g	9,33 $\pm$ 2,47
KCl 0,6 g	10,83 $\pm$ 7,90
KCl 0,8 g	9,76 $\pm$ 1,00

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil analisis lebar pori stomata ( $\mu\text{m}$ ) dengan SEM pada berbagai kondisi kadar air media menunjukkan nilai rata-rata tertinggi pada kadar air media 70% sebesar 11,88  $\pm$  4,96 diikuti kadar air media 100% sebesar 10,95  $\pm$  1,63 dan nilai terendah pada kadar air media 50% sebesar 4,94  $\pm$  2,51.

Pada kadar air media 70% kemungkinan kondisi tanaman mulai menunjukkan gejala cekaman kekeringan jika dibandingkan dengan kadar air media 100%, diduga defisit air dalam jaringan tanaman yang tumbuh pada kondisi kadar air media 70% disebabkan karena

permintaan air yang berlebihan oleh daun melebihi laju penyerapan air oleh akar.

Pada kadar air media 50% menunjukkan nilai lebar pori stomata semakin rendah, hal ini diduga pada kadar air media 50% tanaman dalam kondisi stres kekeringan. Kekeringan menyebabkan penutupan stomata untuk mempertahankan kadar air daun setelah mendapatkan isyarat lingkungan, yang pada gilirannya transpirasi menurun dan mempertahankan potensi air daun (Lin et al., 2021).

Menurut (Pirasteh-Anosheh et al., 2016) penutupan stomata adalah reaksi responsif pertama yang terkenal pada tanaman yang mengalami stres kekeringan.

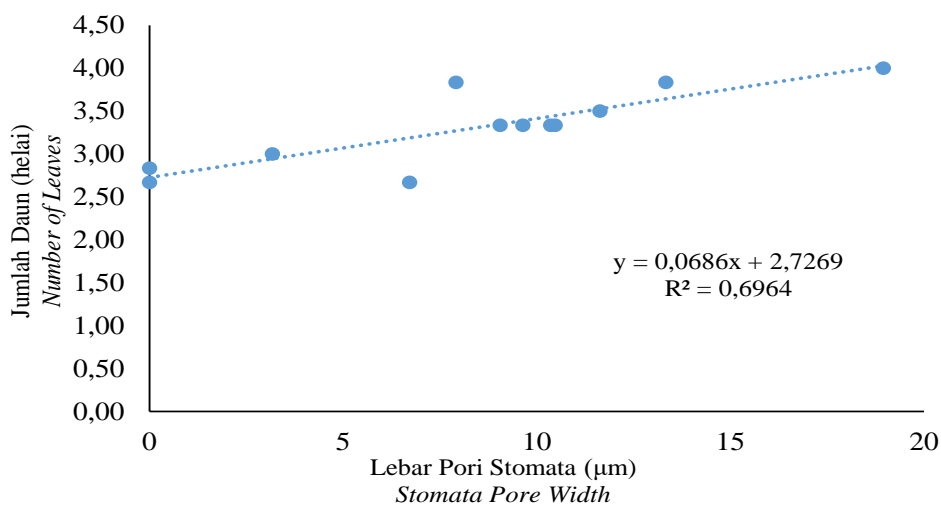
Penutupan stomata adalah lebih erat kaitannya dengan kadar air tanah dibandingkan status air daun. Bibit yang mengalami kekurangan air berakibat pada rendahnya turgor didalam sel, selanjutnya proses fisiologi mengalami penurunan, stomata menutup dan serapan CO<sub>2</sub> oleh daun menurun. Tidak adanya CO<sub>2</sub> dan air dapat menyebabkan menurunnya laju dari fotosintesis yang berdampak pada berkurangnya asupan tanaman untuk pertumbuhan dan mengakibatkan rendahnya proses pembesaran serta pembelahan sel.

Menurut (Jaborova et al., 2021) penutupan stomata bertujuan untuk mencegah agar tanaman tidak kehilangan cairan dalam jumlah banyak pada saat proses transpirasi dengan cara penurunan tekanan osmotik. Bukaannya stomata disesuaikan dengan perubahan bentuk pada

sel penjaga setelah tanaman merasakan isyarat lingkungan, seperti kadar air, konsentrasi CO<sub>2</sub> dan cahaya.

Hasil analisis lebar pori stomata (µm) pada berbagai dosis KCl menunjukkan nilai rata-rata tertinggi pada dosis KCl 0,6 g sebesar 10,83 ± 7,90 diikuti dosis KCl 0 g sebesar 10,63 ± 3,83 dan dosis KCl 0,8 g sebesar 9,76 ± 1,00 nilai terendah pada dosis KCl 0,4 g sebesar 9,33 ± 2,47.

Peningkatan dosis KCl berpengaruh terhadap penurunan nilai lebar pori stomata, hal ini diduga tanaman mengalami keracunan akibat kandungan KCl yang tinggi. Menurut Fauzi dan Putra, (2019) bahwa Cl merupakan unsur hara mikro esensial yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah kecil, jika terlalu besar terkandung didalam tanaman akan bersifat toksik dan mengganggu pertumbuhan, kandungan Cl di dalam tanah meningkat seiring dengan peningkatan dosis KCl.



Gambar 1. Korelasi antara Lebar Pori Bukaannya Stomata dengan Jumlah Daun  
 Figure 1. Correlation between Stomata Opening Pore Width and Number of Leaves

Stomata adalah jendela utama untuk masuknya CO<sub>2</sub> kedalam jaringan tanaman melalui daun yang selanjutnya dapat berpengaruh terhadap kemampuan tanaman dalam melakukan fotosintesis. Daun berhubungan erat dengan nilai lebar pori stomata, jika lebar pori bukannya stomata menurun pada kondisi cekaman

kekeringan akan mengakibatkan terganggunya proses metabolisme didalam jaringan tanaman sehingga diikuti dengan menurunnya pertumbuhan pada tanaman salah satunya penurunan nilai jumlah daun.

Lebar pori bukannya stomata berkorelasi positif dengan nilai jumlah daun, dengan nilai koefisien determinasi

0,6964. Hal ini menunjukkan adanya hubungan antara nilai lebar pori bukaan stomata dengan jumlah daun. Nilai lebar pori bukaan stomata tertinggi interaksi perlakuan (kadar air media 70% + KCl 0,6 g) sebesar  $18,947 \pm 3,242 \mu\text{m}$  dan diikuti nilai parameter jumlah daun sebesar 0,39, meskipun dari hasil analisis sidik ragam menunjukkan berbeda tidak nyata dapat dilihat pada (Tabel 1) diatas.

Penyerapan  $\text{CO}_2$  adalah kemampuan tanaman untuk menyerap  $\text{CO}_2$  melalui pori stomata yang juga dipengaruhi oleh banyaknya jumlah daun sehingga lebar bukaan dan penutupan stomata dapat mempengaruhi pengaturan aktivitas proses fotosintesis melalui daun yang diketahui bahwa tanaman kelapa sawit merupakan tanaman  $\text{C}_4$  dengan menggunakan  $\text{CO}_2$  dalam siklus calvin yang ketersediaanya, pemanfaatan karbon dikendalikan langsung terhadap jumlah ketersediaan  $\text{CO}_2$  dan tidak hanya bergantung ketersediaanya di atmosfer tetapi juga sangat bergantung pada lebar bukaan stomata.

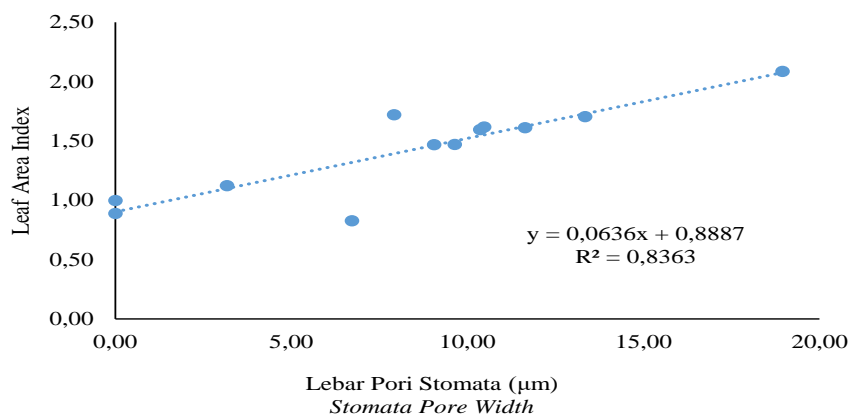
Lebar pori stomata yang rendah mengakibatkan penurunan proses fotosintesis sehingga tidak tersedianya energi akibat rendahnya fotosintesis akan mempengaruhi proses pembelahan serta pemanjangan sel yang dapat menyebabkan ukuran dan jumlah daun berkurang (Rini & Efriyani, 2017).

Penutupan stomata juga salah satu respon yang menunjukkan kemampuan bibit dalam mencegah jumlah kehilangan kandungan air didalam tanaman saat ketersediaan air menurun dan mencegah pengambilan  $\text{CO}_2$  untuk proses fotosintesis, sehingga fotosintesis melalui daun menjadi berkurang dan berdampak pada terhambatnya pertumbuhan bibit

akibat berkurangnya pembentukan energi yang dibutuhkan oleh tanaman. Tinggi rendahnya transpirasi dapat dilihat dari ukuran lebar bukaan stomata yang diakibatkan adanya perbedaan tekanan turgor terhadap sel penutup. Stomata dapat benar-benar menutup dalam kekeringan sedang hingga parah, tergantung spesies tumbuhan. Membukanya stomata pada tanaman yang terkena stres kekeringan menunjukkan nilai tertinggi di pagi hari, menurun menjelang tengah hari, dan hampir konstan sepanjang hari sore. Perubahan jumlah stomata, ukuran, dan kepadatan juga merupakan respon morfologi lainnya untuk stres kekeringan. Meningkatnya resistensi stomata di bawah tingkat stres menunjukkan efisiensi suatu spesies untuk menghemat air. Meskipun penutupan stomata adalah respon yang umum terhadap stres kekeringan di sebagian besar spesies tanaman (Pirasteh-Anosheh et al., 2016).

Kadar air berhubungan erat dengan tekanan turgor pada daun, konduktansi stomata serta laju pertumbuhan tanaman (Yang et al., 2021).

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang mengalami periode kekeringan bergantung pada kemampuan stomata untuk mengontrol kehilangan air. Tanaman merespon kekeringan dengan menutup stomata mereka, yang mengurangi transpirasi daun dan mencegah kehilangan air yang berlebihan di jaringannya. Pengendalian penutupan stomata daun merupakan mekanisme penting bagi tanaman karena penting untuk akuisisi  $\text{CO}_2$  dan pencegahan pengeringan. Potensi air daun dan kadar air menurun secara substansial saat tanaman terkena kekeringan (Santi et al., 2018).



Gambar 2. Korelasi antara Lebar Pori Bukaan Stomata dengan Leaf Area Index (LAI)  
 Figure 2. Correlation between Stomata Opening Pore Width and Leaf Area Index (LAI)

Indeks luas daun digunakan untuk mengetahui kondisi daun berkaitan dengan penyerapan radiasi matahari melalui stomata pada proses fotosintesis, maka luas daun dan lebar pori stomata sangat penting untuk mengetahui pertumbuhan tanaman. Lebar pori bukaan stomata berpengaruh terhadap indeks luas daun dan berkaitan erat dengan siklus energi tanaman serta kemampuan dalam menangkap karbon. Saat terjadi penurunan nilai lebar pori stomata maka akan diikuti dengan penurunan indeks luas daun sebagai mekanisme respon perubahan lingkungan seperti pada tanaman yang mengalami cekaman kekeringan.

Lebar pori bukaan stomata berkorelasi positif dengan leaf area index, dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,8363. Hal ini menggambarkan adanya hubungan nilai lebar pori bukaan stomata dengan dengan leaf area index. Lebar bukaan stomata tertinggi interaksi perlakuan (kadar air media 183,4 ml 70% + 0,6 g) sebesar  $18,947 \pm 3,242 \mu\text{m}$  dan diikuti nilai parameter leaf area index sebesar 0,62 meskipun dari analisis sidik ragam pada interaksi perlakuan didapatkan hasil berbeda tidak nyata dapat dilihat pada (Tabel 1) diatas.

Indeks luas daun dianggap sangat berperan untuk memprediksi pertumbuhan dan tanggapan tanaman terhadap perbedaan kondisi lingkungan yang diikuti

dengan menurunnya nilai lebar pori stomata. Luas daun memiliki sifat yang penting dikarenakan berpengaruh terhadap alokasi biomasa pada bibit selama masa pertumbuhannya, tetapi individu tanaman yang berbeda memiliki rasio variabel masa kering daun terhadap masa segar dikarenakan kadar air pada daun tidak sejalan dengan peningkatan masa kering daun (Yang et al., 2021).

Parameter LAI dapat dijadikan cerminan dari besarnya luas bagian yang melakukan proses fotosintesis, jika nilai luas daun meningkat bersamaan dengan lebar pori stomata maka akan diikuti dengan meningkatnya fotosintesis sehingga diikuti dengan bertambahnya pertumbuhan pada tanaman (Ariyanti et al., 2018).

Konstanta (k) merupakan nilai yang memperlihatkan luasan membentuk pola daun dalam dimensi persegi panjang terhadap panjang dan lebar. Pertumbuhan luas kanopi pada bibit kelapa sawit sangat berkaitan untuk mengetahui banyaknya cahaya matahari yang diserap yang selanjutnya dibuah menjadi energi, besarnya LAI pada bibit sawit tergantung dari luas daun dan satuan tanaman per luasan areal dipembibitan. LAI menggambarkan kemampuan bibit dalam melakukan fotosintesis, besaran LAI tergantung setiap individu bibit pada luas rata-rata daun dan kerapatan tanaman.

Luasnya daun bibit kelapa sawit akan menunjukkan kemampuan untuk mengintersepsi cahaya matahari lebih baik sehingga berdampak pada meningkatnya fotosintesis, kadar air pada tanah juga mempengaruhi kondisi daun.

Menurut Anaba et al. (2020) bahwa perlakuan frekuensi penyiraman yang rendah dapat berpengaruh negatif pada parameter pengamatan morfologi pertumbuhan. Kekurangan air berakibat pada aktifitas fisiologi, ketersediaan air berpengaruh terhadap nilai parameter LAI yang mengakibatkan mengecilnya nilai LAI untuk menjaga kehilangan kandungan

air didalam bibit dan berdampak pada mengecilnya bukaan stomata yang dapat dilihat (Tabel 3) dibawah.

Menurut Jasmi (2016) bahwa pengaruh nyata akibat cekaman kekeringan adalah tanaman meminimalkan kehilangan air salah satunya dengan mengecilnya ukuran daun. Parameter LAI dapat dijadikan cerminan dari besarnya bagian proses fotosintesis, jika nilai LAI meningkat akan diikuti dengan meningkatnya fotosintesis sehingga diikuti dengan bertambahnya pertumbuhan pada tanaman (Ariyanti et al., 2018).

Tabel 3. Rekapitulasi Pengukuran Lebar Pori Bukaan Stomata pada Interaksi Perlakuan  
 Table 3. Recapitulation of stomata pore width measurements in combination treatments

Interakis Kadar Air Media + Dosis KCl <i>Interaction of Media Moisture Content + KCl Dose</i>	Rata-Rata Lebar Pori Bukaan Stomata (µm) <i>Stomata Opening Mean Pore Width (µm)</i>
262 ml + 0 g KCl	13,34 ± 5,572
262 ml + 0,4 g KCl	9,64 ± 2,037
262 ml + 0,6 g KCl	10,36 ± 4,497
262 ml + 0,8 g KCl	10,47 ± 4,458
183,4 ml + 0 g KCl	7,92 ± 2,002
183,4 ml + 0,4 g KCl	11,64 ± 2,616
183,4 ml + 0,6 g KCl	18,95 ± 3,242
183,4 ml + 0,8 g KCl	9,05 ± 4,122
131 ml + 0 g KCl	0,00 ± 0,000
131 ml + 0,4 g KCl	6,72 ± 1,847
131 ml + 0,6 g KCl	3,17 ± 1,991
131 ml + 0,8 g KCl	0,00 ± 0,000

Keterangan : hasil pemindaian 500x pembesaran (200 µm); scan result 500x magnification (200 µm)

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil analisis lebar pori stomata dengan SEM (scanning electron microscope) interaksi perlakuan kadar air media tanah dengan dosis pupuk KCl, nilai rata-rata tertinggi yaitu interaksi perlakuan kadar air media 183,4 ml 70% + KCl 0,6 g/tanaman sebesar 18,947 ± 3,242 µm, dua perlakuan interaksi menunjukkan hasil stomata menutup dengan nilai 0 pada perlakuan interaksi kadar air media tanah 131 ml 50% + KCl 0,8 g dan kadar air media tanah 131 ml 50% + KCl 0 g.

Menurut Yang et al. (2021) bahwa kadar air daun berhubungan erat dengan

tekanan turgor pada daun, konduktansi stomata serta laju pertumbuhan tanaman. Hal ini sejalan menurut Taluta et al. (2017) bahwa ukuran stomata yang tinggi dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman akibat adanya proses pembentukan energi. Penutupan stomata juga salah satu respon yang menunjukkan kemampuan bibit dalam mencegah jumlah kehilangan kandungan air didalam tanaman saat ketersediaan air menurun dan mencegah pengambilan CO<sub>2</sub> untuk proses fotosintesis, sehingga fotosintesis menjadi berkurang dan berdampak pada terhambatnya pertumbuhan bibit akibat

berkurangnya pembentukan energi yang dibutuhkan oleh tanaman. Tinggi rendahnya transpirasi juga dapat dilihat dari ukuran lebar bukaan stomata yang diakibatkan adanya perbedaan tekanan turgor terhadap sel penutup. Meningkatnya resistensi stomata di bawah tingkat stres menunjukkan efisiensi suatu spesies untuk menghemat air. Meskipun penutupan stomata adalah respons yang umum terhadap stres kekeringan di sebagian besar spesies tanaman. Kalium memiliki beberapa peranan penting bagi tanaman, diantaranya yaitu proses pembukaan dan penutupan stomata, efisiensi penggunaan air (ketahanan terhadap kekeringan). Peranan unsur kalium (K) didalam tubuh bibit kelapa sawit berkaitan juga terhadap proses suatu reaksi biofisika, saat terjadi proses biofisika, unsur K berguna sebagai pengatur tekanan osmosis dan juga tekanan turgor, pada gilirannya dapat mempengaruhi terjadinya proses perkembangan dan pertumbuhan sel serta menutup dan membukanya bagian stomata. Ketersediaan unsur K yang cukup didalam bibit dapat mempertahankan ketersediaan air didalam jaringannya, karena kondisi bibit tersebut mampu menyerap lengas dari tanah serta mengikat air mengakibatkan bibit akan lebih tahan terhadap ketersediaan air yang sedikit. Jika kekurangan unsur K pada bibit, berakibat pada proses pengangkutan karbohidrat yang berasal dari daun ke seluruh organ yang lainnya menjadi terhambat kemudian hasil fotosintesis itu sendiri (Sanjaya et al., 2018).

Menurut Qi et al. (2019) perubahan morfologi terjadi secara serempak, disertai dengan perubahan kandungan  $K^+$  di bawah cekaman kekeringan. Panjang, luas permukaan, dan volume semuanya menurun di bawah cekaman kekeringan. Perubahan morfologi ini mengurangi tingkat serapan  $K^+$  sebagaimana dibuktikan dalam pengurangan luas permukaan serapan  $K^+$ .

Pemberian dosis pupuk KCl dalam jumlah yang besar bersamaan dengan kurangnya kadar air media tanah sebagai pelarut akan berdampak pada terganggunya pertumbuhan akibat sifat racun dari unsur Cl bagi bibit kelapa sawit. Menurut Fauzi & Putra, (2019) bahwa pemakaian dosis pupuk KCl secara berlebihan dikhawatirkan berakibat pada keracunan bagi bibit kelapa sawit.

Aplikasi kalium melalui akar lebih tinggi menunjukkan bahwa peningkatan fungsi stomata pada aplikasi K memungkinkan sintesis karbohidrat, sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman di bawah tekanan air (Bahrami-Rad & Hajiboland, 2017).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dengan judul pengaruh dosis pupuk KCl dan kadar air media tanah terhadap pertumbuhan awal bibit kelapa sawit dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Tidak terdapat pengaruh nyata dari perlakuan interaksi kadar air media dengan dosis pupuk KCl terhadap semua parameter pertumbuhan awal bibit kelapa sawit.
2. Perlakuan kadar air media tanah berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan awal bibit kelapa sawit untuk parameter tinggi tanaman, jumlah daun, diameter bonggol dan leaf area index.
3. Perlakuan dosis pupuk KCl tidak berpengaruh nyata terhadap semua parameter pertumbuhan awal bibit kelapa sawit.

## DAFTAR PUSTAKA

Anaba, B. D., Yemefack, M., Abossolo-Angue, M., Ntsomboh-Ntsefong, G., Bilong, E. G., Ngando Ebongue, G. F., & Bell, J. M. (2020). Soil Texture and Watering Impact on Pot Recovery

- Of Soil-Stripped Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Seedlings. *Heliyon*, 6(10).
- Ariyanti, M., Dewi, I. R., Maxiselly, Y., & Chandra, Y. A. (2018). Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Dengan Komposisi Media Tanam Dan Interval Penyiraman Yang Berbeda. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 26(1), 11–22.
- Bahrami-Rad, S., & Hajiboland, R. (2017). Effect Of Potassium Application in Drought-Stressed Tobacco (*Nicotiana rustica* L.) Plants: Comparison of Root with Foliar Application. *Annals of Agricultural Sciences*, 62(2), 121–130.
- Darlan, N. H., Pradiko, I., & Siregar, H. H. (2016). Dampak El Nino 2015 Terhadap Performa Tanaman Kelapa Sawit di Bagian Selatan Sumatera (Effect of El Nino 2015 on Oil Palm Performance in Southeastern Part of Sumatera). *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 40(2), 113–120.
- Fauzi, W. R., & Susila Putra, E. T. (2019a). Dampak Pemberian Kalium dan Cekaman Kekeringan Terhadap Serapan Hara dan Produksi Biomassa Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 27(1), 41–56.
- Fauzi, W. R., & Susila Putra, E. T. (2019b). Dampak Pemberian Kalium dan Cekaman Kekeringan Terhadap Serapan Hara dan Produksi Biomassa Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 27(1), 41–56.
- Jaborova, D., Annapura, K., Al-Sadi, A. M., Alharbi, S. A., Datta, R., & Zuan, A. T. K. (2021). Biochar And Arbuscular Mycorrhizal Fungi Mediated Enhanced Drought Tolerance In Okra (*Abelmoschus esculentus*) Plant Growth, Root Morphological Traits And Physiological Properties. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(10), 5490–5499.
- Jasmi. (2016). Pengaruh Pemupukan Kalium Terhadap Kelakuan Stomata dan Ketahanan Kekeringan. *J. Agrotek Lestari*, 2(2), 47–53.
- Lin, P.-A., Chen, Y., Ponce, G., Acevedo, F. E., Lynch, J. P., Anderson, C. T., ... Felton, G. W. (2021). Stomata-Mediated Interactions Between Plants, Herbivores, And the Environment. *Trends in Plant Science*, xx(xx), 1–14.
- Nugraha, D. (2017). Kajian Peran Endosperm Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Pre-Nursery. *Jurnal Agromast*, 2(1), 58–66.
- Pirasteh-Anosheh, H., Saed-Moucheshi, A., Pakniyat, H., & Pessaraki, M. (2016). *Stomatal Responses To Drought Stress. Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach* (Vol. 1–2).
- Qi, J., Sun, S., Yang, L., Li, M., Ma, F., & Zou, Y. (2019). Potassium Uptake and Transport in Apple Roots Under Drought Stress. *Horticultural Plant Journal*, 5(1), 10–16.
- RINI, M. V., & EFRIYANI, U. (2017). Respons Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Terhadap Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular dan Cekaman Air. *E-Journal Menara Perkebunan*, 84(2), 107–116.
- Sanjaya, Ari. Prajaka, Juniar. Aini, Nur. Soerawidjadja, T. (2018). Penentuan



Kadar Kalium dalam Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit Daerah Tepian Langsung Kutai Timur dengan Metode Ekstraksi. *Jurnal Integrasi Proses*, 7(1), 7–12.

Santi, L. P., Nurhaimi-Haris, & Mulyanto, D. (2018). Effect Of Bio-Silica On Drought Tolerance In Plants. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 183).

Siregar, S. R., Zuraida, & Zuyasna. (2017). Pengaruh Kadar Air Kapasitas Lapang Terhadap Pertumbuhan Bebrapa Genotipe m<sup>3</sup> Kedelai. *Journal of Chemical Information and*

*Modeling*, 53(9), 1689–1699.

Taluta, H. E., Rampe, H. L., & Rumondor, M. J. (2017). Pengukuran Panjang dan Lebar Pori Stomata Daun Beberapa Varietas Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal MIPA*, 6(2), 1.

Yang, K., Chen, G., Xian, J., Yu, X., & Wang, L. (2021). Scaling Relationship Between Leaf Mass and Leaf Area: A Case Study Using Six Alpine Rhododendron Species in The Eastern Tibetan Plateau. *Global Ecology and Conservation*, 30(May), e01754.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## Variasi Kerentanan dan Kerusakan Serealia setelah Infestasi Hama Kumbang Bubuk (*Sitophilus oryzae* L.) Berdasarkan Kadar Air

*Variations of Susceptibility and Damage Cereals after Infestation Rice Weevil (*Sitophilus oryzae* L.) based on Moisture Content*

Author(s): Hendrival<sup>(1)\*</sup>; Rika Khairunnisa<sup>(1)</sup>; Muhammad Muaz Munauwar<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh

<sup>(2)</sup> Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Samudra

\* Corresponding author: [hendrival@unimal.ac.id](mailto:hendrival@unimal.ac.id)

Submitted: 9 Oct 2021

Accepted: 5 Nov 2021

Published: 30 Mar 2022

### ABSTRAK

Hama kumbang bubuk, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) merupakan hama primer dan menyebabkan kerusakan yang berbeda pada serealia sehingga menentukan tingkat kerentanannya selama penyimpanan. Kerusakan serealia selama di penyimpanan dipengaruhi oleh kadar air. Tujuan penelitian yaitu mempelajari perbedaan kadar air dan jenis serealia serta interaksinya terhadap kerentanan dan kerusakannya setelah diinfestasi *S. oryzae*. Penelitian dilaksanakan dalam bentuk faktorial pola Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan jenis serealia dan kadar air. Perlakuan kadar air yaitu 12% dan 14%, sedangkan jenis serealia yaitu sorgum, beras putih, beras ketan hitam, beras ketan putih, dan jagung. Parameter pengamatan yaitu jumlah F1, median waktu perkembangan, indeks kerentanan, dan susut berat serealia. Analisis data hasil penelitian menggunakan analisis ragam dan Duncan's Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 0,05. Untuk mengukur kekuatan hubungan antar parameter pengamatan ditentukan dengan analisis korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air 14% dapat meningkatkan jumlah F1, indeks kerentanan, susut berat serealia serta median waktu perkembangan yang singkat. Kategori kerentanan serealia bervariasi dari moderat sampai sangat rentan. Jumlah F1, indeks kerentanan, susut berat paling tinggi dan median waktu perkembangan paling singkat dijumpai pada beras ketan hitam. Beras ketan hitam dengan kadar air 12 dan 14% dapat meningkatkan jumlah F1, indeks kerentanan, susut berat serealia serta median waktu perkembangan yang singkat serta kerentanannya tergolong rentan-sangat rentan sampai sangat rentan.

### Kata Kunci:

Hama  
Kumbang  
Bubuk;  
Kadar air;  
Kerentanan;  
Serealia;  
*Sitophilus oryzae*;

### ABSTRACT

#### Keywords:

Cereals;  
Moisture  
content;  
Rice weevil;  
*Sitophilus oryzae*;  
Susceptibility;

The rice weevil, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), is a primary pest and causes further damage to cereals, thus determining the level of susceptibility during storage. Damage to cereals during storage is influenced by moisture content. The research aim was to study different moisture content and types of cereals and their interaction with susceptibility and damage after infestation of *S. oryzae*. The research has arranged in factorial with a completely randomized design and treatment of type cereals and moisture content. The treatment's moisture content is 12 and 14%, while type cereals were sorghum, white rice, black glutinous rice, white glutinous rice, and corn. Parameters observation is number of F1, median time development, index susceptibility, and cereal weight loss. Analysis data research using analysis of variance (ANOVA) and Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a level of 0.05. Measurement strength relationship between parameters observation determined by analysis correlation. The results showed that a water content 14% could increase number of F1, index susceptibility, cereal weight loss, and median time development a short. Categories susceptibility Cerealia varied from moderate to very susceptible. Number of F1, index susceptibility, weight loss highest, and fastest median time development found at black glutinous rice. Black glutinous rice with a moisture content of 12 and 14% can increase number of F1, index susceptibility, cereal weight loss, and median time development short and susceptibility are classified as susceptible-very susceptible to very susceptible.



## PENDAHULUAN

Serealia seperti sorgum, beras, dan jagung merupakan anggota dari famili Poaceae (Gramineae) dan memiliki kandungan karbohidrat serta protein sebagai sumber makanan pokok bagi masyarakat di dunia. Serealia juga digunakan sebagai bahan untuk memproduksi pakan ternak, minyak, tepung, pati, gula, sirup, makanan olahan, gluten dan energi terbarukan (Bhargude et al., 2021). Sorgum tergolong komoditas yang dapat dikembangkan untuk mendukung program diversifikasi pangan dan energi di Indonesia, sedangkan beras merupakan bahan makanan utama bagi penduduk Indonesia. Jagung merupakan sumber karbohidrat dan protein serta serat pangan yang tinggi. Jagung berpotensi sebagai bahan pangan alternatif pengganti beras di Indonesia (Lalujan et al., 2017).

Penanganan pascapanen serealia merupakan rantai penting dalam budidaya tanaman. Tahapan pascapanen mencakup pemanenan, perontokan, pembersihan, pengeringan, penyimpanan, dan pengolahan menjadi bahan lainnya. Kegiatan penyimpanan merupakan rangkaian tahapan proses pascapanen yang bertujuan untuk mempertahankan jumlah dan mutu serealia sampai menunggu proses selanjutnya. Penyimpanan umumnya dilakukan setelah biji dikeringkan sampai jangka waktu yang lama. Penyimpanan serealia bermanfaat untuk menjaga ketersediaan pangan terhadap kegagalan panen dan bencana (Hendrival & Muetia, 2016). Selama proses penyimpanan, serealia dapat mengalami penurunan kualitas dan kuantitas yang disebabkan oleh serangan hama pascapanen (Hendrival & Melinda, 2017; Hendrival et al., 2019a).

Hama kumbang bubuk, *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) merupakan hama primer dan menyebabkan kerusakan pada komoditas serealia di negara-negara Asia (Zunjare et al., 2016).

Kerusakan serealia meliputi penyusutan berat dan perubahan kimiawi serta kontaminasi oleh racun kimiawi (mikotoksin). Hama ini diketahui sebagai serangga polifag yang merusak beras, sorgum, gandum, dan jagung di penyimpanan (Longstaff, 1981) Larva dan imago *S. oryzae* merusak endosperm beras sehingga mengurangi bobot serealia, penurunan kandungan karbohidrat, protein, dan vitamin serta mengurangi viabilitas pada benih serta membuat serealia rentan terhadap kontaminasi tungau dan cendawan (Gvozdenac et al., 2020; Okpile et al., 2021). Hama kumbang bubuk memiliki tingkat preferensi yang berbeda pada serealia sehingga menentukan tingkat kerentanan selama penyimpanan.

Kerusakan serealia selama di penyimpanan dipengaruhi oleh kadar air. Kadar air merupakan faktor penting dalam keberlangsungan hidup imago, apabila semakin tinggi kadar air pada serealia maka semakin tinggi tingkat perkembangannya (Booroto et al., 2017). Kerusakan yang terjadi selama penyimpanan jagung akibat serangan *S. zeamais* dipengaruhi oleh kadar air jagung. Kadar air yang tinggi pada beras menyebabkan tekstur dari beras menjadi lebih lunak yang akan mempermudah larva dan imago *S. oryzae* untuk merusak beras dan perkembangan progeninya. Kadar air juga dapat mempengaruhi kerentanan serealia di penyimpanan (Suleiman et al., 2015). Hendrival et al. (2018) menemukan bahwa kadar air awal dari beras lokal di Dataran Tinggi Gayo mempengaruhi kerentanannya selama penyimpanan. Caneppele et al. (2003) menyatakan bahwa peningkatan kadar air jagung mengakibatkan peningkatan persentase kehilangan bobot jagung akibat serangan hama *S. zeamais*.

Upaya menghindari dan menekan kerugian akibat serangan *S. oryzae* selama penyimpanan dapat dilakukan dengan menerapkan sistem Pengelolaan Hama

Gudang Terpadu (PHGT). Komponen PHGT didasarkan kepada tindakan pencegahan, monitoring, dan pengendalian. Pemeriksaan kualitas awal komoditas mencakup pemeriksaan terhadap kadar air awal komoditas. Informasi tentang hubungan kadar air dengan kerentanan dan kerusakan sereal masih terbatas ketersediaannya, sehingga perlu dilakukan penelitian terhadap masalah tersebut. Tujuan penelitian yaitu mempelajari perbedaan kadar air dan jenis sereal serta interaksinya terhadap kerentanan dan kerusakannya setelah diinfestasi *S. oryzae*.

## METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama dan Penyakit Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh dari Juni sampai September 2020. Kegiatan penelitian meliputi pembiakan dan infestasi *S. oryzae*, penentuan indeks kerentanan dan kerusakan sereal.

### Pembiakan dan infestasi *S. oryzae*.

Pembiakan serangga *S. oryzae* berdasarkan metode (Hendrival & Muetia, 2016). Pembiakan dilakukan pada stoples plastik bening dengan ukuran tinggi 12 cm dan diameter 15 cm serta dilengkapi dengan tutup yang dilubangi dan diberikan kain kasa untuk aerasi. Imago diinfestasikan ke dalam stoples plastik dengan tingkat kepadatan populasi 40 pasang imago dengan 250 g beras merah. Pembiakan dilakukan selama empat minggu sesuai dengan siklus hidupnya. Pengayakan beras dilakukan untuk memisahkan 40 pasang imago dari media beras setelah empat minggu disimpan. Media beras tersebut diinkubasikan kembali sampai muncul imago yang kemudian disimpan pada media beras merah yang baru. Pemanenan imago dilakukan dengan pengayakan beras merah setiap hari hingga didapatkan jumlah

imago dengan umur yang diketahui. Imago yang digunakan untuk penelitian berumur 7–15 hari karena telah mencapai kematangan seksual dan dapat memproduksi telur secara maksimal. Sereal yang digunakan dalam penelitian sebanyak 200 g dimasukkan ke dalam stoples plastik (tinggi 12 cm dan diameter 15 cm) serta pada tutup stoples plastik diberi kain kasa sebagai aerasi. Imago dari hasil pembiakan diinfestasikan dengan tingkat populasi awal yaitu 10 pasang imago ke dalam 200 g sereal dengan kadar air awal mencapai 12% dan 14%. Sereal dan imago disimpan selama 60 hari pada kondisi laboratorium.

### Penentuan Kerentanan Sereal.

Kerentanan sereal ditentukan berdasarkan indeks kerentanan dengan menggunakan metode Dobie (1974) yang berdasarkan jumlah pada F1 dan median waktu perkembangan kumbang bubuk. Jumlah F1 dihitung setelah sereal dan imago diinkubasi selama dua minggu. Imago tersebut dikeluarkan dari stoples penelitian dan dihitung setiap harinya sampai 60 hari setelah infestasi. Penghitungan median waktu perkembangan dilakukan setiap hari sejak periode oviposisi yaitu 10 hari setelah infestasi sampai kemunculan 50% imago baru dari populasi awal. Klasifikasi kategori kerentanan sereal berdasarkan nilai indeks kerentanan yaitu resisten (0–3), moderat (4–7), rentan (8–10), dan sangat rentan (>11). Indeks kerentanan Dobie dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Indeks kerentanan} = 100 \times \frac{(\text{Log}_e F)}{D}$$

Keterangan:

F = total jumlah tutunan pertama yang muncul

D = median waktu perkembangan

### Pengukuran Kerusakan Serealia.

Susut berat serealia merupakan parameter untuk mengetahui tingkat kerusakan serealia akibat aktivitas makan dari larva dan imago *S. oryzae* selama penyimpanan. Pengamatan susut berat dilakukan setelah serealia disimpan selama 60 hari. Pengukuran persentase susut berat serealia dengan rumus persentase susut berat = [(berat awal-berat akhir)/berat awal] x 100%.

### Rancangan Penelitian dan Analisis

**Data.** Penelitian dilaksanakan dalam bentuk penelitian faktorial yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan kadar air awal yaitu 12 dan 14%, sedangkan jenis serealia yaitu sorgum, beras putih, beras ketan hitam, beras ketan putih, dan jagung. Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 30 satuan unit percobaan. Analisis ragam digunakan untuk menganalisis data jumlah F1, median waktu perkembangan, indeks

kerentanan, dan susut berat serealia. Perbandingan nilai tengah perlakuan ditentukan berdasarkan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 0,05. Pengukuran kekuatan hubungan antar parameter pengamatan ditentukan dengan analisis korelasi.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh dari kadar air dan jenis serealia terhadap jumlah turunan pertama (F1), median waktu perkembangan hama kumbang bubuk, indeks kerentanan, persentase susut berat serealia dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kadar air dan jenis serealia berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah F1, median waktu perkembangan, indeks kerentanan, dan persentase susut berat serealia. Interaksi antara faktor kadar air dan jenis serealia juga berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah F1, median waktu perkembangan, indeks kerentanan, dan persentase susut berat serealia.

Tabel 1. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh kadar air dan jenis serealia terhadap jumlah F1, median waktu perkembangan, indeks kerentanan, dan susut berat serealia

*Table 1. Recapitulation analysis of variance effects moisture content and cereal types on number F1, median time development, index susceptibility, and weight loss cereal*

Parameter <i>Parameter</i>	Kadar Air <i>Moisture Content</i>	Jenis Serealia <i>Cereal Types</i>	Kadar Air x Jenis Serealia <i>Moisture Content x Cereal Types</i>	Koefisien Keragaman (%) <i>Coefficient of Variation (%)</i>
Jumlah F1	362,36**	1021,89**	35,36**	6,17
Median waktu perkembangan	32,14**	94,64**	3,93*	1,65
Indeks kerentanan	208,02**	510,31**	5,31**	2,56
Persentase susut berat	203,75**	597,85**	9,26**	7,12

Keterangan: nilai F kadar air pada taraf 0,05 = 4,35 dan 0,01 = 8,10 serta jenis serealia pada taraf 0,05 = 2,87 dan 0,01 = 4,43. Nilai F tabel interaksi kadar air dengan jenis serealia pada taraf 0,05 = 2,87 dan 0,01 = 4,43. \*\* = Berbeda sangat nyata dan \* = Berbeda nyata

*Note: value of F from moisture content at level 0,05 = 4.35 and 0.01 = 8.10 and type cereal at level 0.05 = 2.87 and 0.01 = 4.43. The F value interaction of moisture content with cereal types at level of 0.05 = 2.87 and 0.01 = 4.43. \*\* = statistically highly significant and \* = statistically significant*

### Evaluasi Kerentanan Serealia

Kerentanan serealia selama penyimpanan dengan kadar air berbeda

ditentukan berdasarkan jumlah F1 dan median waktu perkembangan *S. oryzae*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa

jumlah F1 paling banyak dijumpai pada serealida dengan kadar air 14% yaitu 710,80 imago/200 g, sedangkan pada kadar air 12% hanya mencapai 459,67 imago/200 g. Jenis serealida juga diketahui dapat meningkatkan jumlah F1 pada beras ketan hitam yaitu 1165 imago/200 g yang berbeda nyata dibandingkan dengan serealida lainnya, sedangkan paling rendah dijumpai pada jagung yang hanya mencapai 98 imago/200 g. Jumlah F1 pada beras putih juga menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan beras ketan putih. Jumlah F1 pada sorgum mencapai 455,50

imago/200 g. Dampak interaksi antara kadar air dan jenis serealida juga terjadi terhadap jumlah F1. Jumlah F1 paling banyak dijumpai pada beras ketan hitam yang disimpan dengan kadar air 12 dan 14% yaitu 913 dan 1417 imago/200 g. Jumlah F1 paling rendah justru dijumpai pada jagung dengan kadar air 12 dan 14% yaitu 55,67 dan 140,33 imago/200 g. Beras putih yang disimpan dengan kadar air 12 dan 14% juga menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah F1 dibandingkan dengan beras ketan putih dan sorgum (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh kadar air dan jenis serealida serta interaksinya terhadap jumlah F1, median waktu perkembangan, dan susut berat serealida

Table 2. Effect of moisture content, cereal types, and interaction its on number of F1, median time development, and weight loss cereal

Perlakuan <i>Treatment</i>	Jumlah F1 (Imago/200 g) <i>Number F1</i> (Imago/200 g)	Median Waktu Perkembangan (hari) <i>Median Time</i> <i>Development (day)</i>	Persentase Susut Berat <i>Percentage</i> <i>Weight Loss</i>
Kadar air			
12%	459,67 b	29,66 a	3,75 b
14%	710,80 a	28,66 b	5,46 a
Jenis serealida			
Sorgum	455,50 c	30,83 a	3,27 c
Beras putih	990 b	27,83 c	7,18 b
Beras ketan hitam	1165 a	26,83 d	8,88 a
Beras ketan putih	217,67 d	29 b	2,65 d
Jagung	98 e	31,33 a	1,07 e
Jenis serealida + kadar air			
Sorgum + kadar air 12%	398,33 f	31,33 a	2,39 f
Beras putih + kadar air 12%	814 d	29 c	5,70 c
Beras ketan hitam + kadar air 12%	913 c	27 d	8,24 b
Beras ketan putih + kadar air 12%	117,33 h	29,33 c	1,75 g
Jagung + kadar air 12%	55,67 i	31,66 a	0,69 h
Sorgum + kadar air 14%	512,67 e	30,33 b	4,15 d
Beras putih + kadar air 14%	1166 b	27,66 d	8,66 b
Beras ketan hitam + kadar air 14%	1417 a	26,66 d	9,52 a
Beras ketan putih + kadar air 14%	318 g	28,66 c	3,56 e
Jagung + kadar air 14%	140,33 h	31 ab	1,44 g

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

Note: numbers followed by same letter show not significantly different according to DMRT test at level 5%

Kadar air dan jenis serealida secara mandiri juga mempengaruhi median waktu

perkembangan *S. oryzae*. Kadar air 14% menyebabkan median waktu

perkembangan paling singkat yaitu 28,66 hari, sedangkan kadar air 12% mencapai 29,66 hari. Perkembangan *S. oryzae* dipengaruhi oleh jenis sereal sebagai sumber makanannya. Median waktu perkembangan paling singkat dijumpai pada beras putih dan ketan hitam yaitu 26,83 dan 27,83 hari yang berbeda nyata dengan jenis sereal yang lainnya. Median paling lama dijumpai pada jagung yaitu 31,33 hari, sedangkan pada sorgum dan beras ketan putih mencapai 29 dan 30,83 hari. Interaksi antara kadar air dan jenis sereal secara nyata juga mempengaruhi median waktu perkembangan. Penyimpanan jagung dengan kadar air 12 dan 14% menyebabkan median waktu perkembangan paling lama yaitu 31,66 dan 31 hari. Median waktu perkembangan paling singkat terjadi pada beras ketan hitam yang disimpan dengan kadar air 12 dan 14% (Tabel 2).

Pengukuran tingkat kerentanan sereal terhadap serangan hama *S. oryzae* ditentukan dengan menghitung nilai indeks kerentanan berdasarkan jumlah F1 dan median waktu perkembangan. Penetapan nilai indeks kerentanan berdasarkan kadar air dan jenis sereal serta interaksi keduanya. Nilai indeks kerentanan pada kadar air 14% lebih tinggi yaitu 9,58 dari kadar air 12% yaitu 8,36 dengan kategori kerentanan tergolong rentan (Tabel 3). Nilai indeks kerentanan tertinggi dijumpai pada beras ketan hitam yaitu 11,39 dengan kategori kerentanan tergolong sangat rentan, sedangkan nilai terendah pada jagung yaitu 6,20 dengan kategori kerentanan tergolong moderat. Nilai indeks pada beras putih masih juga tinggi dari beras ketan putih dan sorgum dengan kategori kerentanan bervariasi dari rentan-sangat rentan sampai rentan dan moderat-rentan.

Tabel 3. Pengaruh kadar air dan jenis sereal serta interaksinya terhadap indeks dan katagori kerentanan sereal selama penyimpanan

Table 3. Effect of moisture content, cereal types, and interaction its on index and category susceptibility cereal during storage

Perlakuan <i>Treatment</i>	Indeks Kerentanan <i>Index of Susceptibility</i>	Katagori Kerentanan <i>Category of Susceptibility</i>
Kadar air		
12%	8,36 b	Rentan
14%	9,58 a	Rentan
Jenis sereal		
Sorgum	8,60 c	Rentan
Beras putih	10,77 b	Rentan-sangat rentan
Beras ketan hitam	11,39 a	Sangat rentan
Beras ketan putih	7,89 d	Moderat-rentan
Jagung	6,20 e	Moderat
Jenis sereal + kadar air		
Sorgum + kadar air 12%	8,28 e	Rentan
Beras putih + kadar air 12%	10,04 c	Rentan-sangat rentan
Beras ketan hitam + kadar air 12%	10,96 b	Rentan-sangat rentan
Beras ketan putih + kadar air 12%	7,05 f	Moderat-rentan
Jagung + kadar air 12%	5,51 g	Moderat
Sorgum + kadar air 14%	8,94 d	Rentan
Beras putih + kadar air 14%	11,50 a	Sangat rentan
Beras ketan hitam + kadar air 14%	11,82 a	Sangat rentan
Beras ketan putih + kadar air 14%	8,72 d	Rentan
Jagung + kadar air 14%	6,91 f	Moderat

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

Note: numbers followed by same letter show not significantly different according to DMRT test at level 5%



Dampak interaksi antara kadar air dan jenis sereal juga terjadi terhadap jumlah F1 *S. oryzae*. Jumlah F1 paling banyak dijumpai pada beras ketan hitam yang disimpan dengan kadar air 12 dan 14% yaitu 913 dan 1417 imago/200 g. Jumlah F1 paling rendah justru dijumpai pada jagung dengan kadar air 12 dan 14% yaitu 55,67 dan 140,33 imago/200 g. Beras putih yang disimpan dengan kadar air 12 dan 14% dapat menyebabkan terjadinya peningkatan populasi dibandingkan dengan beras ketan putih dan sorgum. Variasi kerentanan juga terjadi pada interaksi antara kadar air dengan jenis sereal. Indeks kerentanan yang paling tinggi dijumpai pada kadar air 12 dan 14% dengan beras ketan hitam dan beras putih yang tergolong rentan-sangat rentan sampai sangat rentan. Indeks kerentanan terendah dijumpai pada jagung dengan kadar air 12 dan 14% yang tergolong moderat. Sorgum dan beras ketan putih yang disimpan dengan kadar air 12 dan 14 sudah memperlihatkan tingkat kerentanan yang rendah dan tergolong moderat sampai moderat-rentan (Tabel 3).

### **Evaluasi Kerusakan Sereal**

Parameter kerusakan sereal yang diukur dalam penelitian berupa persentase susut berat. Kadar air dan jenis sereal secara mandiri serta interaksi kedua memiliki dampak terhadap persentase susut berat. Kadar air 14% secara nyata meningkatkan persentase susut berat yaitu 5,46%, sedangkan pada kadar air 12% hanya mencapai 3,75%. Persentase susut berat dipengaruhi oleh jenis sereal. Persentase susut berat paling banyak dijumpai beras ketan hitam yaitu 8,88%, sedangkan paling rendah pada jagung. Persentase susut berat pada beras putih juga tergolong banyak yaitu 7,18%, namun masih rendah dari beras ketan hitam. Sorgum dan beras ketan putih memperlihatkan kerusakan yang juga rendah dari beras ketan hitam dan beras

putih. Interaksi antara kadar air dengan jenis sereal juga terlihat berdampak terhadap kerusakan sereal. Persentase susut berat paling banyak pada beras ketan hitam dan beras putih dengan kadar air 14% yaitu 8,66 dan 9,52%, sedangkan terendah pada jagung yaitu 1,44 dan 0,69%. Persentase susut berat pada beras ketan hitam juga tidak berbeda nyata dengan beras putih pada kadar air 12%. Sorgum dan beras ketan putih yang disimpan dengan kadar air 12 dan 14% masih memperlihatkan persentase susut berat yang rendah (Tabel 2).

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara jumlah F1 dan persentase susut berat sereal serta korelasi negatif antara median waktu perkembangan terhadap indeks kerentanan pada kadar 12 dan 14% (Tabel 4). Korelasi antar karakter ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah F1 dan persentase susut berat serta semakin singkat waktu perkembangan *S. oryzae* dapat meningkatkan nilai indeks kerentanan sehingga sereal tergolong rentan terhadap *S. oryzae*. Kerentanan sereal ditentukan oleh jumlah F1 dan median waktu perkembangan. Jumlah F1 yang banyak dan median waktu perkembangan yang singkat menyebabkan sereal tersebut rentan terhadap *S. oryzae* selama penyimpanan dengan kadar air 12 dan 14%. Hasil analisis korelasi juga memperlihatkan bahwa persentase susut berat dipengaruhi oleh jumlah F1 dan median waktu perkembangan pada kadar air 12 dan 14%. Terdapat korelasi positif antara persentase susut berat dengan jumlah F1 serta korelasi negatif dengan median waktu perkembangan (Tabel 4).

Kadar air dan jenis sereal serta interaksi keduanya menyebabkan variasi kerentanan dan kerusakan sereal setelah infestasi *S. oryzae* selama penyimpanan. Kadar air sereal berpengaruh terhadap kelangsungan hidup larva dan imago serta kemampuan larva untuk menggerek masuk

ke dalam sereal. Kadar air yang tinggi menyebabkan sereal menjadi lunak sehingga menjadi mudah dirusak oleh larva dan imago *S. oryzae*. Faktor kadar air yang paling dominan berpengaruh terhadap tingkat kekerasan kulit yang akan berpengaruh pada kerusakan sereal. Kadar air sereal antara 12–14% merupakan kondisi yang kondusif untuk perkembangan *S. oryzae* pada komoditas sereal. Peningkatan kadar air sereal dapat menyebabkan semakin singkatnya median waktu perkembangan *S. oryzae*. Kadar air merupakan faktor fisik yang mempengaruhi kualitas sereal di penyimpanan (Likhayo et al., 2018). Kadar air yang tinggi berkontribusi terhadap pertumbuhan nutrisi yang dibutuhkan oleh serangga *Plodia interpunctella* untuk mempersingkat masa pertumbuhan dan perkembangannya

(Silhacek & Murphy, 2008). Kerentanan sereal juga dipengaruhi oleh kadar air. Kadar air yang tinggi menyebabkan sereal rentan terhadap serangan *S. oryzae*. Kadar air tergolong sumber kerentanan sereal terhadap serangan *S. oryzae*. Hendrival et al. (2018) menyatakan kadar air beras yang tinggi menyebabkan beras menjadi rentan terhadap serangan *S. oryzae*. Hasil penelitian Astuti et al. (2021) menunjukkan bahwa penurunan median waktu perkembangan dan peningkatan indeks kerentanan sejalan dengan peningkatan kadar air awal beras. Kerusakan sereal selama penyimpanan dipengaruhi oleh kadar air. Dharmaputra et al. (2012) menyatakan kadar air sereal merupakan faktor penting yang mempengaruhi kerusakan sereal selama penyimpanan.

Tabel 4. Matriks korelasi antara jumlah F1, median waktu perkembangan, persentase susut berat sereal, dan indeks kerentanan sereal pada kadar air 12 dan 14%

Table 4. Matrix correlation between number F1, median time development, percentage weight loss, and index susceptibility cereal at moisture content of 12 and 14%

Kadar Air <i>Moisture Content</i>	Parameter <i>Parameter</i>	Jumlah F1 <i>Number F1</i>	Median Waktu Perkembangan <i>Median Time Development</i>	Persentase Susut Berat <i>Percentage Weight Loss</i>	Indeks Kerentanan <i>Index of Susceptibility</i>
12%	Jumlah F1	1			
	Median waktu perkembangan	-0,753*	1		
	Persentase susut berat	0,964**	-0,882*	1	
	Indeks kerentanan	0,977**	-0,803*	0,957**	1
14%	Jumlah F1	1			
	Median waktu perkembangan	-0,894*	1		
	Persentase susut berat	0,992**	-0,933*	1	
	Indeks kerentanan	0,974**	-0,942**	0,994**	1

Keterangan: \*\* = berbeda sangat nyata ( $P < 0,01$ ) dan \* = berbdanya nyata ( $P < 0,05$ )

Note: \*\* = statistically highly significant ( $P < 0,01$ ) and \* = statistically significant ( $P < 0,05$ )

Perbedaan jenis sereal dapat mempengaruhi jumlah F1 yang muncul, median waktu perkembangan, indeks kerentanan, serta susut berat sereal. Jumlah F1 dan median waktu perkembangan berkaitan dengan kualitas sereal yang dikonsumsi. Kecenderungan

hama dalam memilih sereal sebagai makanan dipengaruhi oleh kualitas nutrisi. Serangga membutuhkan nutrisi dalam bentuk karbohidrat, protein, lemak, sterol, vitamin, asam nukleat, air, dan mineral. Protein merupakan unsur esensial yang dibutuhkan oleh imago serangga betina

untuk produksi telur (Hendrival et al., 2019b). Kandungan nutrisi pada beras ketan hitam memiliki peranan yang besar dalam peningkatan jumlah F1 dan perkembangan dibandingkan sereal lainya. Kandungan nutria beras ketan hitam memiliki tingkat kesesuaian terhadap reproduksi dan perkembangan *S. oryzae* dibandingkan dengan sereal lainya. Komposisi nutrisi dari sereal berperan penting dalam meningkatkan laju oviposisi imago betina *S. oryzae*. Jumlah F1 yang muncul dan median waktu perkembangan pada beras ketan hitam tergolong banyak dan singkat sehingga rentan terhadap *S. oryzae*.

Kerentanan sereal di tentukan oleh jumlah F1 yang muncul dan median waktu perkembangan. Jenis sereal yang tergolong tahan ditentukan oleh sedikitnya progeni F1 yang muncul dan median waktu perkembangan yang lama. Hasil penelitian (Rini & Hendrival, (2017), Hendrival & Mayasari, (2017), Romadani & Hendrival, (2018), Hendrival et al., (2018), dan Hendrival et al., (2019a), menunjukkan bahwa kerentanan sereal ditentukan oleh jumlah F1 yang muncul dan median waktu perkembangan *S. oryzae*, *S. zeamais*, dan *Rhizopertha dominica*. Jumlah F1 dan median waktu perkembangan merupakan indikator kerentanan sereal terhadap hama pascapanen. Gerema et al., (2017) menyatakan bahwa jumlah F1 *S. oryzae* yang rendah menghasilkan genotip sorgum yang resisten. Goftishu & Belete (2014) dan Hendrival et al. (2019a) menyatakan bahwa varietas sorgum dengan tingkat kerentanan yang tinggi memiliki periode median waktu perkembangan *S. oryzae* yang lebih cepat sedangkan varietas dengan tingkat kerentanan yang rendah memiliki periode median waktu perkembangan *S. oryzae* yang lebih lama.

Kerusakan sereal mempengaruhi kerentanannya selama penyimpanan. Peningkatan kerusakan sereal menyebabkan peningkatan indeks

kerentanan sehingga sereal tersebut tergolong rentan terhadap *S. oryzae* selama penyimpanan. Hasil penelitian yang sama juga dilaporkan oleh Acheampong et al. (2019) bahwa genotip jagung yang rentan terhadap infestasi *S. zeamais* memiliki persentase susut bobot dan biji berlubang yang tinggi selama penyimpanan. Hasil penelitian Astuti (2019) juga mengemukakan peningkatan kerusakan berbagai jenis beras terjadi karena peningkatan aktivitas makan dari *S. oryzae* sehingga menentukan kerentanannya. Hendrival et al. (2019c) menyatakan bahwa sereal yang rentan terhadap *R. dominica* memiliki kerusakan yang lebih tinggi. Antunes et al. (2016) dan Perišić et al. (2018) menyatakan bahwa populasi serangga dan kerusakan sereal dapat digunakan sebagai karakteristik preferensi serangga terhadap sereal. *S. oryzae* lebih menyukai beras ketan hitam sehingga kerusakan lebih banyak dan tergolong rentan.

Respon sereal dan kadar air terhadap jumlah F1, median waktu perkembangan, indeks kerentanan, dan persentase susut berat menunjukkan pola tertentu, yaitu beras ketan hitam dan beras putih tergolong sangat dan memiliki jumlah F1 yang muncul lebih banyak, median waktu perkembangan yang singkat serta kerusakan yang tinggi pada kadar air 12 dan 14%. Pola yang sama terjadi pada sorgum dengan kadar air yang sama. Pola yang berbeda diketahui pada jagung dengan kadar air yang sama yaitu jumlah F1 yang muncul lebih rendah, median waktu perkembangan yang lama serta kerusakan yang sedikit. Dampak kadar air pada sereal terhadap jumlah F1, median waktu perkembangan, indeks kerentanan, dan kerusakan mengalami peningkatan yang bervariasi. *S. oryzae* memiliki kemampuan adaptasi yang baik pada beras ketan hitam dan beras putih dengan kondisi produk yang disimpan pada kadar air 12 dan 14%. Larva dan imago *S. oryzae* lebih


sesuai berkembangbiak pada beras ketan hitam dan beras putih dibandingkan sereal lainya karena pengaruh kandungan nutrisi yang lebih besar dan kadar air 12 dan 14%. *S. oryzae* menyukai sereal yang disimpan dengan kadar 12 dan 14%. Perkembangan *S. oryzae*, kerentanan dan kerusakan sereal akan meningkat dengan kadar air sereal yang tinggi.


## KESIMPULAN


1. Kadar air 14% dapat meningkatkan jumlah F1, indeks kerentanan, susut berat sereal serta median waktu perkembangan yang singkat. Katagori kerentanan sereal berdasarkan kadar air tergolong rentan.
2. Katagori kerentanan sereal bervariasi dari moderat sampai sangat rentan. Jumlah F1, indeks kerentanan, susut berat paling tinggi dan median waktu perkembangan paling singkat dijumpai pada beras ketan hitam.
3. Beras ketan hitam dengan kadar air 12 dan 14% dapat meningkatkan jumlah F1, indeks kerentanan, susut berat sereal serta median waktu perkembangan yang singkat serta kerentanannya tergolong rentan-sangat rentan sampai sangat rentan.


## DAFTAR PUSTAKA


Acheampong, A., Ayertey, J. N., Eziah, V.


 Y., & Ifie, B. E. (2019). Susceptibility of Selected Maize Seed Genotypes to *Sitophilus Zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 81, 62–68.


Antunes, C., Mendes, R., Lima, A., Barros,  G., Fields, P., Da Costa, L. B., Carvalho, M. O. (2016a). Resistance of Rice Varieties to the Stored-Product Insect, *Sitophilus Zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 109(1), 445–453.


Antunes, C., Mendes, R., Lima, A., Barros,  G., Fields, P., Da Costa, L. B., Carvalho, M. O. (2016b). Resistance of Rice Varieties to the Stored-Product Insect, *Sitophilus Zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Economic Entomology*, 109(1), 445–453.

Astuti, L. P., Mudjiono, G., Rasminah, S.  C., & Rahardjo, B. T. (2021). The Physical and Biochemical Characteristics of Resistance in Different Rice Varieties and Initial Moisture Content for Their Susceptibility to *Rhyzopertha dominica* F. (Coleoptera: Bostrichidae). *Walailak Journal of Science and Technology (WJST)*, 18(1), 1–11.

Bhargude, A. R., Patil, S. K., & Bhede, B.  V. (2021). Susceptibility of Selected Cereal Crops in Storage to Rice Weevil, *Sitophilus Oryzae* (Linnaeus). *The Pharma Innovation Journal*, 10(1), 570–575.

Booroto, L. A., Goo, N., & Noya, S. H.  (2017). Populasi Imago *Sitophilus Oryzae* L (Coleoptera: Curculionidae) Pada Beberapa Jenis Beras Asal Desa Waimital Kecamatan Kairatu. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 13(1), 36.

Caneppele, M. A. B., Caneppele, C.,  Lázari, F. A., & Lázari, S. M. N. (2003). Correlation between the infestation level of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) and the quality factors of stored corn, *Zea mays* L. (Poaceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 47(4), 625–630.

Dharmaputra, O. S., Ambarwati, S., &  Retnowati, I. (2012). Postharvest

- Quality Improvement of Sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) Grains. *BIOTROPIA*, 19(2), 115–129.
- Dobie, P. (1974). The laboratory assessment of the inherent susceptibility of maize varieties to post-harvest infestation by *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae). *Journal of Stored Products Research*, 10(3–4), 183–197.
- Fanda Rini, S., & Hendrival, H. (2017). Kajian Kerentanan Beras Dari Padi Gogo Lokal Jambi Terhadap *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 5(1), 13–20.
- Gerema, G., Bogalo, T., Mangitsu, G., & Lule, D. (2017). Resistance of Sorghum Genotypes to The Rice Weevil, *Sitophilus oryzae* (L) (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Food Science and Technology (IJFST)*, 7(1), 1–10.
- Gvozdenac, S., Tanaskovic, S., Vukajlovic, F., Prulovic, D., Ovuka, J., Visacki, V., & Sedlar, A. (2020). Host and Ovipositional Preference of Rice Weevil (*Sitophilus Oryzae*) Depending on Feeding Experience. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(5), 6663–6673.
- Hendrival, H., Afriani, D., & Aryani, D. S. (2019). Susceptibility and damage cereals to infestation *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) in storage. *Jurnal Agro*, 6(1), 57–65.
- Hendrival, H., Khaidir, K., Afzal, A., & Rahmaniah, R. (2018). Kerentanan Beras Dari Padi Lokal Dataran Tinggi Aceh Terhadap Hama Pascapanen *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Jurnal Agroteknologi*, 8(2), 21.
- Hendrival, H., Khaidir, K., & Nurhasanah, N. (2019). Pertumbuhan Populasi *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) dan Karakteristik kehilangan bobot pada beras. *Jurnal Agrista*, 23(2), 64–75.
- Hendrival, H., & Mayasari, E. (2017). Kerentanan dan Kerusakan Beras terhadap Serangan Hama Pascapanen *Sitophilus zeamais* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Jurnal Agro*, 4(2), 68–79.
- Hendrival, H., & Melinda, L. (2017). Pengaruh Kepadatan Populasi *Sitophilus oryzae* (L.) terhadap Pertumbuhan Populasi dan Kerusakan Beras. *Biospecies*, 10(1), 17–24.
- Hendrival, H., & Muetia, R. (2016). Pengaruh Periode Penyimpanan Beras terhadap Pertumbuhan Populasi *Sitophilus oryzae* (L.) dan Kerusakan Beras. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 4(1), 95–101.
- Hendrival, H., Putra, R. L., & Aryani, D. S. (2019). Susceptibility of Sorghum Cultivars to *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) During Storage. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 7(2), 110–116.
- Romadani, F.P. & Hendrival, H. (2018). Kajian kerentanan dan kerusakan beras lokal Provinsi Sumatera Selatan terhadap hama pascapanen *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Jurnal Biota*, 4(2), 90–97.
- Lalujan, L. E., Djarkasi, G. S. S., Tuju, T. J. ., Rawung, D., & Sumual, M. F.

- (2017). Komposisi Kimia dan Gizi Jagung Lokal Varietas Manado Kuning Sebagai Bahan Pangan Pengganti Beras. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(1), 47–54.
- Likhayo, P., Bruce, A. Y., Tefera, T., & Mueke, J. (2018). Maize Grain Stored in Hermetic Bags: Effect of Moisture and Pest Infestation on Grain Quality. *Journal of Food Quality*, 2018(Article ID 2515698), 1–9.
- Longstaff, B. C. (1981). Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. *Protection Ecology*, 2, 83–130.
- Muluken, G., & Ketema, B. (2014). Susceptibility of sorghum varieties to the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *African Journal of Agricultural Research*, 9(31), 2419–2426.
- Okpile, C., Zakka, U., & Nwosu, L. C. (2021). Susceptibility of ten rice brands to weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae), and their influence on the insect and infestation rate. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 2.
- Perišić, V., Perišić, V., Vukajlović, F., Pešić, S., Predojević, D., Đekić, V., & Luković, K. (2018). Feeding Preferences and Progeny Production of *Rhyzopertha Dominica* (Fabricius 1792) (Coleoptera: Bostrichidae) in Small Grains. *BIOLOGICA NYSSANA*, 9(1), 55–61.
- Silhacek, D., & Murphy, C. (2008). Moisture content in a wheat germ diet and its effect on the growth of *Plodia interpunctella* (Hübner). *Journal of Stored Products Research*, 44(1), 36–40.
- Suleiman, R., Rosentrater, K. A., & Bern, C. J. (2015). Evaluation of maize weevils *Sitophilus zeamais* Motschulsky infestation on seven varieties of maize. *Journal of Stored Products Research*, 64, 97–102.
- Zunjare, R., Hossain, F., Muthusamy, V., Jha, S. K., Kumar, P., Sekhar, J. C., Gupta, H. S. (2016). Genetic variability among exotic and indigenous maize inbreds for resistance to stored grain weevil (*Sitophilus oryzae* L.) infestation. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1–10.



## **Pengaruh Dosis dan Waktu Aplikasi Pupuk KCl Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)**

*The Effect of Dosage and Application Time of KCl Fertilizer on the Growth and Yield of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.)*

Author(s): Muhammad Nur Thoriq Alfy<sup>(1)\*</sup>; Tri Handoyo<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universitas Jember

\* Corresponding author: [trihandoyo.faperta@unej.ac.id](mailto:trihandoyo.faperta@unej.ac.id)

Submitted: 19 Jul 2021

Accepted: 25 Aug 2021

Published: 31 Mar 2022

### **ABSTRAK**

Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) merupakan tanaman legum yang memiliki kandungan gizi cukup tinggi. Produksi buncis belum mampu memenuhi permintaan buncis yang tinggi. Rendahnya produksi buncis dapat disebabkan oleh ketersediaan unsur hara. Kebutuhan unsur hara kalium (K) pada buncis tidak tercukupi karena kalium bersifat mudah tercuci. Upaya pemenuhan unsur hara kalium dilakukan melalui pemupukan KCl. Dosis pupuk yang tepat dapat membantu tanaman mencukupi kebutuhannya untuk tumbuh optimal. Waktu aplikasi pupuk yang tepat membantu tanaman menjaga ketersediaan unsur hara. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh pemberian dosis pupuk KCl dan waktu aplikasi pupuk KCl terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari 2 faktor perlakuan dan 3 ulangan. Faktor pertama yaitu dosis pupuk KCl K0=0 g/tanaman, K1= 2,5 g/tanaman, K2= 3 g/tanaman, K3= 3,5 g/tanaman. Faktor kedua yaitu waktu aplikasi pupuk KCl W1 =14 hst, W2 =14 hst dan 21 hst, W3 =14 hst, 21 hst, 28 hst. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan analisis ragam. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh nyata maka, dilanjutkan dengan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara dosis pupuk KCl dengan waktu aplikasi pupuk KCl pada semua variabel pengamatan. Perlakuan dosis pupuk KCl memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel jumlah polong pertanaman, total bobot polong pertanaman dan panjang akar. Perlakuan waktu aplikasi pupuk KCl memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel jumlah daun.

### **Kata Kunci:**

buncis;  
pupuk KCl;  
waktu aplikasi.

### **ABSTRACT**

#### **Keywords:**

Application time;

Beans;

KCl Fertilizer.

*Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are legumes that have a high nutritional value. The production of beans has not been able to meet the demand. The lack of production of beans can be due to the availability of nutrients. The need for potassium (K) in beans is insufficient because it is easy to wash. Efforts to fulfill potassium nutrients are made through the application of the KCl fertilizer. The right dose of fertilizer can help plants to meet their needs for optimal growth. The correct application of fertilizer helps the plant to maintain the availability of nutrients. This study is aimed to determine the effect of KCl fertilizer dose and application time on the growth and yield of the beans (*Phaseolus vulgaris* L.) using a Completely Randomized Design (CRD) with 2 factors and 3 replications. The first factor is the dose of KCl fertilizer (K0= 0 g/plant, K1= 2.5 g/plant, K2= 3 g/plant, K3= 3.5 g/plant). The second factor was the application time of KCl fertilizer (W1 = 14 DAP, W2 = 14 DAP and 21 DAP, W3 = 14 DAP, 21 DAP, 28 DAP). The data obtained were then analyzed using variance analysis and continued with Duncan's Multiple Range Test at the 5% level. The results showed that there was no interaction between the dose of KCl fertilizer and the application time of KCl fertilizer on all observed variables. The dose of KCl fertilizer gave a significant effect on the number of pods, total weight of the pods, and root length. The application time of KCl fertilizer gave a significant effect on the number of leaves.*



## PENDAHULUAN

Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) merupakan komoditas sayuran yang termasuk dalam golongan kacang – kacangan (*legume*) yang mempunyai kandungan gizi yang tinggi seperti protein, senyawa folik, dan karbohidrat kompleks. Buncis mengandung berbagai macam senyawa kimia yang dibutuhkan oleh tubuh seperti fenol, vitamin, dan fruktooligosakarida yang berfungsi untuk melindungi tubuh dari serangan penyakit seperti kardiovaskular, diabetes, sindrom metabolik, dan kanker (Santosa et al., 2017). Kandungan gizi pada buncis yang beragam membuat permintaan buncis meningkat. Menurut Badan Pusat Statistik (2020), Produktivitas buncis pada tahun 2016-2020 mengalami fluktuasi. Pada tahun 2016 produksi buncis sebesar 275.509 ton, diikuti dengan tahun selanjutnya yaitu sebesar 279.040 ton, 304.431 ton, 299.310 ton, dan 305.923 ton pada tahun 2020. Fluktuasi pada produksi buncis tersebut dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor seperti teknik budidaya, serangan hama penyakit dan ketersediaan unsur hara. Seringkali tanaman mengalami kekurangan unsur hara akibat dari ketersediaan unsur hara yang rendah pada tanah dan terjadinya pencucian. Indonesia merupakan negara tropis dengan curah hujan yang cukup tinggi sehingga dapat terjadi pencucian unsur hara yang mengakibatkan ketersediaan unsur hara di tanah menurun. Pemupukan merupakan usaha meningkatkan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman agar mampu meningkatkan mutu dan hasil produksi tanaman (Kusumiyati et al., 2016).

Melalui pemupukan diharapkan dapat memenuhi ketersediaan unsur hara dalam tanah yang rendah, hilang akibat pencucian (*leaching*) atau terangkut saat panen. Kalium merupakan 3 unsur hara utama yang dibutuhkan tanaman dan dibutuhkan dalam jumlah besar setelah

Nitrogen. Kalium, pada proses biofisika, berperan dalam pengaturan tekanan osmosis dan turgor untuk membuka dan menutupnya stomata. Pada proses biokimia, kalium berperan dalam 60 macam reaksi enzimatik untuk metabolisme karbohidrat dan protein (Subandi, 2013). Kalium juga berfungsi untuk meningkatkan kualitas bunga dan buah, mencegahnya agar tidak mudah rontok serta mempercepat pertumbuhan jaringan meristem. Kalium memiliki sifat mudah tercuci sehingga unsur hara kalium dalam tanah dapat cepat berkurang (Rajiman, 2020). Kondisi tanah yang rendah akan hara kalium membuat pertumbuhan tanaman buncis tidak optimal terutama pada fase vegetatifnya. Rachmadhani et al. (2014) menyatakan bahwa pertumbuhan generatif yang baik didukung oleh pertumbuhan vegetatif yang baik pula. Pertumbuhan vegetatif yang optimal terutama pada organ tubuh tanaman yang berfungsi dalam fotosintesis nantinya akan mampu menghasilkan fotosintat yang digunakan untuk perkembangan polong pada fase generatif. Proses fotosintesis yang maksimal akan menghasilkan karbohidrat yang cukup seimbang untuk fase vegetatif dan generatif tanaman dan akan menghasilkan produksi yang baik. Sehingga ketersediaan unsur hara kalium bagi tanaman sangat penting, terutama pada masa awal pertumbuhan tanaman.

Pemenuhan hara kalium dapat diberikan melalui pemupukan menggunakan pupuk KCl. Pupuk KCl mengandung kurang lebih 60% K<sub>2</sub>O. Pupuk KCl memiliki keunggulan untuk meningkatkan kualitas dan produksi tanaman, membantu tanaman untuk lebih tahan dari serangan hama dan penyakit. Pemberian dosis pupuk yang tepat dapat mengoptimalkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman buncis akan tetapi waktu aplikasi pupuk juga tidak kalah penting. Waktu aplikasi pupuk KCl yang



tepat membuat tanaman dapat mencukupi kebutuhannya akan unsur hara kalium. Sebaliknya, jika waktu aplikasi yang tidak tepat dapat membuat unsur hara kalium tercuci atau hilang sehingga tanaman tidak dapat memenuhi kebutuhannya akan unsur hara kalium. Berdasarkan keadaan tersebut, dilakukan penelitian mengenai pengaruh dosis dan waktu aplikasi pupuk KCl terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.).

## METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2020 – April 2020, bertempat di *Green House* Jalan Srikaya, Gang Delima, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember. Alat yang digunakan antara lain: timbangan analitik, polybag ukuran 35x40 cm, alat semprot, gunting, cetok, pisau, cangkul, ayakan, alat tulis, jangka sorong, meteran, ajir, timba, dan kamera. Bahan yang digunakan yaitu benih buncis varietas Tala, pupuk Urea, pupuk TSP, pupuk KCl, tanah, air, kertas label, plastik klip, insektisida Mexdone 36 EC, Marshall 200 EC, dan Furadan 3G. Percobaan ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

Persiapan benih; benih buncis yang akan digunakan diseleksi terlebih dahulu dengan cara direndam di dalam air. Benih yang hampa akan mengapung dan benih yang tenggelam diambil dan digunakan sebagai bahan tanam.

Persiapan Media Tanam; media tanam yang akan digunakan yaitu tanah tegalan yang diambil di daerah Kelurahan Bintoro, Jember. Sebelumnya, media tanam yang digunakan sebagai bahan tanam dianalisis terlebih dahulu kandungan unsur hara N, P, dan K yang tersedia di dalam tanah. Tanah dikeringanginkan sebelum digunakan. Selanjutnya tanah sebanyak 7 kg dimasukkan ke dalam polybag berukuran 35 cm x 40 cm. Media tanam kemudian diaplikasikan furadan sebanyak 2 g/polybag lalu didiamkan selama

seminggu untuk mencegah media tanaman terserang penyakit.

Penanaman; penanaman benih buncis dilakukan dengan cara melubangi media tanam dengan kedalaman kurang lebih 3 cm. Tiap lubang tanam diisi dengan 1 buah benih buncis. Buncis yang telah berumur 14 hst yang ditandai dengan jumlah daun terbentuk 2-4 helai.

Pemupukan; pupuk Urea dan TSP diaplikasikan sebagai pupuk dasar yaitu sebelum tanam sebanyak 3,6 g/tanaman Urea dan 3 g/tanaman TSP. Aplikasi pupuk Urea diberikan dua kali (setengah dosis) sebagai pupuk dasar dan diberikan pada 21 hst sebagai pupuk susulan. Pupuk KCl terdiri dari 3 macam dosis yaitu 2,5 g/tanaman, 3 g/tanaman, dan 3,5 g/tanaman yang diaplikasikan pada 14 hst, 21 hst, dan 28 hst sesuai dengan perlakuan yang diberikan. Pemupukan diberikan pada pagi atau sore hari.

Pemeliharaan; pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyulaman, penyiraman, pengendalian OPT, dan penyiangan gulma. Penyulaman dilakukan pada umur 7 sampai 10 hst jika ada tanaman yang rusak atau tidak tumbuh. Penyiraman dilakukan dua kali sehari pada pagi dan sore menyesuaikan dengan kondisi cuaca dan kondisi kelembapan media. Pengendalian OPT dilakukan dengan cara menghilangkan bagian tanaman yang rusak atau mati secara manual dan menggunakan pestisida pada saat serangan mencapai batas toleransi. Penyiangan dilakukan secara manual sesuai dengan kondisi yang ada. Pada umur 21 hst atau tinggi tanaman telah mencapai  $\pm 50$  cm dilakukan pemasangan ajir yang panjangnya 80-100 cm. Ajir dipasang dengan jarak 5-10 cm dari batang tanaman buncis dan ditancapkan tegak sedalam 10 cm kemudian diikatkan ke batang tanaman buncis.

Pemanenan; pemanenan tanaman buncis dilakukan pada saat tanaman berumur 45-50 hst. Pemanenan dilakukan

sebanyak 4 sampai 5 kali. Polong dipanen berdasarkan kriteria bertekstur empuk, warna polong agak muda atau suram, permukaan kulitnya agak kasar, biji dan polong belum menonjol, serta pada saat dipatahkan polong mengeluarkan bunyi letupan. Pemanenan buncis dilakukan pagi hari dengan cara dipetik menggunakan tangan secara bertahap hingga tanaman tidak menghasilkan polong lagi.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial terdiri dari 2 faktor, Faktor pertama yaitu dosis pupuk KCl: (K0) tanpa pupuk KCl, (K1) 2,5 g/polybag, (K2) 3 g/polybag, (K3) 3,5 g/polybag. Faktor kedua yaitu waktu aplikasi pupuk KCl: (W1) aplikasi pada 14 hst, (W2) aplikasi pada 14 hst dan 21 hst, (W3) aplikasi pada 14 hst, 21 hst, dan 28 hst. Data hasil pengamatan selanjutnya dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA). Apabila hasil dari analisis menunjukkan pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) dengan taraf kesalahan sebesar 5%. Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mendapatkan pengaruh interaksi antara dosis pupuk KCl dan waktu aplikasi pupuk KCl terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)
2. Mendapatkan pengaruh dosis pupuk KCl terhadap pertumbuhan dan hasil

tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)

3. Mendapatkan pengaruh waktu aplikasi pupuk KCl terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi pada kombinasi perlakuan dosis pupuk KCl dan waktu aplikasi pupuk KCl pada semua variabel pengamatan. Pada faktor tunggal, dosis pupuk KCl berpengaruh sangat nyata pada variabel pengamatan jumlah polong pertanaman, total bobot polong pertanaman dan panjang akar serta berpengaruh berbeda tidak nyata pada variabel pengamatan tinggi tanaman dan bobot polong pertanaman, tetapi tidak berpengaruh tidak berbeda nyata pada jumlah daun dan panjang polong. Perlakuan faktor tunggal waktu aplikasi pupuk KCl berpengaruh sangat nyata pada variabel pengamatan jumlah daun serta berpengaruh berbeda tidak nyata pada variabel pengamatan tinggi tanaman, jumlah polong pertanaman, dan total bobot polong pertanaman. Sedangkan berpengaruh tidak berbeda nyata pada variabel pengamatan panjang polong, bobot polong pertanaman, dan panjang akar.

Tabel 1. Rangkuman F-Hitung Pengaruh Dosis dan Waktu Aplikasi Pupuk KCl Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.)

Tabel 1. The F-Calculate Summary of The Effect of Dosage and Time Application of KCl Fertilizer on Growth and Yield of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.)

No.	Variabel Variables	F-Hitung F-Calculate		
		Dosis Pupuk KCl (K) KCl dosage (K)	Waktu Aplikasi (W) Application Time (W)	Interaksi (KxW) Interaction (KxW)
1.	Tinggi tanaman	3,03*	3,56*	1,29 <sup>ns</sup>
2.	Jumlah daun	1,08 <sup>ns</sup>	5,99**	1,57 <sup>ns</sup>
3.	Jumlah polong pertanaman	8,52 **	3,73*	0,88 <sup>ns</sup>
4.	Panjang polong	3,01 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>
5.	Bobot perpolong	4,34*	0,35 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>

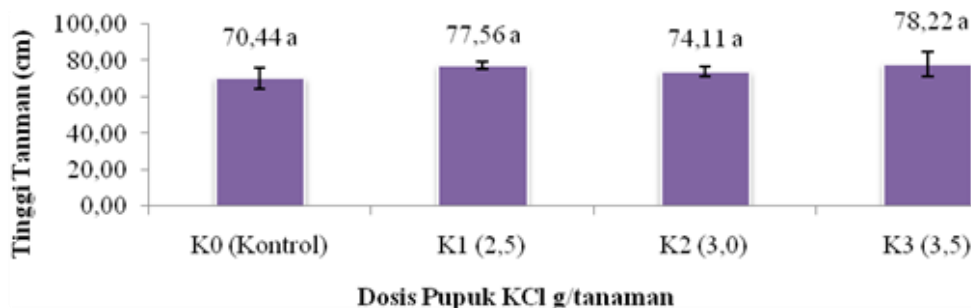
6. Total bobot polong pertanaman	22,99**	3,81*	2,48 <sup>ns</sup>
7. Panjang akar	4,02**	3,27 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>

Keterangan : \* = berbeda tidak nyata, \*\* = berbeda sangat nyata, <sup>ns</sup> = tidak berbeda nyata

Remarks: \* = significantly different at 0.5% level, \*\* = significantly different at 0.1% level, <sup>ns</sup> = non-significant

Unsur hara sangat dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang cukup dan waktu yang tepat agar tanaman dapat tumbuh optimal. Tanaman tidak bisa hanya mengandalkan unsur hara yang terdapat pada tanah saja karena unsur hara di setiap tanah berbeda jumlahnya. Untuk itu perlu adanya penambahan unsur hara dari luar yaitu melalui pemupukan. Pemupukan yang tepat dan efisien diwujudkan dengan menerapkan tepat dosis, tepat cara, tepat waktu sesuai dengan kebutuhan tanaman akan unsur hara (Hariyadi et al., 2018). Hasil analisis sidik ragam (Tabel 1) menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara perlakuan dosis pupuk KCl (K) dan waktu aplikasi pupuk KCl (W) terhadap semua variabel pengamatan yang diamati. Keadaan ini

dapat disebabkan karena masing-masing perlakuan tidak saling mendukung dan memberikan pengaruh secara terpisah pada pertumbuhan dan hasil tanaman buncis. Sesuai dengan pernyataan Styaningrum et al. (2013) yang menyatakan bahwa interaksi antar perlakuan tidak dapat terjadi karena pengaruh kedua perlakuan belum saling mendukung untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman buncis. Interaksi tidak terjadi jika pengaruh dua faktor yang dikombinasikan bertindak bebas satu sama lainnya. Interaksi antar dua faktor perlakuan dapat terjadi jika pengaruh suatu faktor perlakuan berubah pada saat perubahan taraf faktor perlakuan lainnya (Gomez & Gomez, 1984).



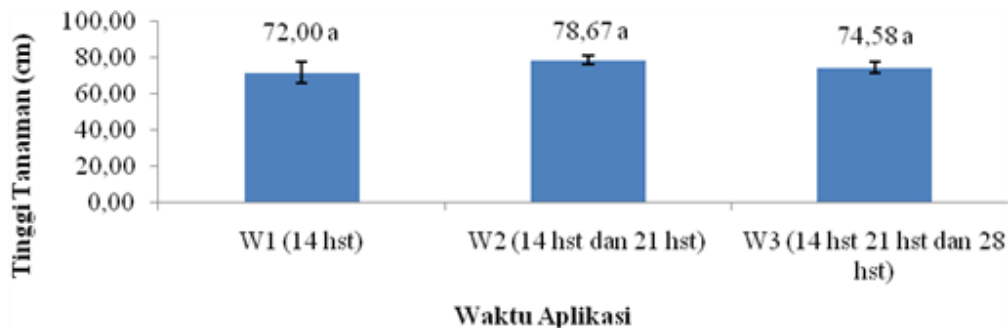
Gambar 1. Pengaruh Dosis Pupuk KCl terhadap Tinggi Tanaman  
 Figure 1. Effect of KCl Fertilizer Dosage on Plant Height

Berdasarkan Gambar 1, perlakuan dosis pupuk KCl memberikan pengaruh berbeda tidak nyata terhadap rata-rata tinggi tanaman. Hal ini dapat disebabkan karena kebutuhan hara kalium tanaman buncis pada fase vegetatif telah terpenuhi sehingga proses pembelahan dan perpanjangan sel pada fase vegetatif berjalan optimal. Hal ini membuat pertumbuhan rerata tinggi tanaman yang dihasilkan seragam. Terjadinya

pertumbuhan tinggi tanaman diakibatkan karena peristiwa pembelahan dan perpanjangan sel yang didominasi pada ujung tanaman tersebut (Saputra et al., 2018). Kalium berperan penting terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama pada jaringan yang aktif membelah yaitu pada bagian meristem ujung. Unsur hara kalium banyak terdapat pada meristem ujung tanaman karena kalium berfungsi untuk mentraslokasikan hasil fotosintesis

ke seluruh bagian tanaman terutama pada jaringan yang aktif membelah. Kalium juga terdapat pada bagian tanaman yang

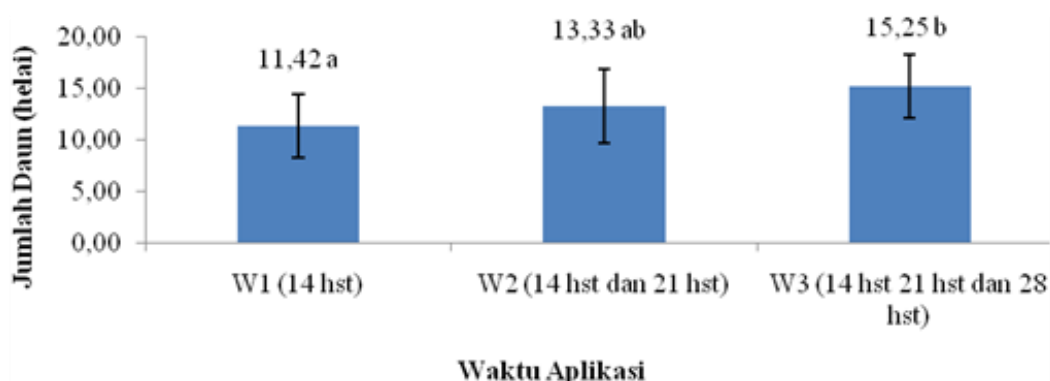
lebih tua meskipun tidak sebanyak pada bagian yang lebih muda (Maruapey, 2012).



Gambar 2. Pengaruh Waktu Aplikasi Pupuk KCl terhadap Tinggi Tanaman  
 Figure 2. Effect of Time Application of KCl Fertilizer on Plant Height

Berdasarkan Gambar 2, terlihat perlakuan waktu aplikasi pupuk KCl memberikan pengaruh berbeda tidak nyata terhadap rata-rata tinggi tanaman buncis. Rata-rata tinggi tanaman yang dihasilkan tidak berbeda jauh antara satu dengan yang lain. Semua perlakuan aplikasi pupuk KCl dilakukan setelah tanam, dimana menghasilkan pertumbuhan yang optimal. Hal ini disebabkan karena pupuk yang diaplikasikan dapat digunakan oleh tanaman sesuai dengan fase pertumbuhannya. Waktu aplikasi pupuk

merupakan hal yang penting dalam upaya penambahan unsur hara pada tanaman. Pemberian pupuk harus tepat waktu yaitu pada saat tanaman membutuhkan unsur hara tersebut. Mohammedaltom & Dagash (2017) menyatakan bahwa waktu aplikasi pupuk dan jenis pupuk mempengaruhi tinggi tanaman. Tinggi tanaman terbaik diperoleh pada saat aplikasi pupuk setelah tanam. Jenis pupuk yang diberikan juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tinggi tanaman.



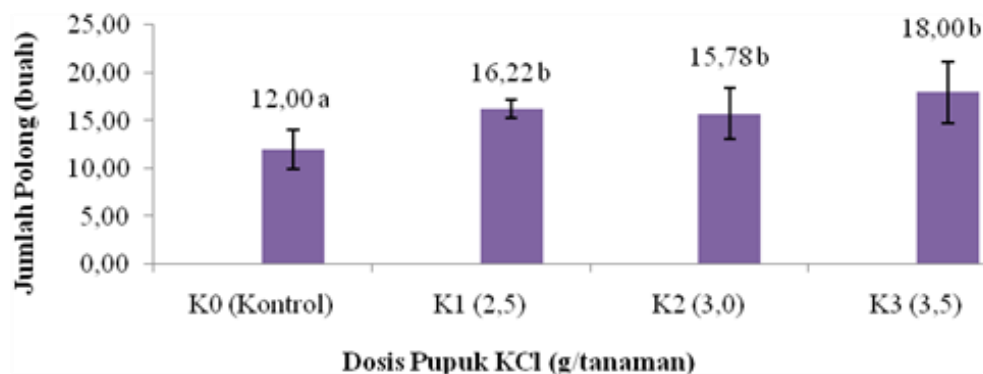
Gambar 3. Pengaruh Waktu Aplikasi Pupuk KCl terhadap Jumlah Daun  
 Figure 3. Effect of Time Application of KCl Fertilizer on the Number of Leaves

Waktu aplikasi pupuk KCl pada 14 hst, 21 hst, dan 28 hst (W3) memberikan jumlah daun terbanyak dibandingkan

dengan perlakuan lainnya yaitu sebesar 15,25. Seperti yang terlihat pada Gambar 3, hasil rata-rata jumlah daun dari tiap

perlakuan meningkat secara signifikan seiring dengan bertambahnya waktu aplikasi pupuk KCl. Tingginya jumlah daun yang dihasilkan dapat disebabkan karena unsur hara yang dibutuhkan tanaman telah terpenuhi. Terpenuhinya kebutuhan tanaman akan unsur hara meningkatkan proses metabolisme tanaman yang kemudian memacu aktivitas hormonal dalam pembentukan daun (Rosmiati, Iswahyudi, 2016). Menurut Sitepu et al. (2014), jumlah daun dan tinggi tanaman dipengaruhi oleh tercukupinya kebutuhan tanaman akan air dan unsur hara kalium (K). Unsur hara nitrogen (N) turut membantu dalam pertumbuhan jumlah

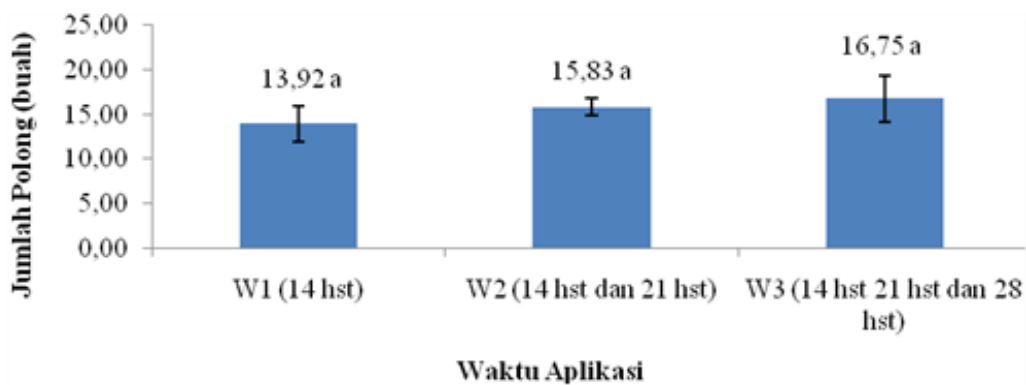
daun. Secara umum fungsi nitrogen yaitu menyehatkan pertumbuhan daun (daun menjadi lebih lebar dan hijau), meningkatkan pertumbuhan tanaman serta dibutuhkan untuk pembentukan organ vegetatif tanaman seperti daun, batang, dan akar (Yusdian et al., 2018). Waktu yang tepat menjadi faktor penting untuk membantu tanaman dapat tumbuh optimal. Sesuai dengan pernyataan Margaretha et al. (2015), Frekuensi dan waktu pemberian pupuk dengan dosis yang berbeda akan menghasilkan jumlah daun yang berbeda pula. Frekuensi dan waktu pemberian pupuk yang tepat akan mempercepat laju pembentukan daun.



Gambar 4. Pengaruh Dosis Pupuk KCl terhadap Jumlah Polong  
 Figure 4. Effect of KCl Fertilizer Dosage on the Number of Pods

Pada fase generatif perkembangan tanaman akan berfokus pada pembentukan bunga dan buah. Proses pembentukan buah atau polong tersebut memerlukan unsur hara yang cukup agar produksi polong meningkat. Unsur hara digunakan tanaman untuk menghasilkan karbohidrat, vitamin, lemak, protein, dan mineral melalui proses fotosintesis. Hasil dari fotosintesis tersebut akan ditranslokasikan ke bagian penyimpanan yaitu buah. Oleh sebab itu ketersediaan unsur hara erat kaitannya dengan pembentukan dan pengisian polong (Saputra et al., 2018). Dosis pupuk KCl memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap jumlah polong pertanaman. Pada Gambar 4 terlihat perlakuan K3

menghasilkan jumlah polong terbanyak yaitu 18 polong, akan tetapi hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan perlakuan K1 dan K2. Hal ini menunjukkan sisi efisien pemupukan, dimana pemupukan dengan perlakuan K1 lebih hemat dalam segi dosis dan menghasilkan rerata jumlah polong yang tidak berbeda jauh dengan perlakuan K2 dan K3. Unsur hara kalium sangat berpengaruh terhadap pembentukan polong dan polong bernas. Kalium berfungsi sebagai aktivator sejumlah besar enzim yang digunakan dalam proses fotosintesis. Hasil dari fotosintesis selanjutnya ditranslokasikan ke bagian polong. Pemberian unsur hara kalium dengan dosis yang tepat mampu



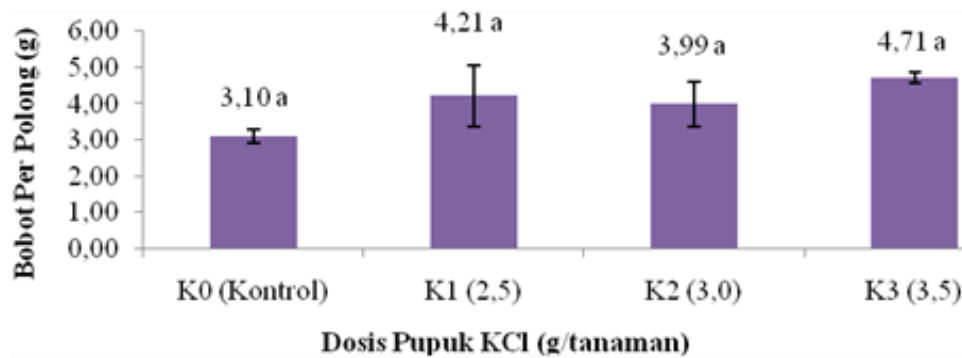
Gambar 5. Pengaruh Waktu Aplikasi Pupuk KCl terhadap Jumlah Polong  
 Figure 5. Effect of Time Application of KCl Fertilizer on the Number of Pods

meningkatkan pembentukan dan pengisian polong yang dihasilkan (Wahyudin et al., 2017).

Berdasarkan Gambar 5, waktu aplikasi pupuk KCl memberikan pengaruh berbeda tidak nyata terhadap jumlah polong pertanaman yang dihasilkan. Terlihat pada Gambar 5 hasil jumlah polong pertanaman meningkat seiring dengan bertambahnya waktu aplikasi pupuk KCl. Akan tetapi aplikasi pupuk KCl sebanyak 3 kali memberikan hasil jumlah polong yang tidak berbeda jauh dibandingkan dengan aplikasi pupuk KCl yang hanya 1 kali. Hal ini menunjukkan sisi efisien pemupukan, dimana perlakuan W1 lebih hemat dari segi waktu dengan hasil yang tidak berbeda jauh dari perlakuan W2 dan W3. Pemberian pupuk harus pada waktu yang tepat dengan dosis yang tepat. Pemberian pupuk juga harus sesuai dengan jenis, cara, dan tempat yang tepat. Kelima aspek tersebut jika diterapkan mampu meningkatkan hasil produksi tanaman (Drazic et al., 2020).

Lingkungan, unsur hara, teknik budidaya merupakan faktor penting yang dibutuhkan tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang. Kurangnya unsur hara

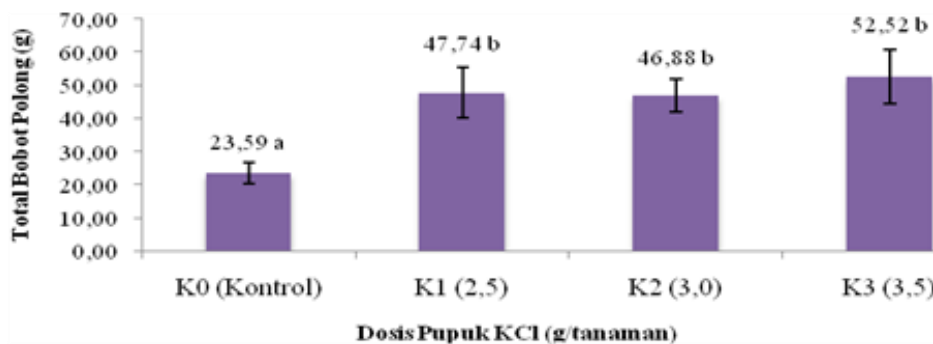
yang dibutuhkan tanaman, kesalahan dalam teknik budidaya dan akan berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan yang tidak optimal. Berdasarkan tabel F-hitung (Tabel 1), dosis pupuk KCl dan waktu aplikasi pupuk KCl tidak mempengaruhi panjang polong buncis yang dihasilkan. Kendali genetik (gen) merupakan faktor internal yang tidak kalah penting dalam pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Gen bertanggung jawab terhadap suatu sifat atau karakter pada tanaman. Gen berfungsi dalam mengatur sintesis enzim untuk mengendalikan proses kimia dalam sel. Gen mempunyai pengaruh yang kuat terhadap polong buncis yang dihasilkan. Tanaman buncis yang ditanam akan tumbuh dan menghasilkan polong yang bentuk dan penampilannya sesuai dengan gen pada tanaman buncis tersebut (Aiman et al., 2015). Pernyataan tersebut didukung oleh Rachmadhani et al. (2014) yang menyatakan bahwa jumlah polong dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan manajemen, sedangkan panjang dan diameter polong dipengaruhi oleh sifat genetik.



Gambar 6. Pengaruh Dosis Pupuk KCl terhadap Bobot Per Polong  
 Figure 6. Effect of KCl Fertilizer Dosage on Weight Per Pod

Bobot per polong merupakan variabel pengamatan yang menunjukkan kualitas dari polong buncis yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (Tabel 1) perlakuan dosis pupuk KCl memberikan pengaruh berbeda tidak nyata terhadap bobot per polong buncis. Pada proses fotosintesis kalium berperan

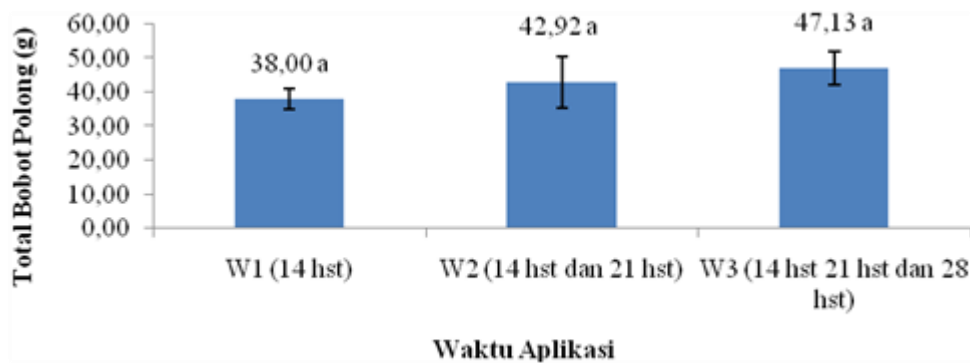
dalam mentranslokasikan asimilat ke seluruh bagian tanaman terutama pada polong atau biji. Tercukupinya unsur hara kalium membantu tanaman menghasilkan bobot biji yang tinggi karena asimilat yang ditranslokasikan ke polong atau biji juga ikut meningkat (Susilo et al., 2019).



Gambar 7. Pengaruh Dosis Pupuk KCl terhadap Total Bobot Polong  
 Figure 7. Effect of KCl Fertilizer Dosage on Total Pod Weight

Dosis pupuk KCl dan waktu aplikasi pupuk KCl memberikan pengaruh terhadap total bobot polong tanaman buncis. Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (Tabel 1) dosis pupuk KCl berpengaruh sangat nyata terhadap total bobot polong tanaman buncis. Unsur hara kalium (K) berhubungan dengan pembentukan polong karena salah satu fungsi unsur hara kalium yaitu meningkatkan efisiensi fotosintesis dimana unsur hara kalium dibutuhkan

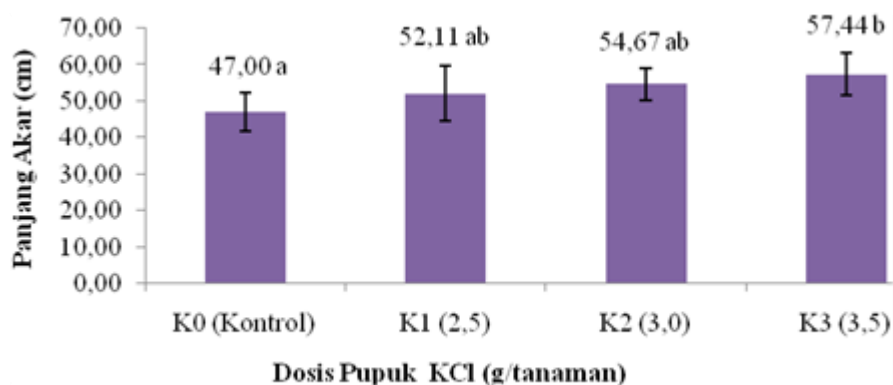
dalam jumlah yang cukup banyak pada saat pembentukan polong. Pemberian unsur hara kalium dalam dosis yang tepat akan mempengaruhi bentuk polong yang besar dan bernas (Jamili et al., 2017). Peningkatan hasil ataupun bobot polong pertanaman berbanding lurus dengan pertumbuhan tanaman dan hasil bersih fotosintesis. Semakin banyak fotosintat yang dihasilkan maka semakin meningkat pula jumlah polong dan bobot polong yang dihasilkan (Komariah et al., 2017).



Gambar 8. Pengaruh Waktu Aplikasi Pupuk KCl terhadap Total Bobot Polong  
 Figure 8. Effect of Time Application of KCl Fertilizer on Total Pod Weight

Waktu aplikasi pupuk KCl memberikan pengaruh berbeda tidak nyata terhadap rerata total bobot polong tanaman buncis. Pada Gambar 8 terlihat pada total bobot polong meningkat seiring dengan semakin seringnya aplikasi pupuk KCl. Akan tetapi rata-rata total bobot polong yang dihasilkan dari tiap perlakuan tersebut tidak berbeda jauh satu dengan yang lainnya. Hal tersebut menunjukkan sisi efisiensi pupuk, dimana pemupukan dengan perlakuan W1 lebih hemat dari segi waktu dengan hasil yang tidak jauh beda

dengan perlakuan W2 dan W3. Walsen (2008) menyatakan bahwa pemberian pupuk yang tidak memperhatikan waktu yang tepat akan menurunkan efisiensi dari pemupukan tersebut. Pemberian pupuk dengan interval yang terlalu sering dapat membuat tanaman mengalami konsumsi mewah (*luxury consumption*) yang mengakibatkan pemborosan pada pupuk yang diberikan. Sebaliknya, interval pemberian pupuk yang terlalu jarang juga dapat menyebabkan tanaman kekurangan unsur hara (Jumini et al., 2012).



Gambar 9. Pengaruh Dosis Pupuk KCl terhadap Panjang Akar  
 Figure 9. Effect of KCl Fertilizer Dosage on Root Length

Perlakuan dosis pupuk KCl 3,5 g/tanaman (K3) menghasilkan rata-rata panjang akar tertinggi yaitu 57,44 cm. Berdasarkan Gambar 9 perlakuan K0 menunjukkan hasil berpengaruh nyata

terhadap perlakuan K3 dimana perlakuan K1 dan K2 berpengaruh tidak nyata dengan kedua perlakuan tersebut. Panjang akar yang dihasilkan tiap perlakuan meningkat secara signifikan seiring



dengan peningkatan dosis pupuk KCl yang diberikan. Chantal et al. (2019) dalam penelitiannya menyatakan bahwa unsur hara kalium (K) merupakan unsur hara utama dalam merangsang pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman. Perakaran yang optimal akan membantu tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik karena suplai unsur hara yang dibutuhkan dapat tercukupi. Selain kalium (K) unsur hara fosfor (P) juga berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar, terutama perakaran tanaman muda. Perakaran muda tersebut kemudian akan tumbuh dan meningkatkan serapan unsur hara dan air yang akan mengoptimalkan proses fotosintesis pada tanaman. Armstrong (1987) menambahkan bahwa tanaman kacang-kacangan (legume) sangat membutuhkan hara kalium. Hal itu dikarenakan hara kalium mempunyai peran penting dalam simbiosis bakteri *Rhizobium* dalam tanah untuk mengikat nitrogen dari udara yang kemudian diikat untuk menyuburkan tanah dan mencukupi kebutuhan tanaman.

## KESIMPULAN

1. Tidak terdapat interaksi antara faktor dosis pupuk KCl dengan faktor waktu aplikasi pupuk KCl terhadap semua variabel yang diamati.
2. Perlakuan dosis pupuk KCl memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel jumlah polong pertanaman, total bobot polong pertanaman dan panjang akar.
3. Perlakuan waktu aplikasi pupuk KCl memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel jumlah daun.

## DAFTAR PUSTAKA

Aiman, U., Sriwijaya, B., & Fa'uzi, A. N. (2015). Pengaruh PGPRM (Plant Growth Promoting Rhizospheric Microorganisms) dan Macam Media Tanam terhadap Pertumbuhan dan

Hasil Bunci Perancis. *The 2nd University Research Coloquium*, 16–25.

Armstrong, D. L. (1987). *Potassium For Agriculture*. Better Crops.

Badan Pusat Statistik. (2020). Statistik Hortikultura 2020. In N. P. Sumartini, A. S. Wibowo, Z. Nurfalah, A. D. Irjayanti, I. M. Putri, W. Suprpti, & S. K. Areka (Eds.), *Badan Pusat Statistik*. Badan Pusat Statistik.

Chantal, K., Ong' or, B. T. I., Salvator, K., Fulgence, N., & Norbert, A. (2019). Effects of Potassium Fertilizer on Bean growth and Yield parameters. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, 5(1), 01–07.

Drazic, M., Gligorevic, K., Pajic, M., Zlatanovic, I., Spalevic, V., Sestras, P., Skataric, G., & Dudic, B. (2020). The Influence of the Application Technique and Amount of Liquid Starter Fertilizer on Corn Yield. *Agriculture*, 10(8), 347.


Gomez, K. ., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research*. 2nd ed. John Willy and Sons, inc. *New York*.

Hariyadi, B., Nisak, F., Nurmalasari, I., Kogoya, Y., Hariyadi, B. W., Nizak, F., & Nurmalasari, I. R. (2018). Effect of Dose and Time of NPK Fertilizer Application on The growth and Yield of Tomato ( *Lycopersicum esculentum* Mill). pg 1-10. *Journal Of Agricultural Science And Agriculture*, 3(1), 1–10.


Jamili, M. J., Sjojfan, J., & Amri, A. I. (2017). Pengaruh Jerami Padi dan Rasio Pupuk Urea, TSP, KCl terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai

(Glycine max (L) Merril.). *JOM Faperta*, 4(1), 1–14.


Jumini, Hasinah, & Armis. (2012).

 PENGARUH INTERVAL WAKTU PEMBERIAN PUPUK ORGANIK CAIR ENVIRO TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL DUA VARIETAS MENTIMUN (*Cucumis sativus* L.). *J. Floratek*, 7(1), 133–140.


Komariah, A., Waloejo, E. C., & Hidayat, O. (2017).

 PENGARUH PENGGUNAAN NAUNGAN TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL DUA VARIETAS TANAMAN KACANG MERAH (*Phaseolus vulgaris* L.). *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 5(1), 33.


Kusumiyati, K., Sutari, W., & Raniska, N.

 (2016). Respons pertumbuhan, hasil, dan kualitas hasil buncis tegak terhadap pemberian berbagai dosis kompos dan interval panen pada inceptisols jatinangor. *Kultivasi*, 15(2), 92–98.


Margaretha, C., Yafizham, Y., Hidayat, K.

 F., & Karyanto, A. (2015). PENGARUH KOMBINASI DOSIS PUPUK ANORGANIK DAN PUPUK SLURRY CAIR TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN KACANG HIJAU (*Phaseolus radiatus* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 3(1), 18–23.

Maruapey, A. (2012). Pengaruh pupuk


 kalium terhadap pertumbuhan dan produksi berbagai jagung pulut (*Zea mays ceratina* L.). *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 5(2), 33.

Mohammedaltom, A. A. A., & Dagash, Y.


 M. I. (2017). The influence of fertilizer type and time of application

on growth and forage productivity of mung bean. *Asian Journal of Agriculture*, 1(01), 22–28.


Rachmadhani, N. W., Koesriharti, &

 Santoso, M. (2014). Effect of organic and anorganic fertilizer on the growth and yield of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 2(6), 443–452.


Rajiman. (2020). *Pengantar Pemupukan*.

 Deepublish.


Rosmiati, Iswahyudi, A. (2016).

 Pertumbuhan dan Hasil Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*, L) pada Berbagai Ukuran Benih dan Kedalaman Olah Tanah. *Agrosamudra*, 4(2), 72–80.


Santosa, M., Maghfoer, M. D., & Tarno, H.

 (2017). The Influence of Organic and Inorganic Fertilizers on the Growth and Yield of Green Bean, *Phaseolus vulgaris* L. Grown in Dry and Rainy Season. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 39(3), 296–302.


Saputra, M. Y., Mawandha, H. G., &

 Swandari, T. (2018). PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.) DENGAN PEMBERIAN PUPUK TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN NPK GROWTH. *Agroista*, 02(02), 151–161.


Sitepu, D. S. B., Ginting, J., & Mariati.


 (2014). Respon Pertumbuhan Dan Produksi Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Terhadap Pemberian Paclobutrazol Dan Pupuk Kalium. *Jurnal Online Agroteknologi*, 2(4), 1545–1551.


Styaningrum, L., Koesriharti, & Maghfoer,


 M. D. (2013). PUPUK KANDANG


KAMBING DAN PUPUK DAUN YANG BERBEDA RESPONSE OF COMMON BEAN ( *Phaseolus vulgaris* L .) AT THE VARIOUS DOSAGE OF MANURE AND FOLIAR FERTILIZER. *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(1), 54–60.

 Subandi, S. (2013). Peran dan Pengelolaan Hara Kalium Untuk Produksi Pangan di Indonesia. *Agricultural Innovation Development*, 6(1), 1–10.

 Susilo, E., Parwito, P., & Pujiwati, H. (2019). Perbaikan Pertumbuhan dan Hasil Kacang Tanah Di Tanah Ultisol dengan Aplikasi Pupuk P dan K. *AGRITEPA: Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pertanian*, 6(1), 126–136.

 Wahyudin, A., Wicaksono, F. Y., Irwan, A. W., Ruminta, R., & Fitriani, R. (2017). Respons tanaman kedelai (*Glycine max*) varietas Wilis akibat pemberian berbagai dosis pupuk N, P, K, dan pupuk guano pada tanah Inceptisol Jatinangor. *Kultivasi*, 16(2), 333–339.

 Walsen, A. (2008). Aplikasi pupuk subur in dengan dosis dan waktu berbeda pada tanaman ketimun ( *Cucumis sativus* L .). *Jurnal Budidaya Pertanian*, 4(1), 29–37.

 Yusdian, Y., Kamajaya, A. Y., & Hambali, A. (2018). Aplikasi Perbandingan Dosis Pupuk Nitrogen Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Varietas Balitsa 2. *Agro Tatanen*, 1(1), 9–16.

## AUTHOR INDEKS

### A

Agnes N.W., 1

### B

Bambang S., 36, 55

### D

Didik P.R., 1, 22

Dwika N.H., 22

### F

F. Deru D., 12

### H

Hendrival, 74

### K

Kacung H., 22

### M

M. Yuda N., 12

Moh. Syahrul M., 63

Muhammad M., 12

Muhammad M.M., 74

Muhammad N.T.A., 86

### N

Nadya O., 55

Naomi B.Y., 36

Natasha F., 1

Netty E., 36

### P

Parawita D., 22

Parwi, 12

Popy H.H., 1

Pricilia A., 46

### R

Retno A., 36

Rika K., 74

Rosyda P., 12

### S

Sholeh A., 63

Sigit S., 63

Siti U., 55

Sitti I., 46

Syatrawati, 46

### T

Tri H., 22, 86

### W

Wulan N.N., 55

## SUBYEK INDEKS

### A

Agensia, 46  
Agroforestri, 12  
Amorphophallus mulleri, 22

### B

BAP, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 24, 57  
bibit kelapa sawit, 63  
buncis, 86

### C

Clerodendrum, 14

### D

Dioscorea hisbida, 18

### E

eksplan, 1, 24, 27, 56  
embrio, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31  
embriogenik, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31

### F

fase pre-embriomas, 28

### G

globus, 14, 15, 16, 17, 18

### H

Hama Kumbang Bubuk, 74  
Hifa, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19

### I

*in vitro*, 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 23, 25, 55, 56

### J

jambul, 29, 30, 31  
jaringan, 19, 22, 23, 24, 25, 29, 51

### K

kadar air tanah, 63  
Kerentanan, 74  
ketahanan berbasis RNAi, 36  
Kinetin, 55  
korteks, 19

### L

lada, 46  
lebar pori stomata, 63

### M

Mikoriza, 12  
mikroorganisme, 46  
Monokultur, 12

### N

Naphthalene Acetic Acid (NAA), 2

### O

Organogenesis tak langsung, 1

### P

Pogostemon cablin Benth, 1  
Porang, 12  
promosi, 46  
pupuk KCl, 63

### R

Regenerasi, 55

### S

Scaning elektron mikroskopi (SEM), 22  
Scanning Electron Microscopy, 63  
Serealia, 74  
Sitophilus oryzae, 74  
Somatik embriogenesis, 22  
Sorgum, 55  
stabilitas genetik, 36

### T

tunas majemuk dari eksplan, 1  
tunas majemuk dari eksplan nodus, 1

### U

ubi kayu, 18, 19

### W

waktu aplikasi, 86

### Z

ZPT, 1, 50, 51, 55, 58



## **AUTHOR GUIDELINES**

**AGRIPRIMA** : *Journal of Applied Agricultural Sciences*.

Online version : <https://agriprima.polije.ac.id>

P-ISSN : 2549-2934 | E-ISSN : 2549-2942

---

**Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences** adalah Jurnal Ilmu Pertanian Terapan yang dikelola oleh Politeknik Negeri Jember dan telah mendapatkan **akreditasi Sinta 3 (S3)**, dari Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi pada tahun 2019. Agriprima terbit dua kali dalam setahun, yaitu bulan Maret dan September. Lingkup kajian jurnal mencakup pertanian secara luas meliputi bidang pemuliaan tanaman, bioteknologi tanaman, teknologi produksi benih, perlindungan tanaman, ilmu tanah, teknologi pasca panen dan bidang ilmu pertanian lain yang berhubungan dengan peningkatan produksi tanaman pangan, hortikultura, perkebunan dan kehutanan. Agriprima mempublikasikan orisinal riset artikel dan artikel teknis yang berhubungan dengan metode baru dan inovatif yang bermanfaat bagi masyarakat. Proses *submission* artikel disediakan sesederhana mungkin agar mempermudah penulis dalam pengiriman naskah. Untuk keberhasilan dalam proses pengiriman dan publikasi naskah anda, tahapan persiapan naskah yang terdapat dalam *author guidelines* harus diikuti penulis.

---

### **FORMAT NASKAH**

Naskah ditulis mengikuti susunan format standar Jurnal Agriprima meliputi: Judul, Penulis, Asal Institusi/Lembaga dan e-mail, Abstrak, Kata Kunci, Pendahuluan, Metodologi, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima Kasih (*Optional*), Daftar Pustaka. Naskah diketik pada kertas A4 menggunakan huruf *Times New Roman* ukuran 12, spasi 1. Batas tepi (*margin*) atas 3 cm, bawah 2,5 cm, kanan 2,5 cm dan kiri 3 cm.

### **JUDUL**

Judul ditulis dengan jelas, ringkas dan informatif menggambarkan keseluruhan isi dari naskah penelitian. Hindari penulisan singkatan dan istilah non baku pada judul.

### **PENULIS**

Nama penulis ditulis lengkap dengan tidak mencantumkan gelar akademis. Asal institusi/kelembagaan ditulis dengan nama jurusan/departemen dan nama Institusi/Lembaga. Alamat email yang digunakan ialah alamat email *corresponding author*, yang merupakan perwakilan dari semua penulis untuk korespondensi naskah serta berkomunikasi dengan editor, ditulis *italic*.

### **ABSTRAK**

Abstrak berisi latar belakang, tujuan, metode, hasil, dan kesimpulan. Abstrak menggunakan 2 (dua) bahasa yaitu Indonesia dan Inggris. Abstrak berisi maksimal 250 kata menggunakan huruf *Times New Roman* ukuran 11, dengan jarak 1 spasi.

### **KATA KUNCI**

Maksimal 5 kata kunci yang dapat diambil dari isi naskah/pokok bahasan artikel, bisa berupa kata tunggal/frase. Kata kunci diurutkan berdasarkan abjadnya dan dipisahkan dengan tanda titik koma (;).



## AUTHOR GUIDELINES

**AGRIPRIMA** : *Journal of Applied Agricultural Sciences.*

Online version : <https://agriprima.polije.ac.id>

P-ISSN : 2549-2934 | E-ISSN : 2549-2942

---

### ISI NASKAH, terdiri dari:

#### PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi latar belakang atau permasalahan pokok dan tujuan penelitian. Latar belakang merupakan alasan dilakukannya penelitian yang didukung landasan teori dan hasil penelitian terkini (*state of the art*) terutama dari acuan primer seperti jurnal, prosiding, skripsi, tesis, dan disertasi. Pendahuluan ditulis tidak melebihi 1000 kata.

#### METODOLOGI

Metodologi menerangkan waktu dan tempat, alat dan bahan, metode atau rancangan serta parameter pengamatan. Tidak menggunakan judul sub bab untuk setiap bagian dalam metodologi. Penulisan satuan ukuran harus mengikuti sistem internasional. Dijelaskan juga referensi pada metode yang digunakan untuk menghindari perbedaan persepsi dan kesalahpahaman. Metodologi ditulis tidak melebihi 600 kata.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan berisi data hasil penelitian dan pembahasannya. Penyajian hasil dapat berupa gambar dan tabel aktif yang dapat diedit oleh editor. Pembahasan memuat kajian teoritis, implikasi hasil serta kajian empiris dari peneliti terdahulu. **Acuan pustaka yang digunakan diutamakan acuan primer dengan lebih dari 80%.**

#### KESIMPULAN

Kesimpulan ditulis secara singkat, berisikan jawaban dari hipotesis penelitian.

#### ACKNOWLEDGEMENT (*Optional*)

Berisikan ucapan terima kasih kepada perorangan, kelompok atau lembaga dan sponsor pemberi dana untuk pelaksanaan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

**Jumlah daftar pustaka yang digunakan minimal 10 referensi terbaru (5-10 tahun terakhir) dan 80% berasal dari pustaka primer.** Format Daftar Pustaka ditulis menggunakan gaya American Psychological Association (APA) disusun berurut (A-Z) sebaiknya menggunakan aplikasi Mendeley atau EndNote dan tambahkan link DOI atau pdf online pada Mendeley. Contoh penulisannya adalah sebagai berikut:

##### Artikel Jurnal

Farida, I.N., Sjamsijah, N., & Rahmawati, D. (2018). Respon Seleksi Karakter Umur Pendek dan Potensi Hasil Tinggi pada Beberapa Genotipe Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Generasi F6. *Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences*, 2(1), 30-39. Retrieved from <https://doi.org/10.25047/agriprima.v2i1.57>

##### Prosiding

Erawati, D.N., Irma, W., Cherry, T., & Siti, H. (2012). Improvement of Biological Control Technology Package by Environment Vision on Kasturi Tobacco Farm Management. In K. Muzakhar., Purwatiningsih., E.V. Utami., F.B. Ulum., R. Setiawan., Syafiq.



## **AUTHOR GUIDELINES**

**AGRIPRIMA** : *Journal of Applied Agricultural Sciences.*

Online version : <https://agripriima.polije.ac.id>

P-ISSN : 2549-2934 | E-ISSN : 2549-2942

---

Ubaidilah., A. Barokah., Z. Khoiriyah., & A. Jannah (Eds), *Exploration and Conservation of Biodiversity: Proceeding of International Conference on Life Sciences and Biotechnology* (pp. 316-321). Jember, Universitas Jember

### **Buku**

George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G. J. (2007). *Plant Propagation by Tissue Culture:*

*Volume 1. The Background.* Springer Netherlands.

### **Bab atau Sub Bagian (Chapter) Buku**

Jennifer, N., Janet, P. S., & Jerry, D. C. (2004). Hormone Biosynthesis Metabolism and its Regulation. In Peter, JD (Ed.), *Plant Hormones. Biosynthesis and Signal Transduction and Action* (pp.36-62). Kluwer Academic Publishers, UK. Retieved from DOI: 10.1007/978-1-4020-2686-7

### **Tesis**

Wardana, R. (2015). *Transformasi Genetik Padi (Oryza sativa L.) dengan Gen PaCS Penyandi Sitrat Sintase Menggunakan Perantara Agrobacterium tumefaciens (Tesis).* Retieved from [http:// repository.ipb.ac.id/handle/ 123456789/72039](http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/72039)

---

## **Kontribusi Journal**

Artikel yang diterima dan akan dipublikasikan di Agripriima, *Journal of Applied Agricultural Sciences* dikenai biaya sebesar: Rp. 500.000 (IDR). Biaya tersebut termasuk biaya cetak hardcopy dan pengiriman.

Pemberitahuan persetujuan publikasi akan dikirimkan melalui email Author.

Pembayaran dapat dilakukan melalui transfer:

1. Rek. BRI: 0021 0112 8005 508  
Atas nama: Indah Wahyu Pratiwi
  2. Rek. Mandiri: 1430013207178  
Atas nama: Indah Wahyu Pratiwi
  3. Rek. BCA: 0244026369  
Atas nama: Indah Wahyu Pratiwi
-







**POLITEKNIK**  
NEGERI JEMBER

Jl. Mastrip Po Box 164  
Jember, East Java  
Indonesia

ISSN 2549-2942



9 772549 294066



# AGRIPRIMA

Journal of Applied Agricultural Sciences

**VOL.6 NO.1**  
**MARCH 2022**



Jl. Mastrip Po Box 164  
Jember, East Java  
Indonesia

ISSN 2549-2942

