



POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA
UNIT PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT (UP2M)
JL. LPP No. 1A, Balapan, Yogyakarta 55222
Telp. (0274) 555776 Fax. (0274) 585274

SURAT KETERANGAN PUBLIKASI

Nomor : 08/UP2M/SKet/I/2026

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Anna Kusumawati, SP., M.Sc.
Jabatan : Ketua UP2M Politeknik LPP

Dengan ini menerangkan bahwa :
Nama :

1. Sutan Tarmizi Lubis
2. Eka Tarwaca Susila Putra
3. Betha Silmia

Judul Artikel : Growth and Yield Response of Rice (*Oryza sativa* L.) to Compound Copper and Zinc Micronutrient Fertilization

Jenis Publikasi : Jurnal Terakreditasi Sinta 4

Tanggal Penerbitan : 16 Januari 2026

Telah dipublikasikan di : Jurnal Biologi Tropis

Informasi lebih lanjut mengenai publikasi ini dapat di akses melalui:

<http://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11147>

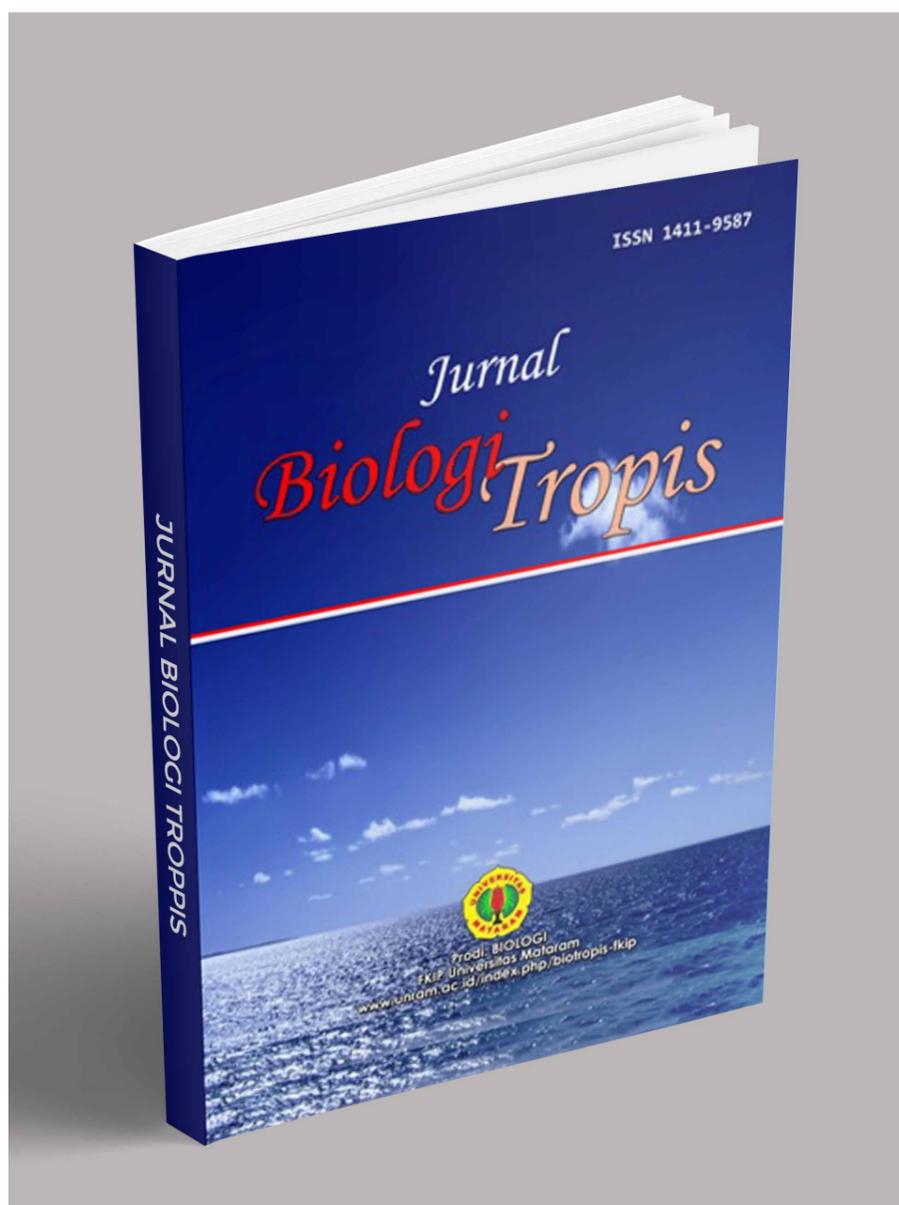
Demikian surat keterangan ini di buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 06 Februari 2026
Ketua UP2M Politeknik LPP



Dr. Anna Kusumawati, SP., M.Sc.

JURNAL BIOLOGI TROPIS



Jurnal Biologi Tropis (ISSN Print [1411-9587](#) and ISSN Online [2549-7863](#)). First publication in 2000. Publishing period: Starting on January 2020, three editions/year: January-April, May-August and September-December.

Jurnal Biologi Tropis, starting in 2022, will be published in four editions per year, namely: January - March; April - June; July - September and October - December.

Publisher: Department of Sciences Education. Faculty of Teacher Training and Education Mataram University, Indonesia, Jalan Majapahit Number 62 Mataram, Lombok NTB 83125.

Jurnal Biologi Tropis Collaborate with: [Perkumpulan Pendidik IPA Indonesia](#).

Publisher: Department of Sciences Education. Faculty of Teacher Training and Education Mataram University, Indonesia, Jalan Majapahit Number 62 Mataram, Lombok NTB 83125.

Jurnal Biologi Tropis provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. This journal is open access journal which means that all content is freely available without charge to users or / institution. Users are allowed to read, download, copy, distribute, print, search, or link to full text articles in this journal without asking prior permission from the publisher or author. This is in accordance with Budapest Open Access Initiative.



Nationally Accredited Journal by the Ministry of Research, Technology, and Higher Education of the Republic of Indonesia (2019-2023) Decree No. 36/E/KPT/2019.

E-mail: jb.tropis@unram.ac.id

Admin: 0822-6641-0119



Jurnal Biologi Tropis is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#).

ANNOUNCEMENTS

SERTIFIKAT

Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia




Kutipan dari Keputusan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia

Nomor: 72/E/KPT/2024 Tanggal: 1 April 2024

Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode I Tahun 2024

Nama Jurnal Ilmiah
Jurnal Biologi Tropis

E-ISSN
25497863

Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan PMIPA FKIP Universitas Mataram
Ditetapkan Sebagai Jurnal Ilmiah:

TERAKREDITASI PERINGKAT 4

Akreditasi Berlaku selama 5 (lima) Tahun, yaitu:
volume 23 nomor 3 tahun 2023 sampai volume 28 nomor 2 tahun 2028
Jakarta,

Direktur Riset, Teknologi dan Pengabdian Kepada Masyarakat


M.Faiz Syaib
 NIP. 196708311994021001




[READ MORE >](#)

[EDITORIAL TEAM](#)
[REVIEWERS](#)
[FOCUS & SCOPE](#)
[PUBLICATION ETHICS](#)
[REVIEW PROCESS](#)
[OPEN ACCESS POLICY](#)
[PUBLICATIONS FEES](#)
[Akreditasi Sinta 4](#)
[MANUSCRIPT TEMPLATE](#)



VISITORS



[View My Stats](#)

KEYWORDS

bokashi, pruning, vigna sinensis l.
 disease, pests, red chili.
 hellp syndrome, risk factors, pregnancy.
 anxiety

Mitra Kerja Sama




 FAKULTAS
 KEGURUAN DAN
 ILMU PENDIDIKAN
 (FKIP) UNRAM

OPEN ACCESS JOURNALS

The FKIP University of Mataram Journals is Open Access Journals provides quality journal publication services to documenting and preserving scientific article from the results of your research

CONTACT US

- ☎ Phone. 021 123456 ex.120
- ✉ Mail. jurnalfkip@unram.ac.id
- 🌐 Web. <https://jurnalfkip.unram.ac.id>

INFORMATION

[For Authors](#)
[For Readers](#)
[For Librarians](#)

SHARE & FOLLOW



Vol. 26 No. 1 (2026): Januari-Maret



PUBLISHED: 2026-01-06

ARTICLES

The Relationship Between the Level of Knowledge of the Elderly About Risk Factors of Low Back Pain and the Incidence of Low Back Pain at Pusat Pelayanan Sosial Lanjut Usia Mandalika, Nusa Tenggara Barat, in 2025

Author(s): Ni Kadek Lioni , Anak Agung Ayu Niti Wedayani , Dyah Purnaning , Azizatul Adni

1-7

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11197](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11197)

 Abstract views: 271 | pdf downloads: 111

 PDF

Relationship Between Duration of Hemodialysis and Knowledge Level About Chronic Kidney Disease Among Hemodialysis Patients in Kupang City

Author(s): Betty Griselda Christine Soemoeljo , Teguh Dwi Nugroho , Su Djie To Rante , Elisabeth Levina Sari Setianingrum

8-14

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11194](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11194)

 Abstract views: 130 | pdf downloads: 94

 PDF

Relationship Between Central Obesity and Low Back Pain Complaints Among Housewives in Kampung Sawah Village, West Sumba

Author(s): Dominggus R.K.U.W Pandango , Su Djie To Rante , Audrey Gracelia Riwu , Dwita Anastasia Deo

15-21

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11205](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11205)

 Abstract views: 201 | pdf downloads: 52

 PDF

Assessing Indonesia's Social Forestry Achievements within the Enhanced Nationally Determined Contribution (ENDC) Framework

Author(s): Bangkit Maulana , Taslim Sjah , Ketut Budastra

22-30

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11060](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11060)

 Abstract views: 137 | pdf downloads: 61

 PDF

Effect of Bay Leaf Extract (*Syzygium polyanthum*) on The Histopathological Appearance of Large Intestine of White Rats (*Rattus norvegicus*) Induced by Ibuprofen

Author(s): Patrick David Altissimo Balbesi , Efrisca M. Br. Damanik , Sangguana Marthen Jacobus Koamesah , Regina M. Hutasoit

 Abstract views: 106 | pdf downloads: 38 PDF

Effect of Bay Leaf Extract (*Syzygium polyanthum*) on Renal Histopathology in Ibuprofen-Induced White Rats (*Rattus norvegicus*)

Author(s): Angel Tiurma Butar , Efrisca M. Br. Damanik , Regina M. Hutasoit , Muhajirin Dean

39-45

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11217](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11217) Abstract views: 93 | pdf downloads: 30 PDF

The Effect of Sugar Variation and Fermentation Time on Hydrogen Peroxide Levels and Eco-Enzyme Antibacterial Activity

Author(s): Ni Putu Vidya Primarista , Abdul Rohman Wali , Trisuciati Syahwardini

46-55

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11178](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11178) Abstract views: 157 | pdf downloads: 52 PDF

Relationship Between Knowledge, Attitude, and Practice of General Practitioners Regarding Diabetic Retinopathy Screening Among Diabetes Mellitus Patients in Primary Healthcare Centers on Lombok Island

Author(s): I Kadek Ari Sanjaya , Monalisa Nasrul , Ni Nyoman Geriputri

56-64

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11229](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11229) Abstract views: 95 | pdf downloads: 22 PDF

Antibacterial Activity Test of Star Fruit Leaf Extract (*Averrhoa bilimbi* Linn) Against *Staphylococcus epidermidis*

Author(s): Michellin Elsen , Desi Indria Rini , Magdarita Riwu , Carolin Wijaya

65-70

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11238](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11238) Abstract views: 78 | pdf downloads: 37 PDF

Effect of Ecoenzyme Addition to Red Glutinous Rice-Based *Trichoderma asperellum* on Bujang Marantau Germination Biomass

Author(s): Lega Pesona Kasih , Azwir Anhar

71-76

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11239](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11239) Abstract views: 105 | pdf downloads: 38 PDF

Effectiveness of Rehabilitation of Kelep River Watershed in West Lombok Regency

Author(s): Welmy Soumena , Taslim Sjah , I Ketut Budastra

77-85

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.10994](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.10994) Abstract views: 50 | pdf downloads: 27 PDF

Growth Response of White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) to Stocking Density Variations in Traditional System

Author(s): Muhammad Javierrevo Aironic , Andi Rahmad Rahim , Aminin Aminin

86-91

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11302](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11302) Abstract views: 162 | pdf downloads: 11 PDF

92-98

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11250](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11250)

Abstract views: 118 | pdf downloads: 40

PDF

Relationship Between Nutritional Status and HbA1c Levels in Diabetes Patients at Primary Health Center in Kupang City

Author(s): Veronika Florida Fiani , Elisabeth Levina Setianingrum , Rahel Rara Woda , Kristian Ratu

99-105

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11251](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11251)

Abstract views: 136 | pdf downloads: 38

PDF

Assessment of Sea Turtle Welfare Using an Animal Welfare Approach at Nipah Beach Hatchery

Author(s): Nadira Khairunnisa , Maiser Syaputra , Fauzan Fahrussiam

106-114

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11256](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11256)

Abstract views: 118 | pdf downloads: 34

PDF

Spatial and Canopy Utilization Pattern by Long-Tailed Monkeys (*macaca fascicularis*) Along the Oi Marai Tourist Trail

Author(s): Dedy Rahman , Maiser Syaputra , Hasyati Shabrina

115-121

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11354](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11354)

Abstract views: 136 | pdf downloads: 29

PDF

Herbivory-induced Defense Responses in Brassicaceae: Implication on Secondary Metabolites Enrichment and Diversification - A Comprehensive Review

Author(s): Suci Indah Putri , Shyla Aulia Delfi , Putra Santoso , Resti Rahayu , Muhammad Idris

122-130

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11004](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11004)

Abstract views: 121 | pdf downloads: 28

PDF

Growth and Yield Response of Rice (*Oryza sativa* L.) to Compound Copper and Zinc Micronutrient Fertilization

Author(s): Sutan Tarmizi Lubis , Eka Tarwaca Susila Putra , Betha Silmia

131-139

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11147](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11147)

Abstract views: 68 | pdf downloads: 28

PDF

Comparison of Two Commercial Concentrates on Carcass Percentage and Internal Organs of Broiler Chickens

Author(s): Bagas Fajar Firmansyah , Sri Sukaryani

140-147

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11088](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11088)

Abstract views: 65 | pdf downloads: 29

PDF

Physical Quality of Banana Stem and *Indigofera* sp Mixture Fermented Using MA-11 at Different Doses

Author(s): Amanda Istiana , Sri Sukaryani

148-155

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11027](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11027)

Abstract views: 40 | pdf downloads: 20

PDF

Author(s): Rangga Kembang Taruna , Purwadhi Purwadhi , Ign. Wiseto P. Agung

156-165

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11293](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11293)

 Abstract views: 45 | pdf downloads: 16

 PDF

Morphometric And Meristic Aspects of Lemuru Fish (*Sardinella lemuru*) Landed on Pancer Beach Banyuwangi

Author(s): Dea Yolanda Aulia Rida , Karnan Karnan , Didik Santoso

166-175

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11364](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11364)

 Abstract views: 35 | pdf downloads: 18

 PDF

Mangrove Carbon Potential in The Bagek Kembar Mangrove Area and Cemara Lembar South Coast, West Lombok

Author(s): Rita Alawiyah , Abdul Syukur , Didik Santoso

176-182

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11343](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11343)

 Abstract views: 89 | pdf downloads: 40

 PDF

Study of the Difference in Biodegradation Rate of LAS (Linear Alkylbenzene Sulfonates) and MES (Methyl Ester Sulfonate) Surfactants by *Pseudomonas putida* and *Bacillus megaterium*

Author(s): Baiq Dini Najia Dzurrahmi , Prapti Sedijani , Muhlis Muhlis

183-190

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11387](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11387)

 Abstract views: 69 | pdf downloads: 23

 PDF

Prediction of Salmon Inhibitor Peptides For DPP-IV Proteins Using Molecular Docking

Author(s): Nahdiyah Vernanda Saputri , Yulanda Antonius

191-197

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11310](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11310)

 Abstract views: 49 | pdf downloads: 18

 PDF

Relationship between Menarche Age and the Incidence of Primary Dysmenorrhea in Christian Junior High School Students of Citra Bangsa Mandiri Kupang City

Author(s): Giovani Maria Fallo , Kristian Ratu , Nimas Prita R. K. Wardani , Teguh Dwi Nugroho

198-203

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11395](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11395)

 Abstract views: 70 | pdf downloads: 12

 PDF

Effect of Isometric Handgrip Exercise on Blood Pressure Reduction in Individuals with Prehypertension and Stage 1 Hypertension

Author(s): Marescha Alehandro L. Pajukang , Su Djie To Rante , Regina Marvina Hutasoit , Deif Tunggal

204-212

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11394](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11394)

 Abstract views: 81 | pdf downloads: 46

 PDF

Association of Echinoderms with Seagrass on the South Coast of East Lombok

Author(s): Sarwan Ardani , Abdul Syukur , Mohammad Liwa Ilhamdi

213-225

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11353](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11353)

 Abstract views: 46 | pdf downloads: 21

The Influence of Growing Media on the Growth of Kepok Tanjung Banana (*Musa paradisiaca*) During the Acclimatization Stage

Author(s): Yulisa Fitri , Yosi Zendra Joni , Violita Violita

226-233

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11340](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11340)

 Abstract views: 132 | pdf downloads: 43

 PDF

Relationship Between Low Birth Weight and Neonatal Asphyxia Incidence at Kalabahi-Alor Regional Hospital in the 2021-2024 Period

Author(s): Calistha Regina Sandy , Gottfrieda P. Taeng Ob-Adang , Nicholas Edwin Handoyo , Tunggal Dief

234-241

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11341](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11341)

 Abstract views: 52 | pdf downloads: 15

 PDF

Diversity and Distribution of Orthoptera in Kerandangan Nature Tourism Park

Author(s): Intan Putri Yasa , Mohammad Liwa Ilhamdi , Eni Suyantri

242-248

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11191](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11191)

 Abstract views: 51 | pdf downloads: 16

 PDF

Antifungal Activity of Methanol Extract of *Mikania micrantha* Kunth. Leaves Against *Malassezia furfur*

Author(s): Rahmawati Rahmawati , [Evi Nurmeiti](#) , Diah Wulandari Rousdy

249-254

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11042](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11042)

 Abstract views: 25 | pdf downloads: 15

 PDF

Mechanisms of Substance Transport Across the Cell Membrane: Diffusion, Osmosis, and Active Transport

Author(s): Azizah Amalia Abbas , Lutfitri Rahmadani , Fransiska Petronela Sepe , Yohanes Mari Ba'i Leta , Veronika P. Sinta Mbia Wae

255-262

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.10979](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.10979)

 Abstract views: 70 | pdf downloads: 80

 PDF

Inventory of Medicinal Plants and Conservation Efforts among the Indigenous Community of Kedayon Village, Kemanisan Subdistrict, Curug District, Serang City

Author(s): Fatimah Azahrah , Nabilah Artanti , Nurhasanah Nurhasanah , Aef Saefulloh , Desi Eka Nur Fitriana

263-281

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11180](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11180)

 Abstract views: 202 | pdf downloads: 68

 PDF

Various Pharmacological Activities in the Development of Kombucha as A Functional Food Ingredient with Economic Potential: A Literature Review

Author(s): Firman Rezaldi , Nia Agustina , Paramita Wisnuwardhani , Fahmi Alamil Huda , Erni Suminar

282-300

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11417](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11417)

 Abstract views: 132 | pdf downloads: 47

 PDF

Identification of Rice Field Potential Using a Geographic Information System Approach in Sambas Regency

Author(s): Romiyanto Romiyanto , Leony Agustine

301-310

 PDF

Identification Phalaenopsis sp in Nglurah Village, Tawangmangu as A Source of High School Biology Learning

Author(s): Muhammad Nur Hidayad , Tri Wiharti

311-321

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11215](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11215)

Abstract views: 112 | pdf downloads: 32

 PDF

Identification of Family Medicinal Plants in Bulusari Village, Wonogiri as High School Biology Learning Resources

Author(s): Muthia Mardiyah , Agus Purwanto

322-329

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11245](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11245)

Abstract views: 26 | pdf downloads: 16

 PDF

Global Research Trends on Environmental Sanitation and Pathogenic Bacteria: A Bibliometric Review

Author(s): Zulfadilah Zulfadilah , Elsa Yuniarti

330-346

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11286](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11286)

Abstract views: 89 | pdf downloads: 33

 PDF

Community Structure of Spider (Araneae) in Kerandangan Nature Park, West Lombok

Author(s): Aswangga Abigail Hidayat , I Putu Artayasa , Mohammad Liwa Ilhamdi

347-354

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11424](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11424)

Abstract views: 32 | pdf downloads: 29

 PDF

The Relationship Between Stunting and Decrease in Cognitive Ability: A Literature Review

Author(s): I Gusti Ayu Putu Widi Adnyani , Made Suadnyani Pasek , Ni Putu Dewi Sri Wahyuni

355-362

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11005](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11005)

Abstract views: 33 | pdf downloads: 15

 PDF

Review Article: Drug-Related Problems in Hypertensive Patients in Pharmaceutical Practice

Author(s): Eti Agustiani , Keysha Nabilla Putri Marasabessy , Dhea Syafitri Dwiyantri , Ulfatul Mutthoimah , Tuhfatul Ulya

363-372

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11407](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11407)

Abstract views: 36 | pdf downloads: 9

 PDF

Relationship of Physical Activity and Body Mass Index in Employees of UPTD Puskesmas La'o Kelurahan Wali Langke Rembong District

Author(s): Ida Flaviana Jeo , Christina Olly Lada , Dwita Anastasia Deo , Elizabeth L.S. Setianingrum

373-379

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11411](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11411)

Abstract views: 36 | pdf downloads: 5

 PDF

Author(s): Maria Faustina Veren Dika , Regina Marvina Hutasoit , Gottfrieda P. Taeng-Ob Adang , Nimas Prita R. K. Wardani
380-387

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11416](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11416)

 Abstract views: 48 | pdf downloads: 18

 PDF

Review Article: Analysis of The Food Additive Rhodamine B in Foods Circulated in The Public

Author(s): Nur Ramdhani Kanata , Chairatun Hisyani Putri , Eti Agustiani , Siti Nurain , Ninda Syaharani , B. Novia Rahmadita Sutanti , Ni Luh Eka Sudiawati Putri , Selvir Anandia Intan Maulidya

388-393

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11418](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11418)

 Abstract views: 15 | pdf downloads: 19

 PDF

Health Impacts of Air Pollution from Forest Fires: A Bibliometric Study of Respiratory Diseases

Author(s): Elisa Suryani , Elsa Yuniarti

394-404

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11213](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11213)

 Abstract views: 49 | pdf downloads: 21

 PDF

Identification of Dendrobium Orchid Species in Nglurah, Karanganyar as a High School Biology Learning Resource

Author(s): Dian Andhi Saputra , Agus Purwanto

405-414

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11246](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11246)

 Abstract views: 26 | pdf downloads: 9

 PDF

Literature Review: The Antimicrobial Potential of Xanthorrhizol and Curcuminoids from the Rhizomes of Curcuma Xanthorrhiza (Temulawak)

Author(s): Habibah Habibah , Vriezka Mierza

415-424

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.10810](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.10810)

 Abstract views: 24 | pdf downloads: 8

 PDF

Qualitative Phytochemical Screening of Ethanolic Extract of Centella asiatica L. Leaves

Author(s): Rizky Hasyara Putri , Rahmawati Rahmawati , Mukarlina Mukarlina

425-431

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11216](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11216)

 Abstract views: 16 | pdf downloads: 5

 PDF

Direct Pellet PCR: Rapid Extraction-Free Method for Identification of Cellulolytic Bacteria from Empty Fruit Bunch

Author(s): Edo Agam Pamungkas , Sylvia Madusari , Halida Adisty Putri , Risa Rosita

432-438

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11225](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11225)

 Abstract views: 31 | pdf downloads: 10

 PDF

Innovation of Mix Mango-Spirulina Smoothies as a Modern Functional Beverage Towards Creative Economy

Author(s): Jumrodah Jumrodah , Akhmad Mujahid , Nadia Uswatun Jayanti , Nor Reziqiyatun Najhah , Nuridah Nuridah , Nuridah Nuridah

439-446

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11303](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11303)

 Abstract views: 31 | pdf downloads: 1

Review Article: Potential of Natural Extracts on the Inhibition Zone of *Acne vulgaris* – Causing Bacteria

Author(s): Wahyu Haryanto , Agriana Rosmalina Hidayati

447-454

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11308](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11308) Abstract views: 42 | pdf downloads: 12 PDF**Correlation of Hand Washing with Soap of *Oxyuris vermicularis* Infection in Children at Angkasa Kindergarten, Surakarta**

Author(s): Nadya Putri Oktavia , Adhi Kumoro Setya

455-461

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11307](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11307) Abstract views: 30 | pdf downloads: 13 PDF**Literature Review: Potential of Lamiaceae Terpenoid Compounds as Anti-Inflammatory**

Author(s): Zozy Aneloi Noli , Melda Yunita Sari , Kania Khairunnisa , Irda Yanti

462-471

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11241](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11241) Abstract views: 22 | pdf downloads: 3 PDF**Analysis of The Profitability of Traditional Tuna Processing (Boiling) Businesses in Mataram City**

Author(s): Anggun Rizki Siami Aprilina , Muhammad Junaidi , Rinda Noviyanti

472-482

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11140](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11140) Abstract views: 15 | pdf downloads: 1 PDF**Early Adolescent Impulsivity in New Trends and Impact on Psychosocial Development**

Author(s): Khadijah Almuthii'ah , Luthfiyah Luthfiyah , Nadiya Dewi Syahida

483-490

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11350](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11350) Abstract views: 43 | pdf downloads: 17 PDF**The Correlation between Iron and Protein Intake in the Hemoglobin Levels of the Faculty of Medicine Students, Unram**

Author(s): Rifana Cholidah , Emmy Amalia , Ario Danianto , Dyah Purnaning , Asti Ananda

491-497

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11382](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11382) Abstract views: 36 | pdf downloads: 11 PDF**Literature Review: The Potential of Soft Coral *Lobophytum* sp. as a Source of Pharmaceutical Ingredients**

Author(s): Indra Purnomo , Baiq Risky Wahyu Lisnasari , Tuhfatul Ulya , Selvira Anandia Intan Maulidya , Wayan Cintya Ganes Budastra

498-505

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11469](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11469) Abstract views: 14 | pdf downloads: 11 PDF**Ethnobotany of Natural Dye Plants of *Godhongkoe* and *Cindelaras* for Eco-Friendly Ecoprint Batik in Surakarta**

Author(s): Devi Septiana Putri , Siswo Aji Prasetyo , Nurmiyati Nurmiyati , Joko Ariyanto

506-517

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11168](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11168) Abstract views: 11 | pdf downloads: 11

Fermentation of Banana Stems and Indigofera sp. Using MA-11 with Different Durations on Physical Quality

Author(s): Taufik Ferdiansyah , Ludfia Windyasmara

518-525

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11015](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11015)

 Abstract views: 7 | pdf downloads: 7

 PDF

Changes in Carbon to Nitrogen Ratio (C/N) in Peatlands of Pontianakas Influenced by Land Management Duration

Author(s): Abdulmujib Alhaddad

526-535

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11434](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11434)

 Abstract views: 0 | pdf downloads: 0

 PDF

The Relationship Between Personal Hygiene, Knowledge Level, and Occupancy Density with the Incidence of Pediculosis Capitis in Children

Author(s): Ghefira Nurringganis Abhari , Fahriana Azmi , Alfian Muhajir , Wiwin Mulianingsih

536-544

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11465](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11465)

 Abstract views: 0 | pdf downloads: 0

 PDF

The Relationship Between Nutritional Status and Scabies Symptoms in the Kupang City Sports Talent School (SKO) Dormitory

Author(s): Jonathan Azis Hussein Geong , Regina M. Hutasoit , Gottfrieda P. Taeng-Ob Adang , Herman P. L. Wungouw

545-551

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11472](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11472)

 Abstract views: 0 | pdf downloads: 0

 PDF

The Relationship Between the Use of Insecticide-Treated Mosquito Nets and Malaria Incidence in Gaura Village, West Lamboya District, West Sumba Regency

Author(s): Aliefa Sansabila Putri Sandewi , S. M. J. Koamesah , Dwita A. Deo , Deif Tunggal

552-557

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11494](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11494)

 Abstract views: 0 | pdf downloads: 0

 PDF

The Relationship Between Parenting Styles, Self-Esteem and Peer Support on Anxiety in Grade XI Students of SMAN 5 Mataram

Author(s): Ni Luh Rani Widyasari , Danang Nur Adiwibawa , Sherliyanah Sherliyanah , Suci Nirmala

558-567

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11519](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11519)

 Abstract views: 0 | pdf downloads: 0

 PDF

Association Between Dietary Patterns and Nutritional Status of Fifth-Grade Students in Kediri District

Author(s): Baiq Nurul Azizah , Kusmiyati Kusmiyati , Dewa Ayu Citra Rasmi

568-573

DOI: [10.29303/jbt.v26i1.11502](https://doi.org/10.29303/jbt.v26i1.11502)

 Abstract views: 0 | pdf downloads: 0

 PDF

Antibacterial Effectiveness of A Combination of Binahong (*Anredera cordifolia*) and Soursop (*Annona muricata*) Leaf Extract on The Growth of *Escherichia coli* in Vitro

Author(s): Agna Shaila Monica Wiranty , I Putu Dedy Arjita , Ety Retno Setyowati

 Abstract views: 0 | pdf downloads: 0

 PDF



EDITORIAL TEAM

REVIEWERS

FOCUS & SCOPE

PUBLICATION ETHICS

REVIEW PROCESS

OPEN ACCESS POLICY

PUBLICATIONS FEES

Akreditasi Sinta 4

MANUSCRIPT TEMPLATE



VISITORS



[View My Stats](#)

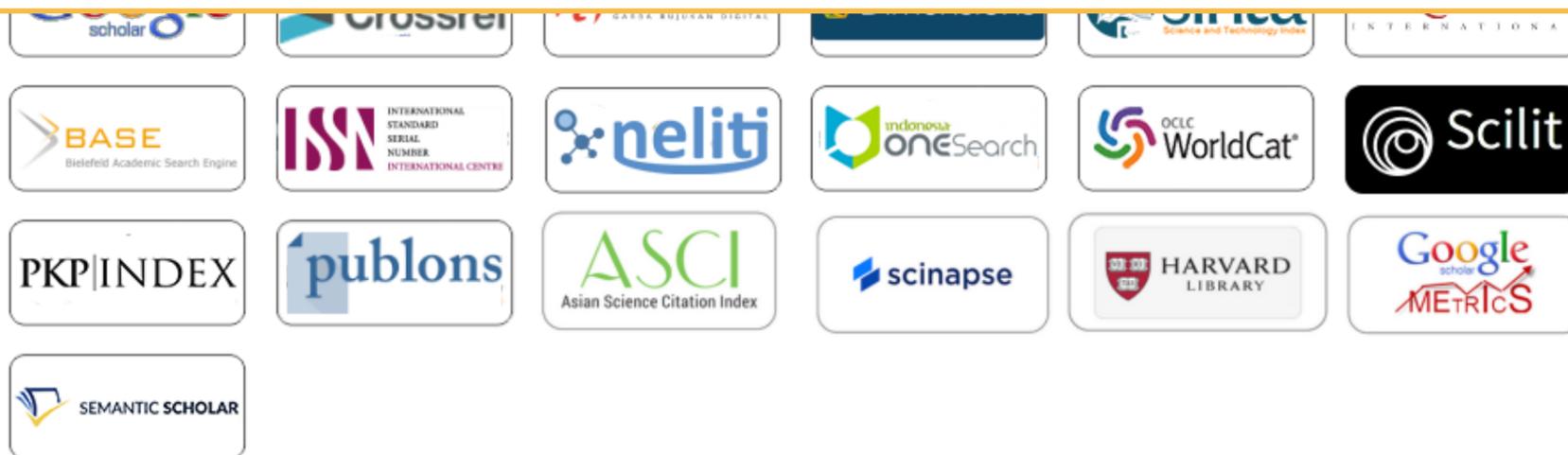
KEYWORDS

disease, pests, red chili,
anxiety

2,4-d, callus, dendrobium discolor, tcl.
bokashi, pruning, vigna sinensis l.

Mitra Kerja Sama





FAKULTAS
KEGURUAN DAN
ILMU PENDIDIKAN
(Berani dan Berprestasi)

OPEN ACCESS JOURNALS

The FKIP University of Mataram Journals is Open Access Journals provides quality journal publication services to documenting and preserving scientific article from the results of your research

CONTACT US

- ☎ Phone. [021 123456 ex.120](tel:021123456)
- ✉ Mail. jurnalfkip@unram.ac.id
- 🌐 Web. <https://jurnalfkip.unram.ac.id>

INFORMATION

- [For Authors](#)
- [For Readers](#)
- [For Librarians](#)

SHARE & FOLLOW



[HOME](#) / Editorial Team

Editorial Team

Editor in Chief

Prof. Dr. Abdul Syukur, M.Si, (SCOPUS ID [57372696400](#)) Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Mataram, Indonesia

Editorial Board

Prof. Dr. Agil Al Idrus, M.Si, (SCOPUS ID [57213518881](#)) Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Mataram, Indonesia

Prof. Dr. Mahrus. M.Si, (SCOPUS ID [57213589104](#)) Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Mataram, Indonesia

Dr. Taslim Arifin, M.Si, (SCOPUS ID [57214666568](#)) Badan Riset dan Sumberdaya Manusia Kelautan dan Perikanan Kementrian Kelautan dan Perikanan, Indonesia

Drs. Lalu Zulkifli, M.Si, Ph.D, (SCOPUS ID [15066284800](#)) Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Mataram, Indonesia

Dr. Imam Bachtiar, M.Sc (SCOPUS ID [57170534500](#)) Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Mataram, Indonesia

Dra. Rarastoeti Pratiwi, M.Sc., Ph.D., ([SINTA ID : 257321](#)) Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Dr. Yekti Asih Purwestri, M.Si, ([SINTA ID : 21472](#)) Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Dr. Tri Rini Nuringtyas, M.Sc, ([SINTA ID : 21396](#)) Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Dr. Puguh Karyanto, M.Si, ([SINTA ID : 6038355](#)) Universitas Sebelas Maret, Indonesia

Dr. Ir. Mohammad Mukhlis Kamal, M.Sc, ([SINTA ID : 6034262](#)) Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan Institut Pertanian Bogor, Indonesia

Dr. Fitria Ningsih, S.Si, M.Eng, ([SINTA ID : 6729359](#)) Universitas Indonesia, Indonesia

Fadhillah, S.Si, M.Agri., Ph.D, ([SINTA ID : 6743704](#)) Universitas Indonesia, Indonesia

Astari Dwiranti, M.Eng., Ph.D, ([SINTA ID : 5999139](#)) Universitas Indonesia, Indonesia

Noar Muda Satyawan, S.Pd, M.Si, ([SINTA ID : 6097309](#)) Politeknik Kelautan dan Perikanan Jembrana, Bali, Indonesia

Assistant Editors

Husnul Fuadi, M.Pd, (SCOPUS ID [57459560500](#)) Laboratorium Pendidikan MIPA, FKIP Universitas Mataram, Indonesia

Zulhalifah, M.Pd, (SCOPUS ID [57222757113](#)) Program Studi Magister Pendidikan IPA Pascasarjana Universitas Mataram, Indonesia

Kumala Ratna Dewi, M.Pd, SDN 1 Labuapi, Kabupaten Lombok Barat, NTB, Indonesia

Baiq Nunung Hidayati, M.Pd, (SCOPUS ID [57222759654](#)) Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas Mataram, Indonesia



EDITORIAL TEAM

REVIEWERS

FOCUS & SCOPE

REVIEW PROCESS

OPEN ACCESS POLICY

PUBLICATIONS FEES

Akreditasi Sinta 4

MANUSCRIPT TEMPLATE

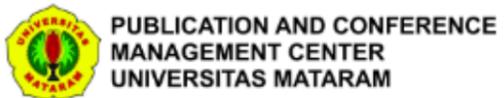


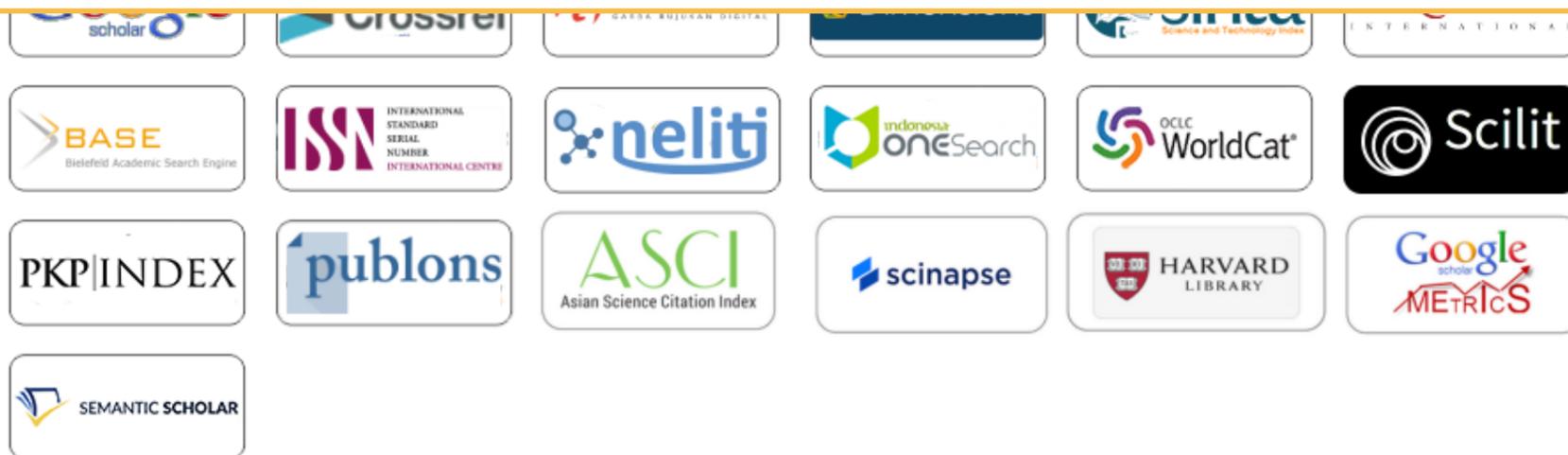
VISITORS

[View My Stats](#)

KEYWORDS

Mitra Kerja Sama





OPEN ACCESS JOURNALS

The FKIP University of Mataram Journals is Open Access Journals provides quality journal publication services to documenting and preserving scientific article from the results of your research

CONTACT US

- ☎ Phone. 021 123456 ex.120
- ✉ Mail. jurnalfkip@unram.ac.id
- 🌐 Web. <https://jurnalfkip.unram.ac.id>

INFORMATION

- [For Authors](#)
- [For Readers](#)
- [For Librarians](#)

SHARE & FOLLOW



Growth and Yield Response of Rice (*Oryza sativa* L.) to Compound Copper and Zinc Micronutrient Fertilization

Sutan Tarmizi Lubis^{1*}, Eka Tarwaca Susila Putra², Betha Silmia³

¹Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta, Indonesia;

²Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia;

³Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Trunojoyo, Madura, Indonesia;

Article History

Received : December 25th, 2025

Revised : January 09th, 2026

Accepted : January 16th, 2026

*Corresponding Author: **Sutan Tarmizi Lubis**, Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta, Indonesia;
Email: stn@polteklpp.ac.id

Abstract: This study evaluated a Zn–Cu compound micronutrient fertilizer on plant growth, yield components, grain yield, and fertilizer-use efficiency of Inpari 32 rice. A field experiment was conducted in an Inceptisol paddy field (1,100 m²) in Margokaton, Seyegan, Sleman, Yogyakarta, Indonesia (January–April 2025). Treatments were arranged in a non-factorial completely randomized design with eight fertilizer regimes and four replications, combining NPK with graded rates of Zn+Cu fertilizer. Pre- and post-planting soil nutrient analyses and post-harvest leaf tissue nutrient analyses were conducted, and vegetative traits, yield, Relative Agronomic Effectiveness (RAE), and fertilizer-use efficiency were evaluated. Soil Zn and Cu were initially very high and high, respectively, but remained below toxicity thresholds. Compared with regimes without Zn+Cu, Zn+Cu additions significantly increased plant height, tiller number, and milled dry grain yield. Treatments P2–P7 achieved RAE >100%, indicating greater agronomic effectiveness than the non-Zn+Cu regimes. The most effective dosage was P6 (1 dosage NPK + 1.5 dosage Zn+Cu).

Keywords: Copper, micronutrient fertilizer, relative agronomic effectiveness, rice (*Oryza sativa* L.), zinc

Pendahuluan

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas pangan strategis yang berperan penting dalam ketahanan pangan global, khususnya di negara berkembang seperti Indonesia (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2021). Variabilitas iklim, terutama perubahan curah hujan, berpotensi memengaruhi stabilitas produktivitas padi sehingga strategi peningkatan hasil perlu mempertimbangkan risiko agroklimat (Aditya *et al.*, 2021). Selain itu, kondisi tergenang dan kejadian banjir pada agroekosistem sawah dapat memengaruhi proses fisiologi tanaman dan ketersediaan hara sehingga perlu diantisipasi dalam strategi budidaya (Panda & Barik, 2021).

Peningkatan produktivitas padi secara berkelanjutan menuntut pengelolaan hara yang seimbang, tidak hanya berfokus pada unsur hara makro, tetapi juga mencakup unsur hara mikro yang berperan penting dalam proses fisiologis tanaman dan efisiensi pemanfaatan pupuk (Alloway, 2022; Dhaliwal *et al.*, 2023; Shukla *et*

al., 2022).

Seng (Zn) dan tembaga (Cu) merupakan unsur hara mikro esensial yang berperan dalam aktivitas enzim, sintesis protein, fotosintesis, serta mekanisme antioksidan. Karena itu, respons tanaman terhadap pemupukan mikro sangat dipengaruhi oleh status hara awal tanah, pH, dan interaksi antarmikronutrien (Kabata-Pendias, 2021; Kumar *et al.*, 2021; Noulas *et al.*, 2018; Bana *et al.*, 2021). Defisiensi Zn pada lahan sawah masih dilaporkan di berbagai wilayah Asia dan dapat menurunkan efisiensi pemupukan serta hasil (Guo *et al.*, 2016; Noulas *et al.*, 2018). Berbagai studi menunjukkan aplikasi Zn, termasuk pemupukan daun, mampu meningkatkan pertumbuhan, hasil, dan kandungan Zn pada beras (Akram *et al.*, 2019; Cakmak *et al.*, 2020; Hamam *et al.*, 2017; Peramaiyan *et al.*, 2022).

Beberapa laporan juga menunjukkan aplikasi Zn melalui daun dapat menurunkan akumulasi Cd pada gabah melalui pengaturan sistem antioksidan dan translokasi logam (Zhen *et al.*, 2021). Inovasi formulasi pupuk seperti Zn-

coated urea juga dilaporkan dapat meningkatkan efisiensi N sekaligus mendorong biofortifikasi Zn pada padi, namun responsnya tetap bergantung pada kondisi tanah dan lingkungan (Abdullah *et al.*, 2022; Bana *et al.*, 2021). Di sisi lain, Cu diperlukan untuk fungsi fisiologis tanaman, tetapi dapat menjadi toksik jika akumulasi berlebih, khususnya pada tanah masam atau kondisi tertentu yang meningkatkan kelarutan logam (Kabata-Pendias, 2021; Rob *et al.*, 2024).

Integrasi pemupukan Zn + Cu berpotensi meningkatkan efisiensi pemupukan pada sistem sawah, namun efektivitasnya sangat ditentukan oleh kondisi spesifik lokasi serta kemungkinan interaksi antagonistik atau sinergistik antarmikronutrien (Bana *et al.*, 2021; Shukla *et al.*, 2022). Selain itu, Zn dapat memodifikasi proses biogeokimia tanah, termasuk transformasi N melalui perubahan komunitas mikroba, yang berpotensi memengaruhi respons tanaman terhadap NPK (Lv *et al.*, 2022). Keragaman status Zn–Cu pada tanah sawah tropika masam di Indonesia juga dilaporkan tinggi, sehingga pengujian lokasi diperlukan untuk menyusun rekomendasi yang presisi dan berkelanjutan (Nahumarury *et al.*, 2025; Supriatin & Salam, 2024; Susanti *et al.*, 2024).

Evaluasi efektivitas pupuk tidak hanya didasarkan pada peningkatan hasil, tetapi juga pada efisiensi agronomisnya. *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) digunakan sebagai indikator kuantitatif untuk membandingkan kinerja perlakuan pemupukan terhadap perlakuan standar dalam kondisi lapangan (Baligar *et al.*, 2021). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh pupuk mikro majemuk Zn + Cu terhadap status Zn dan Cu pada tanah dan jaringan daun, pertumbuhan vegetatif, serta hasil gabah padi, kemudian menilai efektivitas agronomis perlakuan melalui RAE sebagai dasar perumusan implikasi rekomendasi pemupukan.

Bahan dan Metode

Lokasi dan bahan

Percobaan lapang dilaksanakan pada lahan sawah di Desa Margokaton, Kecamatan Seyegan, Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta, Indonesia pada Januari–April 2025. Tanaman uji adalah padi (*Oryza sativa* L.) varietas Inpari 32 (varietas unggul yang telah dilepas resmi dan umum dibudidayakan). Lahan percobaan merupakan tanah Inceptisol.

Rancangan percobaan dan perlakuan

Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktor tunggal dengan empat blok sebagai ulangan, sehingga terdapat 8 perlakuan × 4 ulangan = 32 satuan percobaan. RAKL dipilih untuk mengendalikan keragaman lingkungan lapang antarblok (Montgomery, 2017). Perlakuan berupa delapan taraf pemupukan (P0–P7) yang merupakan kombinasi pemupukan makro (NPK) dan pupuk mikro majemuk Zn+Cu (rincian komposisi/dosis setiap taraf disajikan pada Tabel Perlakuan). Ukuran plot perlakuan adalah 5 m × 5 m (25 m²).

Aplikasi pupuk

Pupuk mikro majemuk Zn+Cu diaplikasikan secara semprot daun (foliar) pada umur 14, 24, 34, dan 44 hari setelah tanam (HST). Dosis aplikasi foliar dinyatakan konsisten per satuan percobaan, yaitu 7,5 g pupuk per plot (25 m²) per aplikasi, yang dilarutkan dalam 5 L air per plot (setara 7,5 g/5 L per plot). Pemupukan makro diberikan tiga kali pada 15, 30, dan 45 HST menggunakan pupuk urea, ZA, SP-36, dan KCl dengan dosis total musim tanam masing-masing 100; 100; 50; dan 50 kg ha⁻¹. Pembagian dosis per waktu aplikasi mengikuti rancangan perlakuan dan praktik pemupukan lapang yang diterapkan pada percobaan.

Tabel 1. Kode Perlakuan dan Dosis Pemupukan

Kode	Perlakuan	Cu dan Zn	Urea	ZA	SP-36	KCl
P0	Kontrol	0	0	0	0	0
P1	1 Dosis NPK	0	1	1	1	1
P2	1 Dosis NPK + 0,5 Dosis mikro majemuk Zn + Cu	0,5	1	1	1	1
P3	¾ Dosis NPK + 0,5 Dosis mikro majemuk Zn + Cu	0,5	¾	¾	¾	¾
P4	1 Dosis NPK + 1 Dosis mikro majemuk Zn + Cu	1	1	1	1	1
P5	¾ Dosis NPK + 1 Dosis mikro majemuk Zn + Cu	1	¾	¾	¾	¾
P6	1 Dosis NPK + 1,5 Dosis mikro majemuk Zn + Cu	1,5	1	1	1	1
P7	¾ Dosis NPK + 1,5 Dosis mikro majemuk Zn + Cu	1,5	¾	¾	¾	¾

Pengambilan sampel, analisis laboratorium, dan variabel pengamatan

Analisis pH tanah serta kadar Zn dan Cu tersedia dilakukan pada sampel tanah pra-tanam dan pascaplikasi perlakuan mengacu pada Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk (Eviati *et al.*, 2023). Zn dan Cu tersedia diekstraksi menggunakan larutan DTPA, sedangkan pH diukur pada suspensi tanah–air. Kadar Zn dan Cu ditentukan menggunakan spektrofotometri serapan atom (AAS) atau instrumen ekuivalen sesuai fasilitas laboratorium (Eviati *et al.*, 2023). Variabel pengamatan dikelompokkan menjadi: (1) **pertumbuhan** (tinggi tanaman dan jumlah anakan) yang diamati berkala pada rumpun contoh di setiap plot; (2) **komponen hasil dan hasil saat panen**. Hasil diukur menggunakan petak panen (ubinan) 5 m² yang ditempatkan di bagian tengah plot untuk meminimalkan pengaruh tepi, kemudian dikonversi menjadi hasil per hektar.

Analisis statistik dan perhitungan efektivitas (RAE)

Seluruh data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) sesuai rancangan RAKL. Jika terdapat perbedaan nyata, dilanjutkan dengan uji perbandingan rerata Tukey HSD pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ (Montgomery, 2017). Pengolahan data dilakukan menggunakan SAS. Efektivitas pupuk secara agronomis dinilai menggunakan Relative Agronomic Effectiveness (RAE) (Baligar *et al.*, 2021) dengan rumus:

$$RAE = \frac{\text{Hasil pupuk yang diuji} - \text{Kontrol}}{\text{Hasil pupuk standar} - \text{Kontrol}} \times 100\%$$

RAE digunakan untuk membandingkan kinerja agronomis perlakuan pupuk uji terhadap standar pada kondisi lapang (Baligar *et al.*, 2021). Hubungan respons (hasil/RAE) terhadap dosis pupuk mikro majemuk dapat dianalisis menggunakan regresi untuk mengidentifikasi dosis paling efektif

Hasil dan Pembahasan

Zn dan Cu Tersedia serta pH Tanah Awal

Sebelum perlakuan pemupukan diterapkan, dilakukan pengambilan sampel tanah untuk menentukan status awal Zn dan Cu tersedia serta pH tanah pada lokasi penelitian. Informasi ini diperlukan sebagai dasar interpretasi respons

tanaman terhadap perlakuan, mengingat efektivitas pemupukan mikro sangat dipengaruhi oleh tingkat ketersediaan hara awal dan kondisi pH tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah memiliki Zn tersedia 41,37 mg/kg, Cu tersedia 3,65 mg/kg, dan pH 5,63.

Nilai Zn tersedia yang tinggi pada pH agak masam (pH 5,63) mengindikasikan bahwa kondisi awal tanah tidak mengarah pada defisiensi Zn. Ketersediaan Zn pada tanah sawah sangat dipengaruhi oleh pH, bahan organik, tekstur, serta dinamika redoks pada kondisi tergenang, sehingga respons perlakuan lebih tepat ditafsirkan sebagai perubahan efisiensi pemanfaatan Zn dalam sistem tanah–tanaman, bukan semata-mata koreksi kekurangan hara (Alloway, 2022; Kabata-Pendias, 2021).

Nilai Cu tersedia sebesar 3,65 mg/kg juga menunjukkan status Cu awal yang relatif tinggi. Cu merupakan unsur esensial bagi aktivitas enzim dan metabolisme tanaman, tetapi memiliki rentang kecukupan yang sempit sehingga peningkatan Cu akibat pemupukan perlu dievaluasi dengan hati-hati untuk mencegah akumulasi dan potensi efek toksik pada tanaman maupun lingkungan (Kabata-Pendias, 2021; Kumar *et al.*, 2021).

Zn dan Cu Tersedia Tanah Setelah Aplikasi Perlakuan

Setelah seluruh perlakuan pemupukan diaplikasikan, dilakukan analisis ulang tanah untuk mengevaluasi perubahan Zn dan Cu tersedia sebagai indikator dinamika ketersediaan hara mikro akibat perlakuan. Hasil analisis (Tabel.2) menunjukkan bahwa Zn tersedia tanah berada pada kisaran 46,14–52,83 mg/kg dan tidak berbeda nyata antarperlakuan berdasarkan uji Tukey-HSD 5%. Tidak ditemukannya perbedaan nyata ini konsisten dengan status awal tanah yang telah tergolong sangat tinggi, sehingga penambahan Zn melalui perlakuan cenderung tidak meningkatkan fraksi “tersedia” secara terukur maupun berbeda secara statistik.

Secara kimia tanah, Zn pada lahan sawah dapat mengalami penyanggaan (*buffering*) melalui adsorpsi pada liat serta oksida Fe/Mn dan pembentukan ikatan kompleks dengan bahan organik, sehingga tambahan input tidak selalu tampak sebagai kenaikan Zn-tersedia, terutama ketika cadangan awal sudah tinggi (Alloway, 2022). Selain itu, karena pupuk mikro diaplikasikan secara foliar, kontribusi langsung ke pool Zn tanah dapat relatif kecil dan lebih dipengaruhi oleh residu semprotan yang jatuh ke

permukaan tanah.

Tabel 2. Kandungan Zn dan Cu tersedia tanah setelah aplikasi perlakuan

Kode Perlakuan	Zn Tersedia (mg/kg)	Cu Tersedia (mg/kg)
P0	48,77 a	4,42 d
P1	47,72 a	6,77 cd
P2	47,95 a	8,70 bc
P3	46,14 a	11,10 b
P4	51,78 a	11,16 b
P5	49,18 a	12,29 ab
P6	50,17 a	12,53 ab
P7	52,83 a	15,39 a

Keterangan: nilai yang diikuti huruf yang sama mengindikasikan perbedaan tidak signifikan berdasarkan Tukey-HSD pada taraf 5%.

Berbeda dengan Zn, Cu tersedia tanah menunjukkan peningkatan dan perbedaan nyata antarperlakuan, dengan kisaran 4,42–15,39 mg/kg. Perlakuan P7 (15,39 mg/kg) merupakan yang tertinggi dan berbeda nyata dibanding kelompok perlakuan berkadar Cu lebih rendah (P0–P4). Pola ini mengindikasikan bahwa penambahan pupuk mikro majemuk yang mengandung Cu lebih mampu meningkatkan Cu pada fraksi tersedia, baik karena adanya tambahan input Cu maupun karena dinamika Cu yang relatif lebih persisten dalam tanah dibanding Zn. Namun, interpretasi kenaikan Cu tersedia perlu dilakukan secara hati-hati karena Cu memiliki karakter yang mudah terakumulasi serta rentang yang relatif sempit antara cukup dan berlebih; kenaikan Cu tersedia pascaperlakuan dapat merefleksikan residu aplikasi dan berpotensi menjadi isu bila pemupukan diulang terus-menerus tanpa pemantauan (Kabata-Pendias, 2021)..

Zn dan Cu Total Jaringan Daun Setelah Aplikasi Perlakuan

Analisis jaringan daun dilakukan untuk menggambarkan status hara mikro dalam tanaman setelah perlakuan, khususnya Zn total dan Cu total sebagai indikator serapan serta regulasi hara pada tingkat tanaman. Berdasarkan Tabel 3, kadar Zn total daun berada pada kisaran 25,87–44,63 mg/kg, sedangkan Cu total daun berkisar 3,24–5,78 mg/kg. Secara umum, kisaran Zn total yang diperoleh masih berada dalam rentang kecukupan jaringan padi (± 25 –100 mg/kg), dan gejala defisiensi umumnya muncul ketika kadar Zn turun di bawah 20 mg/kg (Bana *et al.*, 2021). Dengan demikian, temuan ini menegaskan bahwa tanaman pada seluruh

perlakuan tidak menunjukkan indikasi defisiensi Zn berdasarkan indikator jaringan.

Uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan P1 (NPK saja) menghasilkan Zn total daun tertinggi (44,63 mg/kg) dan berbeda nyata terhadap P2, P4, dan P7. Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi Zn daun tidak selalu mengikuti penambahan pupuk mikro majemuk. Salah satu penjelasan yang relevan adalah bahwa pada kondisi tanah dengan Zn tersedia sangat tinggi, tanaman cenderung mempertahankan konsentrasi Zn jaringan melalui mekanisme homeostasis, sehingga respons konsentrasi menjadi tidak linier. Selain itu, konsentrasi hara jaringan dapat dipengaruhi oleh efek pengenceran (*dilution effect*), yaitu ketika pertumbuhan biomassa meningkat, konsentrasi hara (mg/kg) dapat menurun walaupun total serapan meningkat. Karena itu, interpretasi konsentrasi Zn daun perlu dibaca bersamaan dengan respons pertumbuhan dan hasil agar tidak menghasilkan kesimpulan yang keliru.

Tabel 3. Kandungan Zn dan Cu total jaringan daun setelah aplikasi perlakuan

Kode Perlakuan	Zn total (mg/kg)	Cu total (mg/kg)
P0	34,49 ab	3,27 b
P1	44,63 a	4,41 ab
P2	25,87 b	4,23 ab
P3	33,34 ab	5,08 ab
P4	31,46 b	5,78 a
P5	35,85 ab	4,66 ab
P6	33,26 ab	4,56 ab
P7	28,57 b	3,24 b

Keterangan: nilai yang diikuti huruf yang sama mengindikasikan perbedaan tidak signifikan berdasarkan Tukey-HSD pada taraf 5%.

Cu total daun, perlakuan P4 menunjukkan nilai tertinggi (5,78 mg/kg) dan berbeda nyata dibanding perlakuan P0 dan P7. Respons Cu yang tidak konsisten linier terhadap kenaikan dosis mengindikasikan bahwa Cu diatur ketat oleh tanaman; pada kondisi suplai yang meningkat, tanaman dapat membatasi pengambilan atau translokasi Cu untuk mencegah risiko stres oksidatif. Temuan bahwa P7 tidak menunjukkan Cu daun tinggi meskipun Cu tanah pascaperlakuan meningkat memperkuat dugaan bahwa mekanisme regulasi internal tanaman dan/atau perbedaan efisiensi pemanfaatan hara lebih menentukan daripada sekadar ketersediaan Cu tanah.

Pengaruh Perlakuan terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman

Perlakuan penambahan pupuk mikro majemuk Zn + Cu pada tanaman padi memiliki pengaruh terhadap tinggi tanaman. Pada pembahasan ini, tinggi tanaman akan difokuskan pada saat 10 MSA atau 10 minggu setelah aplikasi pupuk. Pada 10 MSA, terlihat bahwa perlakuan P1 hingga P7 memberikan pengaruh signifikan dibanding perlakuan P0 atau kontrol

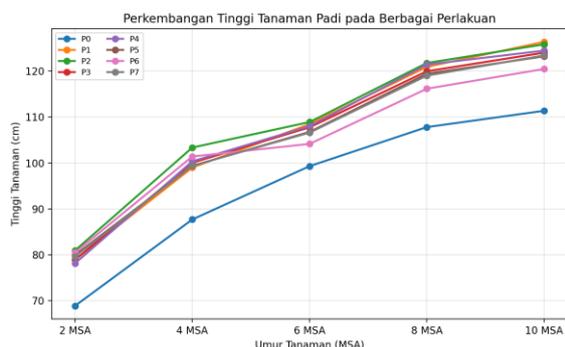
tanpa penambahan pupuk baik NPK atau mikro majemuk Zn + Cu.

Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa secara umum penambahan pupuk mikro majemuk Zn + Cu sebanyak 0,5 hingga 1,5 dosis rekomendasi berpengaruh signifikan ketika diimbangi dengan aplikasi NPK sebanyak 0,75 hingga 1 dosis rekomendasi umum. Meski demikian, tinggi tanaman padi Inpari 32 secara statistik untuk semua perlakuan sudah melebihi deskripsi varietas yang berada di angka 97 cm.

Tabel 3. Pengaruh perlakuan terhadap rerata tinggi tanaman padi

Kode Perlakuan	Rerata Tinggi Tanaman (cm)				
	2 MSA	4 MSA	6 MSA	8 MSA	10 MSA
P0	68,90 b	87,70 b	99,30 b	107,80 b	111,35 b
P1	78,95 a	99,00 a	108,45 a	120,90 a	126,35 a
P2	80,95 a	103,35 a	108,90 a	121,75 a	125,80 a
P3	78,90 a	100,05 a	107,75 a	119,95 a	124,00 a
P4	78,15 a	100,35 a	108,00 a	121,40 a	124,45 a
P5	79,95 a	99,35 a	106,75 a	119,40 a	123,20 a
P6	80,50 a	101,40 a	104,15 ab	116,15 a	120,45 a
P7	79,65 a	99,40 a	106,60 a	119,00 a	123,40 a

Keterangan: nilai yang diikuti huruf yang sama mengindikasikan perbedaan tidak signifikan berdasarkan Tukey-HSD pada taraf 5%.



Gambar 1. Perkembangan tinggi tanaman padi pada berbagai perlakuan

Jumlah anakan akan difokuskan pada saat 8 MSA (minggu setelah aplikasi) pupuk. Pada 8 MSA, perlakuan dengan kode P1 (1 dosis NPK), P2 (1 dosis NPK + 0,5 dosis mikro majemuk Zn + Cu), P4 (1 dosis NPK + 1 dosis mikro majemuk Zn + Cu), P6 (1 dosis NPK + 1,5 dosis mikro majemuk Zn + Cu), dan P7 (0,75 dosis NPK + 1,5 dosis mikro majemuk Zn + Cu) memberikan pengaruh paling signifikan dibanding perlakuan lain. Berdasarkan hasil jumlah anakan tanaman padi, secara umum penambahan pupuk mikro majemuk Zn + Cu sebanyak 0 hingga 1 dosis rekomendasi berpengaruh signifikan ketika diimbangi dengan aplikasi NPK sebanyak 0,75 hingga 1 dosis rekomendasi umum.

Tabel 4. Pengaruh perlakuan terhadap jumlah anakan padi

Perlakuan	Jumlah Anakan	
	6 MSA	8 MSA
P0	13,45 b	15,85 b
P1	18,00 a	20,60 a
P2	18,50 a	21,65 a
P3	15,10 ab	17,90 ab
P4	16,55 ab	20,05 a
P5	17,05 ab	19,50 ab
P6	18,10 a	21,35 a
P7	17,00 ab	20,40 a

Keterangan: nilai yang diikuti huruf yang sama mengindikasikan perbedaan tidak signifikan berdasarkan Tukey-HSD pada taraf 5%.

Pengaruh Perlakuan terhadap Produksi Tanaman

Perlakuan yang diberikan kepada tanaman padi memiliki pengaruh terhadap produksi padi yang dihasilkan. Pada panen yang dihasilkan, terlihat bahwa perlakuan dengan kode P6 memberikan pengaruh paling signifikan dibanding perlakuan lain. Berdasarkan hasil perhitungan panen, secara umum diketahui bahwa penambahan pupuk mikro majemuk Zn + Cu sebanyak 1,5 dosis ketika diimbangi dengan aplikasi NPK sebanyak 1 dosis rekomendasi umum dapat meningkatkan hasil panen padi. Mengacu pada deskripsi varietas, padi Inpari 32

memiliki rerata hasil di angka 6,30 ton/ha gabah kering giling (GKG) dan potensi hasil di angka 8,42 ton/ha GKG sehingga secara umum dapat dikatakan bahwa perlakuan P3-P7 sudah melebihi rerata hasil. Sementara potensi produksi belum dapat dicapai oleh semua perlakuan.

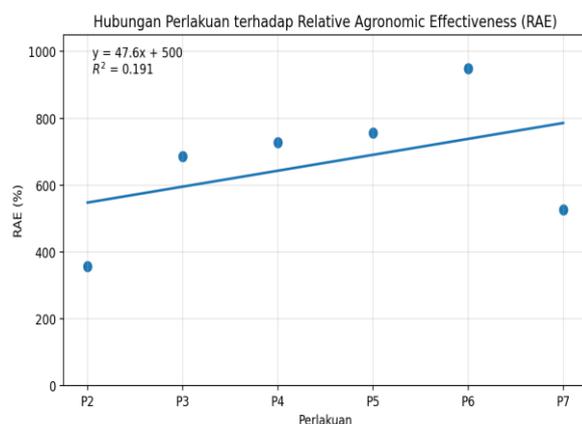
Tabel 5. Pengaruh perlakuan terhadap produksi padi

Perlakuan	Panen GKG (ton/ha)
P0	4,44 c
P1	4,83 c
P2	5,82 bc
P3	7,09 ab
P4	7,25 ab
P5	7,36 ab
P6	8,09 a
P7	6,47 abc

Keterangan: nilai yang diikuti huruf yang sama mengindikasikan perbedaan tidak signifikan berdasarkan Tukey-HSD pada taraf 5%.

Efektivitas Pupuk mikro majemuk Zn + Cu berdasar RAE

Nilai *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) digunakan untuk membandingkan efektivitas agronomis perlakuan pupuk terhadap perlakuan standar; nilai 100% merepresentasikan efektivitas setara standar, sedangkan nilai >100% menunjukkan peningkatan respons relatif terhadap standar (Baligar *et al.*, 2021). Namun, nilai RAE yang sangat tinggi perlu dikritisi secara metodologis karena sensitif terhadap besarnya selisih hasil pada perlakuan pembandingan dan variabilitas data; interpretasi efektivitas sebaiknya tetap dipadukan dengan signifikansi statistik, ukuran efek, dan konteks status hara awal tanah (Baligar *et al.*, 2021).



Gambar 2. Nilai RAE perlakuan penambahan pupuk mikro majemuk Zn + Cu

Berdasarkan grafik yang diperoleh, terdapat tren kenaikan nilai RAE dari P2 hingga

P6 lalu turun pada P7. Perlakuan P6 memiliki RAE paling tinggi (~950%) yang menunjukkan efektivitas paling tinggi. Sementara itu, P2 memiliki RAE paling rendah (~356%) yang menunjukkan efektivitas paling rendah pula. Meski demikian, dengan pengertian bahwa perlakuan pupuk dinilai efektif jika RAE >100% maka dapat dikatakan bahwa perlakuan P2 hingga P7 dengan RAE di rentang 356-950% berarti bahwa aplikasi pupuk mikro majemuk Zn + Cu lebih efektif secara agronomis dibanding perlakuan tanpa mikro majemuk Zn + Cu.

Pembahasan

Status awal tanah menunjukkan Zn tersedia 41,37 mg kg⁻¹, Cu tersedia 3,65 mg kg⁻¹, dan pH 5,63, sehingga lokasi penelitian tidak tepat dibingkai sebagai lahan defisiensi Zn-Cu. Pada pH agak masam, kelarutan dan aktivitas hara mikro serta proses jerapan-pelepasan pada koloid tanah, termasuk dinamika redoks pada sistem sawah tergenang, dapat memengaruhi fraksi tersedia dan serapan tanaman. Karena itu, respons perlakuan lebih relevan ditafsirkan sebagai efek tambahan dan kebutuhan dosis optimum pupuk mikro majemuk pada tanah non-defisien, bukan semata-mata koreksi defisiensi (Alloway, 2022; Kabata-Pendias, 2021).

Setelah aplikasi perlakuan, Zn tersedia tanah tidak berbeda nyata pada seluruh perlakuan, sedangkan Cu tersedia meningkat nyata dan tertinggi pada dosis tinggi. Kondisi Zn yang tidak berubah nyata konsisten dengan mekanisme penyanggaan tanah: pada tanah dengan Zn awal tinggi, tambahan input Zn cenderung cepat terjerap pada liat/oksida Fe-Mn atau terkompleks bahan organik sehingga perubahan fraksi “tersedia” yang terukur menjadi kecil pada skala waktu percobaan (Alloway, 2022). Sebaliknya, Cu lebih mudah menunjukkan perubahan pada indikator tanah dan cenderung persisten; kenaikan Cu tersedia pascaperlakuan perlu ditafsirkan hati-hati karena Cu memiliki rentang sempit antara kecukupan dan potensi toksisitas bila terjadi akumulasi (Kabata-Pendias, 2021; Kumar *et al.*, 2021).

Kadar Zn total jaringan daun pascaplikasi perlakuan berada pada kisaran 14,25–17,85 mg kg⁻¹ dan termasuk rendah untuk tanaman padi, karena beberapa referensi menyebutkan bahwa konsentrasi Zn pada jaringan vegetatif yang memadai umumnya berada di atas kisaran kritis sekitar 20–25 mg kg⁻¹ tergantung fase pertumbuhan dan bagian tanaman (Bana *et al.*, 2021). Rendahnya kadar Zn daun ini meskipun Zn tersedia tanah tinggi dapat mengindikasikan

keterbatasan serapan/transport Zn pada kondisi tertentu (misalnya interaksi dengan P tinggi, kompetisi kation, atau hambatan fisiologis), sehingga respons pemupukan mikro pada penelitian ini lebih merefleksikan efisiensi pemanfaatan Zn daripada sekadar penambahan stok Zn tanah (Alloway, 2022; Cakmak *et al.*, 2020).

Kadar Cu total jaringan daun setelah aplikasi perlakuan menunjukkan perbedaan yang lebih jelas dibanding Zn, sejalan dengan sifat Cu yang mudah berasosiasi dengan fraksi organik/oksida serta memiliki rentang kecukupan–toksisitas yang sempit. Cu berperan penting dalam aktivitas enzim oksidatif dan sistem pertahanan antioksidan, sehingga peningkatan Cu daun berpotensi mendukung metabolisme tanaman, tetapi peningkatan berlebih dapat menekan pertumbuhan (Kumar *et al.*, 2021). Temuan ini konsisten dengan laporan bahwa aplikasi Cu pada dosis tepat dapat meningkatkan atribut antioksidan dan hasil, namun responsnya sangat dipengaruhi dosis dan kondisi lingkungan (Cheng *et al.*, 2023; Hamam *et al.*, 2017).

Perbedaan yang lebih kuat muncul pada hasil panen, di mana perlakuan terbaik menghasilkan GKG tertinggi dan menunjukkan adanya dosis optimum. Pola meningkat pada dosis menengah–tinggi lalu menurun pada dosis tertentu konsisten dengan konsep keseimbangan hara: peningkatan mikro hanya efektif ketika dukungan makro memadai, sedangkan ketidakseimbangan (misalnya mikro tinggi tetapi NPK tidak optimum) dapat menurunkan efisiensi pengisian gabah dan membatasi potensi hasil (Cakmak *et al.*, 2020; Shukla *et al.*, 2022). Dengan Zn tanah awal yang sangat tinggi, peningkatan hasil lebih logis ditafsirkan sebagai peningkatan efisiensi proses fisiologis dan pengisian hasil, bukan sebagai pemulihan defisiensi.

Nilai RAE yang tinggi pada sebagian perlakuan menunjukkan adanya peningkatan respons hasil dibanding perlakuan standar, tetapi interpretasinya harus proporsional: RAE dapat melonjak ketika hasil perlakuan standar rendah atau varians data besar. Oleh karena itu, klaim efektivitas pupuk sebaiknya ditegaskan berdasarkan kombinasi uji beda nyata, konsistensi tren antar parameter (serapan hara, komponen hasil), serta diagnosis status hara awal tanah (Baligar *et al.*, 2021; Baligar *et al.*, 2021).

Implikasi hasil dapat dirumuskan secara terstruktur. Secara agronomis, dosis optimum mikro majemuk yang dipadukan dengan NPK

penyempit berpotensi meningkatkan hasil, tetapi rekomendasi harus berbasis diagnosis status hara awal karena respons mikro sangat spesifik lokasi (Alloway, 2022; Shukla *et al.*, 2022). Secara ekologis, peningkatan Cu tersedia pada dosis tinggi mengindikasikan potensi akumulasi dan risiko jangka panjang sehingga pemupukan yang mengandung Cu perlu pemantauan residu dan kehati-hatian aplikasi berulang (Kabata-Pendias, 2021; Kumar *et al.*, 2021). Secara ekonomis, klaim “paling efektif” seharusnya ditutup dengan analisis biaya–manfaat (biaya produk + biaya aplikasi foliar vs nilai kenaikan hasil), karena efektivitas agronomis tidak selalu identik dengan efisiensi ekonomi (Baligar *et al.*, 2021).

Kesimpulan

Aplikasi pupuk mikro majemuk Zn + Cu berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan hasil gabah kering giling pada budidaya padi varietas Inpari 32 yang dilakukan. Berdasarkan dari nilai RAE, aplikasi pupuk mikro majemuk Zn + Cu pada padi Inpari 32 dapat dikatakan efektif karena bernilai >100%. Dosis pupuk yang paling efektif yaitu P6 dengan 1 dosis NPK + 1,5 dosis mikro majemuk Zn + Cu.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih kepada PT Dytia Chemindo atas dukungan pendanaan dalam pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- Abdullah, A., Mustafa, A., Shahid, M. Q., Zaheer, M. S., Hassan, M. U., Ashraf, R., Siddiqui, M. H., Fahad, S., & Cheema, M. (2022). Zinc-coated urea improves the nitrogen use efficiency and grain yield of irrigated rice. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 926939. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.926939>
- Aditya, J. P., Koesmaryono, Y., & Kholiq, M. A. (2021). Pengaruh perubahan curah hujan terhadap produktivitas padi sawah di Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(2), 237–246. <https://doi.org/10.14710/jil.19.2.237-246>

- Akram, M. A., Depar, N., & Irfan, M. (2019). Zinc application improves productivity and biofortification of mini core rice hybrids. *Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*, 35(2), 72–80. <https://pjaevs.sau.edu.pk/index.php/ojs/article/view/320>
- Alloway, B. J. (2022). Micronutrients in crop production: An update on soil–plant interactions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 185(2), 145158. <https://doi.org/10.1002/jpln.202100345>
- Baligar, V. C., Fageria, N. K., & He, Z. L. (2021). Nutrient use efficiency in plants: An overview. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(6), 637–650. <https://doi.org/10.1080/00103624.2020.1869748>
- Bana, R. C., Gupta, A. K., Bana, R. S., Shivay, Y. S., Bamboriya, S. D., Thakur, N. P., ... & Choudhary, A. K. (2021). Zinc-coated urea for enhanced zinc biofortification, nitrogen use efficiency and yield of basmati rice under typical fluvents. *Sustainability*, 14(1), 104. <https://doi.org/10.3390/su14010167>
- Cakmak, I., White, P. J., & Marschner, H. (2020). Zinc in agriculture: Biofortification and productivity of cereal crops. *Plant and Soil*, 457(1), 3140. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04630-2>
- Cheng, Y., Niu, H., & Yu, Q. (2023). Copper application in rice changes paddy soil microbial communities and enhances enzyme activities and plant growth. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(6), 3061–3070. <https://doi.org/10.1007/s00344-022-10670-w>
- Dhaliwal, J. K., Prasad, R., Kaur, R., Kaur, J., Sharma, V., Gupta, J., Sharma, S., Etesami, H., & Singh, B. (2023). Impact of manures and fertilizers on yield, nutrient content in grain and soil properties under rice–wheat cropping system in semi-arid region. *PLOS ONE*, 18(11), e0292602. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0292602>
- Eviati, Sulaeman, Purwakusuma, W., Hidayati, R., Pramono, A., & Yuniarti, A. (2023). *Petunjuk teknis edisi 3: Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. <https://bbsdlp.litbang.pertanian.go.id/buku/petunjuk-teknis-analisis-kimia-tanah-tanaman-air-dan-pupuk-edisi-3>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *World food and agriculture – statistical yearbook 2021*. FAO. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cb4477en>
- Guo, Z., Zhang, J., Li, X., et al. (2016). Effects of nitrogen rate and zinc management on zinc efficiency in rice production: A case study in China. *The Journal of Agricultural Science*, 154(4), 584–597. <https://doi.org/10.1017/S0021859615000441>
- Hamam, K. A., et al. (2017). Pengaruh pupuk ZnSO₄ dan varietas padi terhadap pertumbuhan serta serapan Zn pada lahan sawah. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 43(3), 227–234. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i3.11125>
- Kabata-Pendias, A. (2021). *Trace elements in soils and plants (5th ed.)*. CRC Press.
- Kumar, V., et al. (2021). Copper bioavailability, uptake, toxicity and tolerance in plants: A comprehensive review. *Chemosphere*, 262, 127810. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127810>
- Lv, H. H., Ji, C. C., Zhang, L., Jiang, C. C., & Cai, H. M. (2022). Zinc application promotes nitrogen transformation in rice rhizosphere soil by modifying microbial communities and gene expression levels. *Science of the Total Environment*, 849, 157858. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157858>
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments (9th ed.)*. Wiley.
- Nahumarury, E. M., et al. (2025). Evaluasi pemberian pupuk mikro majemuk seng dan tembaga terhadap pertumbuhan vegetatif dan produksi padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Ecosolum*, 14(2), 131–140. <https://doi.org/10.20956/ecosolum.v14i2.32407>
- Noulas, C., Tziouvalekas, M., & Karyotis, T. (2018). Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 49, 252–260.

- <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.06.001>
- Panda, D., & Barik, J. (2021). Flooding tolerance in rice: Focus on mechanisms and crop improvement. *Rice Science*, 28(1), 43–57. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2020.11.005>
- Peramaiyan, P., Craufurd, P., Kumar, V., Seelan, L. P., McDonald, A. J., Balwinder-Singh, Kishore, A., & Singh, S. (2022). Agronomic biofortification of zinc in rice for diminishing malnutrition in South Asia. *Sustainability*, 14(13), 7747. <https://doi.org/10.3390/su14137747>
- Rahman, N., & Schoenau, J. (2022). Zinc and copper interactions under variable soil phosphorus and moisture conditions in selected Saskatchewan soils. *Journal of Plant Nutrition*, 45(3), 311–331. <https://doi.org/10.1080/01904167.2021.1952223>
- Rob, A. K., et al. (2024). Role of copper in rice (*Oryza sativa* L.) production: A review. *Journal of Plant Physiology*, 302, 154314. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2024.154314>
- Shukla, A. K., Behera, S. K., Majumdar, K., & Rao, C. S. (2022). Micronutrient fertilization for improving crop productivity and quality in India. *Agronomy*, 12(3), 654. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030654>
- Supriatin, S., & Salam, A. K. (2024). Total and extractable micronutrients of tropical acid soils of Lampung, Indonesia. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 55(19), 2529–2544. <https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2367250>
- Susanti, W. I., Cholidah, S. N., & Agus, F. (2024). Improving zinc and copper management to support sustainable rice cultivation in Indonesia. *Sustainability*, 16(2), 845. <https://doi.org/10.3390/su16020845>
- Zhen, S., Shuai, H., Xu, C., Lv, G., Zhu, X., Zhang, Q., Zhu, Q., Núñez-Delgado, A., Conde-Cid, M., Zhou, Y., & Huang, D. (2021). Foliar application of Zn reduces Cd accumulation in grains of late rice by regulating the antioxidant system, enhancing Cd chelation onto cell wall of leaves, and inhibiting Cd translocation in rice. *Science of the Total Environment*, 770, 145302. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145302>