

## **ANALISIS KANDUNGAN ZINC PADA BERBAGAI ORGAN TANAMAN BEBERAPA VARIETAS TANAMAN PADI (*Oryza sativa* L.)**

### ***ANALYSIS OF ZINC CONTENT IN VARIOUS PLANT ORGANS OF SEVERAL RICE VARIETIES (*Oryza sativa* L.)***

**Ricky Pahlevi Nurhidayat<sup>1\*</sup>, Elia Azizah<sup>1</sup>, Kasdi Pirngadi<sup>1</sup>, Elis Septianingrum<sup>2</sup>, Wage Ratna  
Rohaeni<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang  
Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Teluk jambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361, Indonesia

<sup>2</sup>Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi  
Jalan Raya 9, Sukamandijaya, Ciasem, Subang, Jawa Barat 41256, Indonesia

#### **ABSTRAK**

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman utama, namun memiliki kandungan nutrisi yang rendah khususnya pada nutrisi mikro seperti zinc yang dapat menyebabkan stunting. Pemuliaan tanaman dalam mengembangkan varietas baru dengan nutrisi tinggi memerlukan dasar untuk memilih genotipe unggul yang akan dikembangkan mulai dari pemetaan dan seleksi tetua. Penelitian dilakukan di Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi (BBPSIP), Subang dari bulan Agustus 2022 sampai Februari 2023. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan sebanyak 9 yang diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 27 unit percobaan. Pengukuran kandungan zinc pada organ menggunakan alat x-ray fluorescence (XRF) Supreme 8000. Parameter yang diukur adalah kandungan zinc organ beras pecah kulit, kandungan zinc organ daun padi, kandungan zinc organ batang padi, dan kandungan zinc organ akar padi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan uji ANOVA pada taraf signifikansi 5 %. Hasil penelitian menunjukkan seluruh parameter pengamatan memiliki hasil berbeda nyata pada varietas dengan sebaran terbaik pada bagian beras pecah kulit dan daun terdapat pada perlakuan varietas padi lokal mawo, sedangkan pada genotipe dengan kandungan zinc organ akar dan batang terbaik terdapat pada galur murni B13884MR-29-1-1.

Katakunci : *Oryza sativa* L., Biofortifikasi, Zinc organ

#### **ABSTRACT**

*Rice (*Oryza sativa* L.) is a major crop, but it has low nutritional content, particularly in terms of micronutrients such as zinc, which can lead to stunting. Plant breeding aimed at developing new varieties with higher nutritional value requires a foundation for selecting superior genotypes to be developed, starting from parental mapping and selection. The research was conducted at the Rice Standard Instrument Testing Center (BBPSIP) in Subang from August 2022 to February 2023. The experiment used a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 9 treatments repeated 3 times, resulting in 27 experimental units. The zinc content in the organs was measured using the X-ray fluorescence (XRF) Supreme 8000 instrument. The parameters measured were the zinc content in the broken rice husk, rice leaf, rice stem, and rice root. The data obtained were then analyzed using ANOVA test at a significance level of 5%. The results of the study showed that all parameters had significant differences among the varieties. The best distribution of zinc content in the broken rice husk and leaf was found in the treatment of the local rice variety mawo, while the best zinc content in the root and stem organs was found in the pure line B13884MR-29-1-1 genotype.*

Keywords : *Oryza sativa* L., Biofortification, Zinc organ

---

<sup>\*</sup>) Penulis Korespondensi.

E-mail: [rickynurhidayat312@gmail.com](mailto:rickynurhidayat312@gmail.com)

## Pendahuluan

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman penghasil gabah sebagai sumber pangan pokok yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Tanaman ini menjadi tanaman utama dalam pemenuhan pangan Indonesia. Selaras dengan tingginya konsumsi beras, produksi beras di Indonesia terus meningkat untuk memenuhi kebutuhan pangan nasional. Total produksi padi di Indonesia pada tahun 2020 sekitar 54,65 juta ton gabah kering giling (GKG), atau meningkat sebesar 45,17 ribu ton (0,08 persen) dibandingkan 2019 (BPS, 2021). Peningkatan produksi beras di Indonesia juga didorong dengan adanya varietas unggul baru yang dikembangkan di Indonesia.

Perolehan varietas unggul baru dapat ditempuh dengan mengadakan program pemuliaan tanaman seperti persilangan, mutasi, atau teknik lainnya (Peel dan Rasmusson, 2000). Salah satu usaha peningkatan pada program pemuliaan tanaman yaitu pada kandungan nutrisinya untuk mendapatkan pangan yang memiliki manfaat serta dapat memenuhi angka kebutuhan gizi harian. Pangan pokok di Indonesia yaitu beras diketahui memiliki gizi mikro yang tidak memadai sehingga berpotensi menimbulkan kekurangan gizi. (Hartoyo, 2022). Stunting adalah salah satu kondisi kegagalan pertumbuhan akibat akumulasi ketidakcukupan nutrisi yang berlangsung lama mulai dari kehamilan sampai dengan usia 24 bulan (Hoffman *et al.*, 2000). Penyebab dari stunting tersebut salah satunya diakibatkan oleh kurangnya konsumsi zinc (Zn) pada anak. Sehingga pemenuhan akan unsur zinc perlu ditingkatkan melalui makanan.

Kandungan gizi pada beras dapat ditingkatkan melalui kegiatan pemuliaan tanaman yang dikenal sebagai biofortifikasi. Biofortifikasi merupakan upaya memasukan unsur nutrisi melalui kegiatan pemupukan maupun genetis (pemuliaan tanaman). Biofortifikasi dianggap penting khususnya pada negara berkembang yang memfokuskan pangan pokok dengan nutrisi rendah seperti padi dan ubi kayu. (Sudarmonowati *et al.*, 2018). Adanya biofortifikasi agar makanan

pokok dapat ditingkatkan segi nutrisinya untuk mengurangi angka kekurangan gizi.

Peningkatan kandungan zinc pada tanaman padi khususnya zinc masih terfokus pada hasil produksinya (beras). Sampai saat ini, penelitian mengenai alokasi atau persebaran kandungan zinc masih difokuskan pada pengurangan produksi tanaman di bawah kondisi defisiensi atau toksisitas (Stomph *et al.*, 2014). Pada tanaman padi varietas tinggi zinc (Zn), fokus peningkatan kandungan masih sebatas berasnya saja tanpa mengetahui alokasi zinc yang ada pada organ tanaman lain dan hubungannya dengan karakteristik agronominya

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil pemetaan sebaran zinc setiap organ tanaman padi dari 3 galur murni dan 6 varietas milik Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi, Subang sebagai dasar pemuliaan padi menggunakan bioteknologi maupun secara penyilangan.

## Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi (BBPSIPadi), Jalan Raya 9, Sukamandijaya, Ciasem, Subang, Jawa Barat 41256. Dengan titik koordinat 6°21'14.1"S 107°38'43.2"E. Waktu dilaksanakan penelitian dari bulan September 2022 sampai bulan Februari 2023.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menggunakan rancangan lingkungan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktor tunggal yaitu perlakuan galur dan varietas tanaman padi yang diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 27 unit dengan satu unit percobaan terdiri dari 40 sampel tanaman. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah kandungan zinc organ beras pecah kulit, kandungan zinc organ daun padi, kandungan zinc organ batang padi, dan kandungan zinc organ akar padi. Rincian perlakuan yang diuji tercantum pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perlakuan beberapa galur dan varietas tanaman padi yang diuji dalam penelitian

No	Kode Perlakuan	Varietas	Keterangan
1	V <sub>1</sub>	B13884MR-29-1-1	Galur Murni
2	V <sub>2</sub>	Tarabas	Varietas Unggul Baru
3	V <sub>3</sub>	Inpago 13 Fortiz	Varietas Unggul Baru
4	V <sub>4</sub>	Mawo	Varietas Padi Lokal
5	V <sub>5</sub>	Inpari IR Nutri Zinc	Varietas Unggul Baru
6	V <sub>6</sub>	Inpari 46	Varietas Unggul Baru
7	V <sub>7</sub>	Inpari 42	Varietas Unggul Baru
8	V <sub>8</sub>	Ultra Genjah 1	Galur Murni
9	V <sub>9</sub>	Ultra Genjah 2	Galur Murni

Hasil analisis ragam menunjukkan terdapat interaksi yang berbeda nyata terhadap seluruh parameter pengamatan yaitu kandungan zinc

organ beras pecah kulit, kandungan zinc organ daun padi, kandungan zinc organ batang padi, dan kandungan zinc organ akar padi (Tabel 2).

**Tabel 2.** Rekapitulasi hasil analisis ragam kandungan zinc berbagai organ tanaman padi pada beberapa varietas dan galur tanaman padi

Parameter Pengamatan	Perlakuan (galur dan Varietas)
Kandungan Zinc Organ Beras Pecah Kulit	0.0001*
Kandungan Zinc Organ Daun Padi	0.0005*
Kandungan Zinc Organ Batang Padi	0.0001*
Kandungan Zinc Organ Akar Padi	0.0001*

Keterangan : \*= perbedaan nyata pada taraf 5%; tn= tidak nyata.

### Kandungan Zinc Organ Beras Pecah Kulit Tanaman Padi

Kandungan zinc organ beras pecah kulit didapatkan dengan menganalisis menggunakan pembacaan alat x-ray fluorescence (XRF) supreme 8000 pada gabah yang telah dipecah kulit dengan hasil pembacaan kandungan zinc yaitu dalam satuan ppm. Hasil rata-rata kandungan zinc organ beras pecah kulit (ppm) tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh varietas dan galur memiliki nilai kandungan zinc yang berbeda nyata. Sehingga hasil di uji lanjut dengan duncan multiple range test (DMRT).

Hal ini menunjukkan bahwa genotipe tanaman padi memiliki pengaruh pada akumulasi kandungan zinc pada bagian beras pecah kulit. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Roy dan Shil (2020), bahwa kualitas nutrisi pada bulir beras dipengaruhi oleh morfologi dan histologi dari kariopsis yang dikendalikan oleh genetik tanaman tersebut. Sehingga pemilihan genetik padi yang memiliki nutrisi pada bulir yang bagus perlu dilakukan sebagai modal dalam proses pemuliaan tanaman (Rohaeni *et al.*, 2023).

Pada tabel 3 didapati bahwa varietas padi lokal mawo memiliki rata-rata kandungan zinc pada beras pecah kulit terbaik diangka 37.73 mg/kg. Perlakuan dengan kandungan zinc pada beras pecah kulit ter rendah terdapat pada varietas unggul baru Inpari 42 dengan kandungan zinc rata-rata 21.58 ppm. Hal ini menjadikan padi lokal mawo memiliki potensi menjadi tetua dalam pemuliaan padi biofortifikasi yang diikuti dengan galur murni B13884MR dengan akumulasi zinc sebesar 31.94 mg/kg dan varietas unggul tinggi zinc yaitu Inpari IR Nutrizinc diangka 31.31 mg/kg. Hal tersebut dapat dijadikan informasi untuk program pemuliaan biofortifikasi selanjutnya dalam menentukan tetua potensial dengan kombinasi sifat lain yang baik.

### Kandungan Zinc Organ Daun Tanaman Padi

Kandungan zinc organ daun tanaman padi merupakan hasil pembacaan pada organ daun yang telah dikeringkan dan dicacah sebelum dianalisis menggunakan alat XRF (gambar 1). Hasil kandungan organ daun beberapa galur dan varietas memiliki hasil yang berbeda nyata (tabel 2).

Sehingga genotipe memiliki pengaruh nyata pada rata-rata kandungan zinc pada bagian daun.

Hasil uji lanjut DMRT taraf 5% terhadap parameter kandungan zinc organ daun tanaman padi berdasarkan tabel 3 menunjukkan rata-rata kandungan zinc organ daun tertinggi terdapat pada perlakuan v4 (padi lokal Mawo) yaitu 12.81 mg/kg tetapi berbeda nyata dengan semua perlakuan dengan perlakuan v9 (galur murni UG 2) yang memiliki rata-rata kandungan zinc organ daun ter rendah sebesar 6.83 mg/kg.

Hasil kandungan zinc pada bagian organ daun lebih sedikit dibandingkan dengan organ lain. Dimana hal tersebut terjadi akibat remobilisasi zinc dari daun menuju gabah saat fase generatif atau saat pengisian biji (Jiang *et al.*, 2008). Sehingga akumulasi zinc yang tinggi pada bagian daun dapat menjadi celah untuk pengembangan varietas padi dengan akumulasi zinc gabah yang tinggi. Menurut Stomph *et al.*, (2014), bahwa pada saat inisiasi malai dan batang mulai memanjang, maka akumulasi zinc dari daun akan mulai berpindah ke batang untuk dialokasikan ke bagian malai (gabah) sehingga saat masa generatif, akumulasi zinc pada daun akan lebih rendah dibandingkan dengan batang.

Pada penelitian Rohaeni *et al.*, (2023), juga menunjukkan bahwa kandungan zinc pada bagian daun memiliki hasil yang lebih rendah

dibandingkan dengan organ lain (batang, akar, dan beras pecah kulit). Kandungan rata-rata zinc pada organ daun disetiap genotipe memiliki rentang hasil 6-9 mg/kg sedangkan pada perlakuan v4 (padi lokal Mawo) memiliki akumulasi zinc pada daun tertinggi dimana hal tersebut dapat dioptimalkan ke gabah melalui pemuliaan.

#### Kandungan Zinc Organ Batang Tanaman Padi



Gambar 1 Preparasi Pembacaan Sampel Daun Tanaman Padi

Hasil pengamatan terhadap kandungan zinc organ batang tanaman padi setelah di analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh nyata penggunaan varietas dan galur padi yang di uji terhadap kandungan zinc organ batang tanaman padi (tabel 2). Sehingga kandungan zinc pada organ batang sangat dipengaruhi oleh genotipe

**Tabel 3.** Pengaruh galur dan varietas tanaman padi terhadap kandungan zinc pada berbagai organ

Kode	Genotipe	Kandungan Zinc Organ Beras Pecah Kulit Padi (ppm)	Kandungan Zinc Organ Daun Padi (ppm)	Kandungan Zinc Organ Batang Padi (ppm)	Kandungan Zinc Organ Akar Padi (ppm)
<i>Code</i>	<i>Genotype</i>				
V1	B13884MR-29-1-1	31.94 b	7.75 b	26.38 a	29.75 a
V2	Tarabas	25.87 cd	7.21 b	9.35 c	21.45 b
V3	Inpago 13 Fortiz	28.55 bc	7.03 b	14.79 bc	12.83 cd
V4	Mawo	37.73 a	12.81 a	17.90 b	6.66 cd
V5	Inpari IR Nutrizinc	31.31 b	7.40 b	14.49 bc	13.75 bc
V6	Inpari 46	24.59 cd	7.85 b	14.29 bc	11.17 cd
V7	Inpari 42	21.58 d	8.94 b	11.13 c	13.61 bc
V8	UG 1	27.59 bc	8.67 b	14.63 bc	10.02 cd
V9	UG 2	25.25 cd	6.83 b	9.64 c	4.90 d
	KK (%)	9.96	14.64	19.72	15.02

Ket: Nilai rata-rata yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%

Hasil uji lanjut DMRT taraf 5% terhadap parameter kandungan zinc organ batang tanaman padi berdasarkan tabel 3 menunjukkan rata-rata kandungan zinc organ batang tertinggi terdapat pada perlakuan v1 (Galur murni B13884MR) yaitu 26.38 mg/kg tetapi berbeda nyata dengan

semua perlakuan dengan perlakuan v2 (VUB Tarabas) yang memiliki rata-rata kandungan zinc organ batang ter rendah sebesar 9.35 mg/kg.

Berdasarkan hasil pengamatan pada kandungan zinc dalam organ batang memiliki hasil yang berbeda nyata, dimana hal tersebut

menandakan bahwa penggunaan genotip berbeda memiliki pengaruh pada kandungan zinc pada batang padi. Berdasarkan hasil menunjukkan bahwa perlakuan v1 (Galur murni B13884MR) memiliki akumulasi zinc pada batang dengan kandungan tertinggi diikuti dengan perlakuan lain. Akumulasi zinc tinggi pada batang ini juga dapat dioptimalkan dengan rekayasa genetik untuk memindahkan konsentrasi zinc dari batang menuju gabah.

Tanaman padi dengan kemampuan translokasi zinc melewati organ akar mengindikasikan bahwa genotip tersebut dapat mengakumulasi zinc tersebut pada bagian gabah. (Rohaeni *et al.*, 2023). Hal ini dikarenakan adanya hambatan pada translokasi zinc antara akar ke bagian atas tanaman sehingga ketika zinc sudah dapat melewati hambatan tersebut maka akumulasi zinc pada gabah dapat dicapai (Stomph *et al.*, 2014). Selain itu, batang tanaman padi yang memiliki zinc tinggi dapat digunakan sebagai pakan ternak yang dapat mengatasi defisiensi zinc pada ternak akibat pakan kasar ternak yang relatif rendah zinc (Rostini *et al.*, 2019).

### **Kandungan Zinc Organ Akar Tanaman Padi**

Hasil pengamatan terhadap kandungan zinc organ akar tanaman padi setelah di analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh nyata penggunaan varietas dan galur padi yang di uji terhadap kandungan zinc organ akar tanaman padi (tabel 2). Sehingga kandungan zinc organ akar dipengaruhi oleh genotip tanaman padi yang digunakan.

Hasil uji lanjut DMRT taraf 5% terhadap parameter kandungan zinc organ akar tanaman padi berdasarkan tabel 3 menunjukkan rata-rata kandungan zinc organ akar tertinggi terdapat pada perlakuan v1 (Galur murni B13884MR) yaitu 29.75 mg/kg tetapi berbeda nyata dengan semua perlakuan dengan galur murni UG 2 yang memiliki rata-rata kandungan zinc organ akar ter rendah sebesar 4.90 mg/kg.

Organ akar menjadi tempat pertama dalam pengambilan unsur zinc dari tanah untuk tanaman dalam bentuk  $Zn^{2+}$  (Kochian, 1993). Sehingga seluruh akumulasi zinc pada tanaman ditentukan oleh kekuatan akar dalam mengambil unsur zinc dari dalam tanah. Terdapat banyak gen yang mempengaruhi akumulasi dan transport dari unsur zinc pada akar tanaman padi (Cardini *et al.*, 2021). Salah satu contoh gen yang berperan dalam kandungan zinc dalam akar adalah Gen HMA4

yang bertanggung jawab dalam memuat Zn ke dalam xilem di akar untuk diangkut menuju bagian atas tanaman (Palmer *et al.*, 2009). Hal ini mendukung bahwa kandungan zinc dalam tanaman dapat ditentukan oleh gen yang berada di tanaman tersebut.

Menurut Impa (2013), akumulasi zinc pada tanaman padi terfokus pada bagian akar. Hal ini dapat membuat pemuliaan kesulitan dalam memindahkan akumulasi zinc dari akar ke gabah dikarenakan alur translokasi yang panjang. Genotipe dengan pola akumulasi zinc yang terkonsentrasi pada akar memerlukan pendekatan rekayasa genetik untuk meningkatkan akumulasi zinc dalam gabahnya (Rohaeni *et al.*, 2023). Seperti pada perlakuan v1 (Galur murni B13884MR) dan v2 (VUB Tarabas) memiliki akumulasi zinc pada organ akar yang cukup tinggi, hal ini memberikan informasi bahwa genotipe tersebut memerlukan pendekatan rekayasa genetik untuk memindahkan atau mentranslokasikan zinc ke bagian atas tanaman khususnya bagian gabah.

Akar tanaman padi pada praktiknya biasanya tetap dibiarkan di dalam tanah untuk pertanaman selanjutnya hanya di bajak sehingga akar tanaman padi menjadi salah satu bahan organik tanah. Hal ini dapat menjadi input tambahan ketanah dikarenakan ketika kandungan bahan organik tanah rendah, biasanya ketersediaan mikronutrien zinc (Zn) pada tanaman juga menurun. (Dawar *et al.*, 2022). Sehingga keberadaan akar padi dapat menguntungkan pada musim tanam selanjutnya khususnya untuk zinc yang tersedia di tanah. Berdasarkan data menunjukkan bahwa kandungan zinc akar tertinggi terdapat pada perlakuan v1 (Galur murni B13884MR) yaitu 29.75 mg/kg sehingga akar dari tanaman ini baik dalam menyediakan zinc tanah

### **Kesimpulan**

Terdapat pengaruh nyata dalam penggunaan berbagai galur dan varietas tanaman padi terhadap sebaran kandungan zinc diberbagai organ (kandungan zinc organ beras pecah kulit, kandungan zinc organ daun padi, kandungan zinc organ batang padi, dan kandungan zinc organ akar padi) dengan dimana varietas dengan sebaran terbaik pada bagian beras pecah kulit dan daun terdapat pada perlakuan varietas padi lokal mawo, sedangkan pada genotipe dengan kandungan zinc organ akar dan batang terbaik terdapat pada galur murni B13884MR-29-1-1.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi yang telah memberikan dana untuk penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan khususnya kepada Ibu Wage Ratna Rohaeni, S.P., M.Si. dan Ibu Elis Septianingrum, S.P., M.Si. sebagai pembimbing teknis dari Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi selama penelitian berlangsung.

### Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. (2021). Luas Panen Dan Produksi Padi Di Indonesia 2021 (Hasil Kegiatan Pendataan Statistik Pertanian Tanaman).
- Cardini, A., Pellegrino, E., White, P. J., Mazzolai, B., Mascherpa, M. C., & Ercoli, L. (2021). *Transcriptional regulation of genes involved in zinc uptake, sequestration and redistribution following foliar zinc application to Medicago sativa*. *Plants*, 10(3), 476.
- Dawar, K., Ali, W., Bibi, H., Mian, I. A., Ahmad, M. A., Hussain, M. B., ... & Danish, S. (2022). *Effect of Different Levels of Zinc and Compost on Yield and Yield Components of Wheat*. *Agronomy*, 12(7)
- Hartoyo, B. (2022). Perbaikan Mutu Gizi Bahan Pangan Melalui Biofortifikasi Kandungan Mineral *Improving the Nutritional Quality of Food Ingredients Through Biofortification of Mineral Content*. *Jurnal Agrifoodtech*, 1(1), 12–20.
- Hoffman, D. J., Roberts, S. B., Verreschi, I., Martins, P. A., De Nascimento, C., Tucker, K. L., and Sawaya, A. L. (2000). *Regulation of Energy Intake may be Impaired in Nutritionally Stunted Children from the Shantytowns of Sao Paulo, Brazil*. *The Journal of Nutrition*, 130(9), 2265-2270.
- Impa, S. M., Gramlich, A., Tandy, S., Schulin, R., Frossard, E., & Johnson-Beebout, S. E. (2013). *Internal Zn allocation influences Zn deficiency tolerance and grain Zn loading in rice (Oryza sativa L.)*. *Frontiers in Plant Science*, 4, 534.
- Jiang, W., Struik, P. C., Van Keulen, H., Zhao, M., Jin, L. N., & Stomph, T. J. (2008). *Does increased zinc uptake enhance grain zinc mass concentration in rice?. Annals of applied biology*, 153(1), 135-147.
- Kochian, L. V. (1993). *Zinc absorption from hydroponic solutions by plant roots*. In *Zinc in Soils and Plants: Proceedings of the International Symposium on 'Zinc in Soils and Plants' held at The University of Western Australia, 27–28 September, 1993* (pp. 45-57). Springer Netherlands.
- Palmer, C. M., & Guerinot, M. L. (2009). *Facing the challenges of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants*. *Nature chemical biology*, 5(5), 333-340.
- Peel, M. D., and Rasmusson, D. C. (2000). *Improvement Strategy for Mature Plant Breeding Programs*. *Crop Science*, 40(5), 1241-1246.
- Rohaeni, W. R., Suwarno, W. B., Susanto, U., Triosoemaningtyas, T., Ghulamahdi, M., & Aswidinnoor, H. (2023). *Genetic diversity, heritability, and accumulation patterns of Zn content in biofortified rice*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(1).
- Rostini, T., Zakir, I., & Hidayatullah, A. (2019). *Kualitas Nutrisi Pakan Lokal Yang Disuplementasi Zn Biokomplek Dan Vitamin E*. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 44(2), 244-250.
- Roy, S. C., & Shil, P. (2020). *Assessment of genetic heritability in rice breeding lines based on morphological traits and caryopsis ultrastructure*. *Scientific reports*, 10(1), 1-17.
- Stomph, T. J., Jiang, W., Van Der Putten, P. E., and Struik, P. C. (2014). *Zinc Allocation and Re-allocation in Rice*. *Frontiers in Plant Science*, (5), 8.
- Sudarmonowati, E., Hartati N.S., Fathoni, Ahmad., Hartati. (2018). *Biodiversitas, Perakitan Klon Unggul dan Pemanfaatan Bioresources Ubi Kayu Untuk Mendukung Ketahanan Pangan*. Jakarta: LIPI press