

**KAJIAN AKUMULASI BIOMASSA, SERAPAN NITROGEN (N), DAN
KANDUNGAN ZINC (Zn) BEBERAPA VARIETAS PADI SAWAH (*Oryza
Sativa* L.) AKIBAT APLIKASI ZINC (Zn) DAN UJI VIGOR BENIH PADI
PADA KONDISI SALIN**

(Tesis)

Oleh

**DYTRI ANINTYAS PUTRI
2324011018**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**KAJIAN AKUMULASI BIOMASSA, SERAPAN NITROGEN (N), DAN
KANDUNGAN ZINC (Zn) BEBERAPA VARIETAS PADI SAWAH (*Oryza
Sativa* L.) AKIBAT APLIKASI ZINC (Zn) DAN UJI VIGOR BENIH PADI
PADA KONDISI SALIN**

Oleh

DYTRI ANINTYAS PUTRI

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN**

Pada

**Program Studi Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

KAJIAN AKUMULASI BIOMASSA, SERAPAN NITROGEN (N), DAN KANDUNGAN ZINC (Zn) BEBERAPA VARIETAS PADI SAWAH (*Oryza Sativa* L.) AKIBAT APLIKASI ZINC (Zn) DAN UJI VIGOR BENIH PADI PADA KONDISI SALIN

Oleh

DYTRI ANINTYAS PUTRI

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan komoditas strategis yang berperan penting dalam ketahanan pangan nasional. Namun, produksi padi nasional mengalami penurunan pada tahun 2024, yang disebabkan oleh berbagai faktor seperti perubahan iklim, degradasi lahan, dan kekurangan hara mikro. Zinc (Zn) merupakan unsur hara mikro esensial yang berperan penting dalam metabolisme tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi zinc, perbedaan varietas, dan interaksi keduanya terhadap akumulasi biomassa, serapan nitrogen, dan kandungan Zn tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.), serta mengetahui pengaruh aplikasi Zinc (Zn) pra panen terhadap vigor benih beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin. Penelitian ini terdiri dari dua percobaan yang saling terkait untuk mencapai tujuan penelitian tersebut. Percobaan pertama dilaksanakan di lahan sawah Desa Maja, Kecamatan Margapunduh, Kabupaten Pesawaran, Lampung. Perlakuan disusun secara faktorial menggunakan rancangan *strip plot*. Percobaan kedua dilaksanakan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Perlakuan disusun secara faktorial menggunakan rancangan acak kelompok (RAK). Faktor pertama adalah aplikasi zinc yang terdiri dari kontrol (P₀), *priming* ZnSO₄·7H₂O 0,25% (P₁), *priming* ZnSO₄·7H₂O 0,25% dan *foliar spray* ZnSO₄·7H₂O 0,5% pada fase vegetatif (P₂), *priming* ZnSO₄·7H₂O 0,25% dan *foliar spray* ZnSO₄·7H₂O 0,5% pada fase generatif (P₃), dan *priming* ZnSO₄·7H₂O 0,25% dan *foliar spray* ZnSO₄·7H₂O 0,5% pada fase vegetatif dan generatif (P₄). Faktor kedua adalah varietas padi yang terdiri dari varietas Ciherang (V₁), Inpari-32 (V₂), dan Inpari IR Nutrizinc (V₃). Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan *software* excel dan R. Studio 4.3.2, uji BNJ digunakan sebagai

sarana pembandingan antarperlakuan pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi zinc (Zn) mampu meningkatkan akumulasi biomassa, jumlah malai per rumpun, bobot 100 butir gabah, indeks panen, hasil gabah, serta kandungan Zn dalam sekam padi, meskipun kandungan nitrogen menunjukkan respon berbeda pada tiap perlakuan. Aplikasi Zn tidak berpengaruh nyata terhadap vigor benih pada kondisi salin, namun perlakuan *priming* dan *foliar spray* fase vegetatif dan generatif meningkatkan daya berkecambah sebesar 15,46% dibandingkan kontrol. Tampaknya aplikasi Zinc membantu proses adaptasi perkecambahan benih pada kondisi cekaman salinitas. Perbedaan varietas padi sawah berpengaruh pada bobot 100 butir gabah, indeks panen, hasil gabah, kandungan Zn dalam sekam, serta vigor benih pada kondisi salin, dengan varietas Ciherang dan Inpari 32 menunjukkan performa lebih baik dibandingkan Inpari IR Nutrizinc. Interaksi aplikasi Zn dengan varietas meningkatkan bobot 100 butir gabah, hasil gabah kering panen dan giling, dengan varietas Ciherang paling responsif terhadap aplikasi Zn. Penelitian ini menunjukkan bahwa biofortifikasi agronomis melalui aplikasi $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ efektif meningkatkan hasil dan kualitas gizi beras. Khususnya kandungan Zn yang dapat membantu dalam mengatasi *stunting*.

Kata kunci : aplikasi Zn, varietas, salin.

ABSTRACT

STUDY OF BIOMASS ACCUMULATION, NITROGEN (N) UPTAKE, AND ZINC (Zn) CONTENT IN SEVERAL RICE (*Oryza sativa* L.) VARIETIES AS A RESULT OF ZINC (Zn) APPLICATION AND SEED VIGOR TEST UNDER SALINE CONDITIONS

By

DYTRI ANINTYAS PUTRI

Rice (*Oryza sativa* L.) is a strategic commodity that plays a crucial role in national food security. However, national rice production declined in 2024 due to various factors such as climate change, land degradation, and micronutrient deficiencies. Zinc (Zn) is an essential micronutrient that plays an important role in plant metabolism. This study aimed to determine the effects of zinc application, varietal differences, and their interactions on biomass accumulation, nitrogen uptake, and Zn content in rice (*Oryza sativa* L.), as well as to evaluate the effect of pre-harvest zinc (Zn) application on seed vigor of several rice varieties under saline conditions. This research consisted of two related experiments designed to achieve these objectives. The first experiment was conducted in rice fields at Maja Village, Margapunduh District, Pesawaran Regency, Lampung, using a factorial arrangement in a strip-plot design. The second experiment was conducted at the Seed and Plant Breeding Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung, using a factorial arrangement in a randomized complete block design (RCBD). The first factor was zinc application: control (P₀), ZnSO₄·7H₂O priming 0.25% (P₁), ZnSO₄·7H₂O priming 0.25% + foliar spray ZnSO₄·7H₂O 0.5% at the vegetative stage (P₂), ZnSO₄·7H₂O priming 0.25% + foliar spray ZnSO₄·7H₂O 0.5% at the generative stage (P₃), and ZnSO₄·7H₂O priming 0.25% + foliar spray ZnSO₄·7H₂O 0.5% at both vegetative and generative (P₄). The second factor was rice varieties: Ciherang (V₁), Inpari-32 (V₂), and Inpari IR Nutrizinc (V₃). Data were analyzed using Microsoft Excel and R Studio 4.3.2, with BNJ test (LSD) applied at a 5% significance level. The results showed that zinc (Zn) application increased biomass accumulation, number of panicles per plant, weight of 100 grains, harvest index, grain yield, and Zn content in rice husks, although nitrogen

content showed different responses in each treatment. Zn application had no significant effect on seed vigor under saline conditions, however, priming and foliar spray treatments during the vegetative and generative phases increased germination rate by 15.46% compared to the control. It appears that zinc application aids the seed germination adaptation process under saline stress conditions. Rice variety differences influenced 100-grain weight, harvest index, grain yield, Zn content in husks, and seed vigor under saline conditions, with the Ciherang and Inpari 32 varieties showing better performance than Inpari IR Nutrizinc. The interaction between Zn application and variety increased the weight of 100 grains of rice, dry grain yield, and milled grain yield, with the Ciherang variety being the most responsive to Zn application. This study demonstrates that agronomic biofortification through $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ application effectively improves rice yield and nutritional quality, particularly Zn content, which can help stunting.

Keywords: Zn application, varieties, saline.

Judul Tesis

**: KAJIAN AKUMULASI BIOMASSA,
SERAPAN NITROGEN (N), DAN
KANDUNGAN ZINC (Zn) BEBERAPA
VARIETAS PADI SAWAH (*Oryza Sativa* L.)
AKIBAT APLIKASI ZINC (Zn) DAN UJI
VIGOR BENIH PADI PADA KONDISI SALIN**

Nama Mahasiswa

: Dytri Anintyas Putri

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2324011018

Program Studi

: Magister Agronomi

Fakultas

: Pertanian



Prof. Dr. Ir. M. Kamal, M.Sc.
NIP. 19610101 198503 1 003

Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.
NIP. 19610814 198609 1 001

Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc.
NIP. 19610613 198503 1 002

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S.
NIP 19620928 198703 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Ir. M. Kamal, M.Sc.

M Kamal

Sekretaris 1 : Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.

Eko Pramono

Sekretaris 2 : Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc.

Syamsul Hadi

Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.

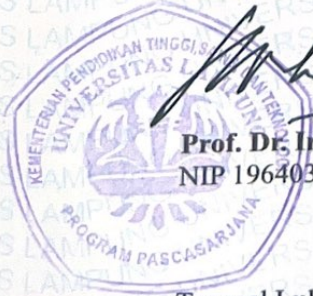
Agus Karyanto

Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kusyanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 19641118 198902 1 002

3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP 19640326 198902 1 001

Tanggal Lulus Ujian Tesis : 31 Juli 2025

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

Tesis dengan judul **“KAJIAN AKUMULASI BIOMASSA, SERAPAN NITROGEN (N), DAN KANDUNGAN ZINC (Zn) BEBERAPA VARIETAS PADI SAWAH (*Oryza Sativa* L.) AKIBAT APLIKASI ZINC (Zn) DAN UJI VIGOR BENIH PADI PADA KONDISI SALIN”**

adalah hasil karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas hasil karya orang lain dengan cara tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme. Semua hasil yang tertuang dalam tesis ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung.

1. Pembimbing penulis tesis ini berhak mempublikasi Sebagian atau seluruh tesis ini pada jurnal dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya.
2. Hal intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya. Sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 28 Agustus 2025
Pembuat Pernyataan,



Dytri Anintyas Putri
NPM 2324011018

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pangkal Pinang pada 15 Nopember 1995. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Susilo Gunawan dan Ibu Marlana.

Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK. Aisyiyah Bustanul Athfal Bandar Jaya, Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2001, Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Poncowati Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2004 lalu pindah ke Sekolah Dasar Negeri (SDN) 1 Perumnas Way Halim Bandar Lampung pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 19 Bandar Lampung pada tahun 2010, Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 15 Bandar Lampung pada tahun 2013, dan Sarjana (S1) Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2017.

Penulis bekerja sebagai Customer Service Representative (CSR) di Plasa Telkom Majapahit Bandar Lampung sejak 2018 hingga 2021, kemudian sebagai Tenaga Bantu Pengendali Organisme Pengganggu Tanaman (TB POPT) UPTD Balai Proteksi, Dinas Ketahanan Pangan dan Hortikultura, Provinsi Lampung, sejak 2021 hingga sekarang. Pada 2023, penulis melanjutkan studi magister pada Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan
Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras
(untuk urusan yang lain)
Dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap
(QS. Insyirah 6-8)

Andai kamu tahu bagaimana Allah mengatur urusan hidupmu, pasti hati kamu
akan meleleh karena cinta kepada-Nya
(Ibnul Qayyim Al-Jawziyyah)

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
Segala puji bagi Allah, Tuhan Semesta Alam, Yang Maha Membolak-balik hati
dan Pemilik setiap skenario kehidupan.

Dengan segenap cinta dan ketulusan, karya tesis ini kupersembahkan kepada:

Suamiku tersayang dan tercinta,
Ahmad Ihsanuddin,
Atas izin, ridho, doa, kasih sayang, dukungan tiada henti, yang telah diberikan
dengan penuh ketulusan. Hanya Allah yang bisa membalas kebaikanmu.

Kedua anaku,
My precious love Alisha Syadza Karimah dan Ghathaf Omair Karim,
Yang *terpaksa* memahami keadaan, menjadi sumber motivasi terbesarku,
sekaligus tempatku kembali penuh cinta.

Kedua orangtuaku,
Bapak Susilo Gunawan dan Ibu Marlina,
Yang senantiasa selalu mendoakan dan memberikan dukungan hingga umurku
saat ini.

Saudara-saudaraku,
Mas Bagas Pratama, Mas Gandha Pradista Putra,
dan Adik kesayanganku Duta Gumara Nugrah atas doa, dukungan, dan semangat
yang diberikan.

Almamater tercinta,
Universitas Lampung, tempat yang telah memberiku ilmu, pengalaman, dan
kesempatan berharga dalam perjalanan akademik ini.

SANWACANA

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, nikmat sehat, dan petunjuknya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan tesis ini.

Tesis yang berjudul **“KAJIAN AKUMULASI BIOMASSA, SERAPAN NITROGEN (N), DAN KANDUNGAN ZINC (Zn) BEBERAPA VARIETAS PADI SAWAH (*Oryza Sativa* L.) AKIBAT APLIKASI ZINC (Zn) DAN UJI VIGOR BENIH PADI PADA KONDISI SALIN”** merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pertanian di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A. IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
4. Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi.
5. Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc., selaku Pembimbing pertama yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan ide, ilmu, arahan, motivasi, memberi kritik, dan saran selama proses penelitian hingga penyusunan tesis ini, sehingga tesis ini dapat terselesaikan.

6. Dr. Ir. Eko Pramono, M.S., selaku Pembimbing kedua yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan semangat, kritik dan saran, sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
7. Dr. Ir. Muhammad Syamsoel Hadi, M.Sc., selaku Pembimbing ketiga yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan semangat, motivasi, dan saran, sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
8. Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., selaku Penguji yang telah meluangkan waktunya, mengarahkan, memberikan kritik, dan saran, sehingga tesis ini dapat terselesaikan.
9. Seluruh dosen Program Studi Magister Agronomi yang telah memberikan ilmu dan membagikan pengalaman kepada penulis selama menempuh pendidikan.
10. Suamiku dan kedua anakku, atas waktu dan kesempatan yang diberikan, doa yang dipanjatkan, dan dukungan yang diberikan.
11. Kedua orang tua dan mertua, atas doa, dukungan, bantuan yang diberikan, sehingga tesis ini dapat diselesaikan.
12. Saudara kandung dan ipar, atas doa dan semangat yang diberikan kepada penulis.
13. Kholfira Masoyogie dan Mba Eka Kusumawati selaku rekan seperjuangan penelitian terutama penelitian padi atas bantuan, semangat, dan keluh kesahnya selama menjalani penelitian.
14. Teman-teman seperjuangan Magister Agronomi angkatan 2023, terima kasih atas semangat, bantuan, canda tawa, keluh kesahnya, dan kebersamaan selama perkuliahan.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu, yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penulisan dan penyusunan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna, namun besar harapan penulis semoga karya ini dapat memberikan manfaat dan informasi yang berguna bagi semua pihak. Penulis juga memohon maaf atas segala kekurangan

yang mungkin terdapat dalam proses penulisan. Semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan membalas segala kebaikan dan bantuan yang telah diberikan. Aamiin.

Bandar Lampung, 28 Agustus 2025

Dytri Anintyas Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	x
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Kerangka Pemikiran	8
1.5 Hipotesis	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Tanaman Padi	14
2.1.1 Morfologi Tanaman Padi	14
2.1.2 Fase Pertumbuhan Padi	16
2.1.3 Syarat tumbuh tanaman padi	18
2.2 Biomassa	18
2.3 Varietas	19
2.4 Zinc	20
2.4.1 Peran Zinc melalui <i>Priming</i>	22
2.4.2 Peran Zinc melalui <i>Foliar spray</i>	23
2.4.3 Peran Zinc terhadap Serapan Nitrogen	25
2.5 Salinitas	25
2.5.1 Vigor benih pada kondisi salin	26
III. METODE PENELITIAN	28
3.1 Percobaan I: Akumulasi biomassa, serapan nitrogen, dan kandungan Zinc (Zn) beberapa varietas padi sawah (<i>Oryza sativa</i> L.) akibat aplikasi Zinc (Zn)	28
3.1.1 Tempat dan Waktu	28
3.1.2 Bahan dan Alat	28
3.1.3 Rancangan percobaan	29

3.1.4 Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.1.5 Variabel Pengamatan	33
3.1.6 Analisis Data	37
3.2 Percobaan II: Uji vigor benih beberapa varietas padi (<i>Oryza sativa</i> L.) yang dipupuk zinc pada kondisi salin berbeda	37
3.2.1 Tempat dan Waktu.....	37
3.2.2 Bahan dan Alat.....	38
3.2.3 Rancangan Percobaan	38
3.2.4 Pelaksanaan penelitian.....	38
3.2.5 Variabel Pengamatan	40
3.2.6 Analisis Data	42
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	43
4.1 Hasil Penelitian	43
4.1.1. Hasil Percobaan 1	43
4.1.2. Hasil Percobaan 2	56
4.2. Pembahasan.....	
V. KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik Kimia Tanah Lokasi Penelitian	43
2. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap akumulasi biomassa, komponen hasil, dan hasil gabah pada beberapa varietas padi sawah.....	44
3. Pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah terhadap biomassa segar dan kering fase vegetatif.....	46
4. Pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah terhadap biomassa segar dan kering fase generatif.....	47
5. Pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah terhadap jumlah malai per rumpun	48
6. Pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah terhadap panjang malai	49
7. Pengaruh aplikasi zinc terhadap bobot 100 butir gabah pada beberapa varietas padi sawah.....	50
8. Pengaruh aplikasi zinc terhadap indeks panen gabah pada beberapa varietas padi sawah	51
9. Pengaruh aplikasi zinc terhadap gabah kering panen pada beberapa varietas padi sawah	52
10. Pengaruh aplikasi zinc terhadap gabah kering giling pada beberapa varietas padi sawah	53
11. Pengaruh aplikasi zinc terhadap kandungan nitrogen pada fase vegetatif dan generatif pada varietas padi sawah	54
12. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap vigor pada beberapa varietas padi sawah pada kondisi salin	57

13. Pengaruh aplikasi zinc terhadap indeks vigor, daya berkecambah, dan kecambah abnormal pada beberapa varietas padi sawah pada kondisi salin	59
14. Pengaruh aplikasi zinc terhadap panjang tajuk dan panjang akar primer pada beberapa varietas padi sawah pada kondisi salin.....	60
15. Pengaruh aplikasi zinc terhadap bobot segar kecambah normal dan bobot kering kecambah normal pada beberapa varietas padi sawah pada kondisi salin.....	61
16. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada biomassa segar fase vegetatif	102
17. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada biomassa segar fase vegetatif	102
18. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada biomassa kering fase vegetatif.....	102
19. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada biomassa kering fase vegetatif.....	102
20. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada biomassa segar fase generatif	103
21. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada biomassa segar fase generatif	103
22. Uji homogenitas pengaruh perbedaan varietas padi sawah dan aplikasi Zn pada variabel biomassa kering fase generatif.....	103
23. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada biomassa kering fase generatif	103
24. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada jumlah malai	104
25. Analisis ragam aplikasi zinc dan pengaruh perbedaan varietas padi sawah pada variabel jumlah malai	104
26. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada panjang malai.....	104
27. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada panjang malai.....	104

28. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi pada bobot 100 butir	105
29. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada bobot 100 butir.....	105
30. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada indeks panen	105
31. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada indeks panen	105
32. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada gabah kering panen.....	106
33. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada gabah kering panen.....	106
34. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi pada variabel gabah kering giling	106
35. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas padi sawah pada gabah kering giling	106
36. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada indeks vigor	107
37. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada indeks vigor	107
38. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada daya berkecambah	107
39. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada daya berkecambah	107
40. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada kecambah abnormal.....	107
41. Analisis ragam pengaruh aplikazi zinc danperbedaan varietas pada kecambah abnormal.....	108
42. Uji homogenitas pengaruh perbedaan varietas dan aplikasi Zn pada kecambah benih padi terhadap variabel panjang tajuk.....	108
43. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada panjang tajuk	108

44. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada panjang akar primer.....	108
45. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada panjang akar primer.....	109
46. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada bobot basah kecambah normal	109
47. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada bobot basah kecambah normal	109
48. Uji homogenitas pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada bobot kering kecambah normal	109
49. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc dan perbedaan varietas pada bobot kering kecambah normal	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Kerangka Pemikiran	12
2. Tata Letak Percobaan	30
3. Kandungan nitrogen pada fase vegetatif dan generatif pada beberapa varietas padi sawah.....	55
4. Pengaruh aplikasi zinc terhadap kandungan zinc sekam (ppm) pada beberapa varietas padi sawah	56
5. Priming Zinc 0,25% Perendaman 12 Jam pada Varietas Ciherang	91
6. Priming Zinc 0,25% Perendaman 12 Jam pada Varietas Inpari 32	91
7. Priming Zinc 0,25% Perendaman 12 Jam pada Varietas Inpari IR Nutrizinc	91
8. Persiapan Lahan Persemaian Padi dan Hasil Persemaian Beberapa Varietas Padi Sawah	92
9. Pembuatan Guludan Petak Percobaan.....	92
10. Pindah Tanam Bibit Padi ke Petak Percobaan	92
11. Pengamatan dan Pemeliharaan Kondisi Pertanaman	93
12. Pembuatan Sampel Tanaman	93
13. Pembuatan larutan Zinc 0,5 % dan Aplikasi Foliar Spray pada Fase Vegetatif	93
14. Pengambilan Sampel dan Penimbangan Biomassa segar Tanaman padi Fase Vegetatif.....	94

15. Visual Perbandingan Biomassa segar Fase Vegetatif pada Varietas Ciherang	94
16. Visual Perbandingan Biomassa segar Fase Vegetatif pada Varietas Inpari 32	95
17. Visual Perbandingan Biomassa segar Fase Vegetatif pada Varietas Inpari IR Nutrizinc	95
18. Visual Perbandingan Biomassa segar Fase Vegetatif Antar Varietas Pada Perlakuan P0 (Kontrol) dan Perlakuan P1	95
19. Visual Perbandingan Biomassa segar Fase Vegetatif Antar Varietas Pada Perlakuan P2 dan Perlakuan P3	96
20. Visual Perbandingan Biomassa segar Fase Vegetatif Antar Varietas Pada Perlakuan P4.....	96
21. Proses Penjemuran Biomassa Fase Vegetatif sebelum di Oven	96
22. Aplikasi Foliar Spray Pada Fase Generatif.....	97
23. Kondisi Menjelang Panen	97
24. Pengambilan Sampel Biomassa Fase Generatif.....	97
25. Visual Perbandingan Biomassa segar Fase Generatif pada Varietas Ciherang	98
26. Visual Perbandingan Biomassa segar Fase Generatif pada Varietas Inpari 32	98
27. Visual Perbandingan Biomassa segar Fase Generatif pada Varietas Inpari IR Nutrizinc	98
28. Visual Perbandingan Malai Pada Varietas Ciherang.....	99
29. Visual Perbandingan Malai Pada Varietas Inpari 32	99
30. Visual Perbandingan Malai Pada Varietas Inpari IR Nutrizinc	99
31. Sampel Sekam untuk Pengujian Kandungan Zinc	100
32. Persiapan Larutan NaCl	100
33. Perendaman Kertas CD menggunakan Larutan NaCl 0,7%	100

34. Penanaman Benih Padi Hasil Panen Percobaan I Pada Media CD Kondisi Salin	101
35. Visual Pengamatan Daya Berkecambah	101

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan yang penting dan komoditas strategis yang memiliki peran sentral dalam menjaga ketahanan pangan di Indonesia. Sebagai makanan pokok mayoritas penduduk di Indonesia, ketersediaan padi yang memadai menjadi indikator penting dalam pemenuhan kebutuhan dasar masyarakat. Pada tahun 2024, Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan bahwa produksi padi nasional mencapai 53,14 juta ton gabah kering giling (GKG). Angka ini menunjukkan adanya sedikit penurunan, sebesar 1,55% dibandingkan tahun 2023. Produksi beras pada 2024 untuk konsumsi pangan penduduk mencapai 30,62 juta ton, mengalami penurunan 1,54% dibandingkan tahun 2023. Penurunan produksi ini disebabkan dari beberapa faktor seperti faktor genetik, alih fungsi lahan, perubahan iklim meliputi kekeringan dan banjir, penurunan kesuburan tanah, dan kurangnya pengelolaan hara mikro.

Upaya peningkatan produktivitas untuk mencapai keberhasilan dapat didukung dengan peran penggunaan varietas unggul yang dapat meningkatkan potensi hasil, mengoptimalkan penggunaan lahan, pemupukan yang tepat sasaran, perbaikan ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik, dan perbaiki mutu yang meliputi rasa dan kandungan gizi pada beras yang dihasilkan (Aristya dan Taryono, 2019). Secara umum, beras memiliki kandungan gizi per 100 g bahan adalah 360 kkal energi, 6,6 g protein, 0,58 g lemak, dan 79,34 g karbohidrat (USDA, 2011). Kandungan gizi ini tidak memenuhi kebutuhan mikronutrien yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tubuh sehingga berpotensi terhadap kekurangan gizi masyarakat luas di Indonesia. Permasalahan malnutrisi ini terdiri

dari gizi kurang yang berdampingan dengan kelebihan gizi (*over nutrition*) dan defisiensi mikronutrien (Arif *et al.*, 2020).

Defisiensi mikronutrien menjadi permasalahan besar bagi kesehatan dan perkembangan populasi di seluruh dunia, terutama anak-anak dan wanita hamil (WHO, 2024). Defisiensi mikronutrien meliputi kekurangan zat besi, vitamin A, yodium, asam folat dan seng (Zinc) (Han *et al.*, 2022). Defisiensi Zn pada manusia menyebabkan penurunan imunitas, gangguan memori, gangguan pengecap dan penciuman serta timbulnya rabun senja, dan penurunan spermatogenesis pada pria (Sauer *et al.*, 2016). Pada anak-anak, kekurangan asupan zinc dapat menurunkan *Growth Hormon* yang dapat menyebabkan *stunting* (Fatimah *et al.*, 2020).

Zinc (Zn) merupakan salah satu unsur hara mikro esensial yang memiliki peran penting dalam biokimia, metabolisme tanaman, dan berkontribusi pada beberapa aktivitas seluler dan fisiologis tanaman sehingga meningkatkan pertumbuhan, perkembangan, dan hasil tanaman (Hamzah *et al.*, 2022). Peran Zn yang multifungsi ini menjadikannya unsur esensial bagi keberlangsungan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Kekurangan Zn dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan, penurunan efisiensi metabolisme, serta menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen (Suganya *et al.*, 2020). Zn memainkan peran penting dalam metabolisme nitrogen pada tanaman. Zn diperlukan untuk mengaktifkan enzim-enzim yang mengubah nitrat menjadi amonia, sehingga nitrogen dapat diserap oleh tanaman (Cakmak *et al.*, 2010).

Ketersediaan Zn yang cukup pada tanaman dapat meningkatkan serapan nitrogen, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi biomassa (Cakmak *et al.*, 2010). Biomassa tanaman merupakan akumulasi total bahan kering dari seluruh komponen organik yang diproduksi oleh tanaman sepanjang siklus hidupnya. Tingginya akumulasi biomassa pada tanaman padi berperan penting dalam meningkatkan hasil produksi. Biomassa yang lebih tinggi mencerminkan ketersediaan energi dan senyawa organik yang memadai untuk menunjang

pembentukan serta pengisian bulir padi (Andesmora *et al.*, 2023). Ji *et al.*, (2022) melaporkan ketersediaan Zn mendorong serapan, translokasi, dan distribusi N dalam beras, sedangkan pasokan N meningkatkan penyerapan dan translokasi Zn. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Zn dan N mengatur ekspresi gen yang terlibat dalam transportasi dan asimilasi N dan Zn. Sehingga berpengaruh terhadap hasil panen dan kesehatan pada manusia, terutama pada daerah yang terdampak pada defisiensi zinc.

Peningkatan kandungan gizi beras yang akan dikonsumsi masyarakat luas dapat dilakukan melalui biofortifikasi. Biofortifikasi merupakan peningkatan konsentrasi unsur-unsur yang tersedia secara hayati di dalam bagian tanaman sehingga menjadikan tanaman pangan memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Biofortifikasi dikembangkan menggunakan teknik pemuliaan tanaman, rekayasa genetik, dan secara eksogenus (agronomi) (Singh *et al.*, 2016; Bouis and Saltzman, 2017; Garg *et al.*, 2018). Biofortifikasi secara eksogenus (agronomi) pada tanaman dapat dilakukan melalui tanah dengan cara pemupukan, melalui benih dengan cara *priming*, dan melalui daun dengan cara *foliar spray* (Farooq *et al.*, 2012).

Yamuangmorn *et al.* (2022) melaporkan perlakuan *priming* benih padi menggunakan larutan 0,5% ZnSO₄. dapat meningkatkan vigor bibit dan akumulasi zinc dalam gabah. Hasil penelitian Sisodiya *et al.*, (2021) perlakuan *foliar spray* dengan konsentrasi 0,5% ZnSO₄ yang diaplikasikan pada tanaman padi umur 30 dan 60 HST menunjukkan pertumbuhan, komponen hasil, dan serapan Zn, N, P dan K pada pucuk, akar, gabah dan jerami yang lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan. Saikh *et al.*, (2022) melaporkan aplikasi zinc pada daun dengan konsentrasi 0,5% (ZnSO₄.7H₂O) pada saat inisiasi malai dan satu minggu setelah berbunga mampu meningkatkan hasil panen gabah, akumulasi biomassa, ketersediaan N didalam tanah dibandingkan perlakuan lainnya, terutama kontrol. Selain itu, Zn dalam bulir padi dapat secara efektif ditingkatkan dengan pemberian Zn pada daun, terutama bila Zn disemprotkan setelah pembungaan.

Pemenuhan unsur hara yang optimal seperti unsur hara makro dan mikro dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas pada tanaman padi. Nitrogen (N) merupakan unsur hara makro esensial yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan tanaman meliputi pertumbuhan vegetatif dan pertumbuhan reproduktif yang tidak lepas dari peranan N. Ketersediaan N yang optimum dapat mendukung pertumbuhan tajuk tanaman yang optimum sehingga proses fotosintesis pertanaman juga besar. Kondisi ini berpotensi untuk produksi biomassa yang tinggi dan komponen hasil dapat maksimal. Jumlah kandungan N di dalam biomassa tanaman menunjukkan jumlah yang paling besar dibandingkan unsur hara esensial lainnya (Kamal *et al.*, 2023).

Ciherang merupakan salah satu varietas unggul yang banyak digemari dan dibudidayakan oleh petani karena memiliki potensi hasil yang tinggi dan perawatan yang cukup mudah (Meliawati *et al.*, 2023). Hasil penelitian Hamam *et al.* (2017) ciherang memiliki kadar Zinc dalam beras mencapai 14,5 ppm. Inpari 32 dan Inpari IR Nutrizinc merupakan salah satu varietas unggul baru. Inpari 32 memiliki potensi hasil yang tinggi dan memiliki karakter yang mirip dengan ciherang. Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi (BBPSI Padi, 2023) melaporkan varietas Inpari IR Nutrizinc memiliki kandungan Zinc mencapai 34,51 ppm, dengan rata-rata kandungan Zn 29,54 ppm yang dapat dimanfaatkan untuk mengatasi *stunting*.

Jika varietas benih yang mengandung zinc telah dihasilkan melalui biofortifikasi agronomi diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut dalam skala luas dan dapat berkontribusi untuk meningkatkan kandungan gizi beras yang akan dikonsumsi masyarakat luas. Garg *et al.* (2018) melaporkan biofortifikasi secara agronomi menjadi solusi yang menjanjikan, hemat biaya, dan berkelanjutan kepada masyarakat yang memiliki akses terbatas terhadap pola makan dan intervensi mikronutrien lainnya.

Benih padi yang memiliki kandungan zinc melalui biofortifikasi agronomi dapat dikembangkan secara skala luas. Pengembangan produksi ini perlu didukung oleh inovasi teknologi padi yang tepat guna karena tantangan seperti perubahan iklim

global, alih fungsi lahan sawah, dan kondisi spesifik dari lahan sawah tadah hujan, lahan kering, rawa lebak, dan pasang surut (Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, 2022). Lahan pasang surut merupakan wilayah yang berada di antara titik tertinggi air pasang dan titik terendah air surut, yang secara periodik terendam air laut atau air sungai akibat perubahan pasang surut (Sulistiyanti, 2017). Lahan rawa pasang surut berpotensi untuk pengembangan padi secara luas sebagai lahan pertanian. Berdasarkan laporan tahunan BBSDLP (2020), melaporkan luas lahan rawa pasang surut di Indonesia sekitar $\pm 12.411.939$ hektare dan untuk sebaran lahan sawah rawa pasang surut di Provinsi Lampung seluas 42.911 ha.

Pengembangan lahan pasang surut menjadi lahan produktif membutuhkan inovasi teknologi yang tepat guna. Selain inovasi teknologi yang tepat guna, tantangan dalam pengembangan lahan sawah pasang surut memiliki beberapa kendala seperti genangan air, pH rendah, keberadaan senyawa pirit, dan salinitas tinggi merupakan hambatan fisika-kimia di lahan ini (BBSDLP, 2020). Salinitas merupakan salah satu cekaman abiotik yang disebabkan akibat tingginya kadar garam pada air dan tanah, sehingga menyebabkan kerusakan tanaman (Shokat dan Grobkinsky, 2019). Pertumbuhan dan produktivitas pada tanaman padi dapat menurun akibat mekanisme salinitas yang menyebabkan cekaman ionik, cekaman osmotik, dan ketidakseimbangan unsur hara (Nasrudin dan Fahmi, 2022).

Cekaman salinitas yang diberikan pada benih padi dapat memengaruhi vigor melalui peningkatan konsentrasi NaCl. Hasil penelitian Singh *et al.*, (2020) menunjukkan bahwa perlakuan salinitas dengan konsentrasi NaCl 50 mM ($\pm 0,3\%$) dan 100 mM ($\pm 0,6\%$) menyebabkan penurunan signifikan pada indeks vigor benih padi dibandingkan kontrol (0%). Tingginya tekanan osmotik akibat NaCl menghambat penyerapan air dan menyebabkan ketidakseimbangan ionik dalam sel, yang selanjutnya berdampak pada metabolisme awal benih. Kim dan Kim (2023) melaporkan perlakuan NaCl konsentrasi 0,7% pada bibit padi mempengaruhi keseimbangan osmotik dan ionik, menghambat perkecambahan benih, serta mengganggu fotosintesis dan meningkatkan stres oksidatif.

Benih padi yang memiliki kandungan zinc dapat meningkatkan aktivitas enzim antioksidan superoksida dismutase (SOD). Zinc bertindak sebagai kofaktor untuk SOD yang merupakan enzim antioksidan. Peningkatan enzim SOD dapat menghambat atau melindungi sel dari kerusakan oksidatif yang disebabkan akibat adanya radikal bebas dari spesies oksigen reaktif (ROS). Oleh karena itu, ketersediaan zinc dalam benih dapat mempengaruhi aktivitas SOD dan pertahanan antioksidan secara keseluruhan (Khamid, 2016). Benih yang memiliki kandungan zinc yang cukup tinggi diharapkan mampu melindungi sel dari kerusakan akibat cekaman larutan NaCl, sehingga daya kecambah benih dapat dipertahankan dibandingkan dengan benih yang tidak memiliki kandungan zinc.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penelitian ini perlu dilakukan untuk melihat akumulasi biomassa, serapan nitrogen, kandungan zinc beberapa varietas benih padi yang diberikan perlakuan Zinc. Hasil produksi varietas padi Ciherang, Inpari 32, dan Inpari IR Nutrizinc yang telah diperkaya dengan Zinc kemudian dilakukan pengujian salinitas menggunakan larutan NaCl untuk mengetahui vigor pada benih padi.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. a. Apakah aplikasi zinc (Zn) berpengaruh terhadap akumulasi biomassa, serapan nitrogen, dan kandungan Zn pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.)?
- b. Apakah aplikasi zinc (Zn) berpengaruh terhadap vigor benih beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin?
2. a. Apakah perbedaan varietas berpengaruh terhadap :kumulasi biomassa, serapan nitrogen, dan kandungan Zn pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.)?

- b. Apakah perbedaan varietas berpengaruh dalam meningkatkan vigor benih beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin?
- 3.
 - a. Apakah terdapat pengaruh interaksi aplikasi Zinc (Zn) dan varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) terhadap akumulasi biomassa, serapan nitrogen (N), dan kandungan Zinc (Zn)?
 - b. Apakah terdapat pengaruh interaksi aplikasi Zinc (Zn) dan perbedaan varietas terhadap vigor benih beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.
 - a. Mengetahui pengaruh aplikasi Zinc (Zn) terhadap akumulasi biomassa, serapan nitrogen, dan kandungan Zn pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.).
 - b. Mengetahui pengaruh aplikasi Zinc (Zn) terhadap vigor benih beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin.
- 2.
 - a. Mengetahui pengaruh perbedaan varietas terhadap akumulasi biomassa, serapan nitrogen, dan kandungan Zn pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.).
 - b. Mengetahui pengaruh perbedaan varietas terhadap vigor benih beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin.
- 3.
 - a. Mengetahui pengaruh interaksi aplikasi Zn dan varietas terhadap akumulasi biomassa, serapan nitrogen, dan kandungan Zn pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.).
 - b. Mengetahui pengaruh interaksi aplikasi Zn dan varietas terhadap vigor benih beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin.

1.4 Kerangka Pemikiran

Beras merupakan komoditas pangan utama yang menyuplai sebagian besar kebutuhan karbohidrat di Indonesia. Permintaan beras di Indonesia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Berdasarkan data Badan Pangan Nasional, kebutuhan beras untuk konsumsi rumah tangga diperkirakan mencapai 22,64 juta ton pada tahun 2023 dari 21 juta ton pada tahun 2019, atau meningkat secara keseluruhan sekitar 7,7% dalam lima tahun terakhir. Peningkatan tersebut sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan konsumsi per kapita yang meningkat dari 78,71 kg/tahun pada tahun 2019 menjadi 81,23 kg/tahun pada tahun 2023 (Berita Resmi Statistik, 2024).

Selain itu, produksi padi di Indonesia pada 2024 diperkirakan menurun menjadi sekitar 30,34 juta ton beras, lebih rendah dibandingkan 31,10 juta ton pada 2023 (Berita Resmi Statistik, 2024). Sebagai negara dengan populasi besar dan terus berkembang, ketergantungan pada beras menuntut adanya upaya yang konsisten untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produksi padi. Produktivitas sangat dipengaruhi oleh efisiensi penggunaan unsur hara, baik makro maupun mikro.

Zinc (Zn) merupakan unsur hara mikro yang berperan penting dalam berbagai proses biokimia dan fisiologis tanaman, termasuk mendukung pertumbuhan vegetatif, perkembangan reproduktif, serta menjaga kestabilan struktur seluler. Zn berfungsi dalam pembentukan klorofil, sintesis hormon auksin, serta sebagai kofaktor berbagai enzim yang terlibat dalam metabolisme protein, pengaturan aktivitas hormon, fotosintesis, dan pembelahan sel. Zn juga berperan sebagai kofaktor enzim yang terlibat dalam regulasi metabolisme nitrogen (Alloway, 2004; Cakmak, 2008). Sehingga keberadaan Zn sangat memengaruhi kemampuan tanaman dalam menyerap dan memanfaatkan nitrogen secara efisien.

Nitrogen merupakan unsur makro utama yang sangat diperlukan untuk pembentukan klorofil, asam amino, serta jaringan vegetatif tanaman. Serapan nitrogen yang efisien akan memperkuat pembentukan biomassa, mempercepat pertumbuhan tanaman, dan pada akhirnya berkontribusi langsung terhadap peningkatan komponen hasil, seperti jumlah bulir per malai dan bobot gabah. Dengan demikian, kecukupan Zn dalam tanaman tidak hanya menunjang fungsi-fungsi dasar metabolisme, tetapi juga meningkatkan efisiensi pemanfaatan nitrogen yang berdampak pada produktivitas padi.

Selain pada tanaman, zinc merupakan mikronutrien esensial yang penting bagi kesehatan. Zat gizi mikro ini dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit dalam tubuh manusia, namun berperan penting dalam mendukung pertumbuhan, fungsi sistem kekebalan tubuh, dan proses penyembuhan. Zinc berperan dalam sistem kekebalan tubuh yang berhubungan untuk mencegah terjadinya *stunting*. *Stunting* merupakan kondisi gagal tumbuh dikarenakan pertumbuhan terhambat atau tidak berkembang secara maksimal yang umum terjadi pada balita akibat jangka panjang dari kurangnya nutrisi (Purwadini dan Atmaka, 2023).

Sebagian masyarakat di Indonesia masih mengandalkan konsumsi beras sebagai pemenuhan kebutuhan kalori dan nutrisi. Namun, kandungan nutrisi mikronutrientnya relatif rendah, terutama zinc. Upaya peningkatan kandungan Zn dalam tanaman dapat dilakukan melalui biofortifikasi. Biofortifikasi pada padi sebagai langkah yang inovatif untuk mengatasi masalah gizi seperti *stunting*. Penyediaan beras yang memiliki kandungan zinc tinggi dapat menjadi tambahan mineral dalam konsumsi harian masyarakat Indonesia (Kementerian Pertanian, 2020). Biofortifikasi pada tanaman padi dapat dilakukan secara eksogenus dengan pemberian pupuk mikro pada proses budidaya tanaman. Defisiensi Zinc sangat rentan pada lahan yang tergenang. Aplikasi yang efektif dalam penggunaan Zinc dapat dilakukan dengan cara *priming* dan *foliar spray*.

Metode *priming* memungkinkan benih menyerap zinc pada tahap awal, yang mendukung pertumbuhan bibit lebih kuat dan meningkatkan potensi penyerapan

nutrisi pada fase pertumbuhan selanjutnya. Sementara itu, aplikasi *foliar spray* pada masa pembentukan malai atau tahap pengisian biji dapat meningkatkan kadar zinc secara langsung dalam biji padi. Hal ini efektif karena daun dapat langsung menyerap zinc, yang kemudian didistribusikan ke seluruh tanaman, termasuk biji (Tuiwong *et al.*, 2022). Hasil penelitian Boonchuay *et al.* (2013) menunjukkan perlakuan zinc yang diaplikasikan secara *foliar spray* dengan konsentrasi 0,5% pada fase inisiasi malai, *booting*, dan fase satu minggu dan dua minggu setelah berbunga dapat meningkatkan konsentrasi kandungan zinc di dalam biomassa dan benih padi yang ditanam pada persawahan.

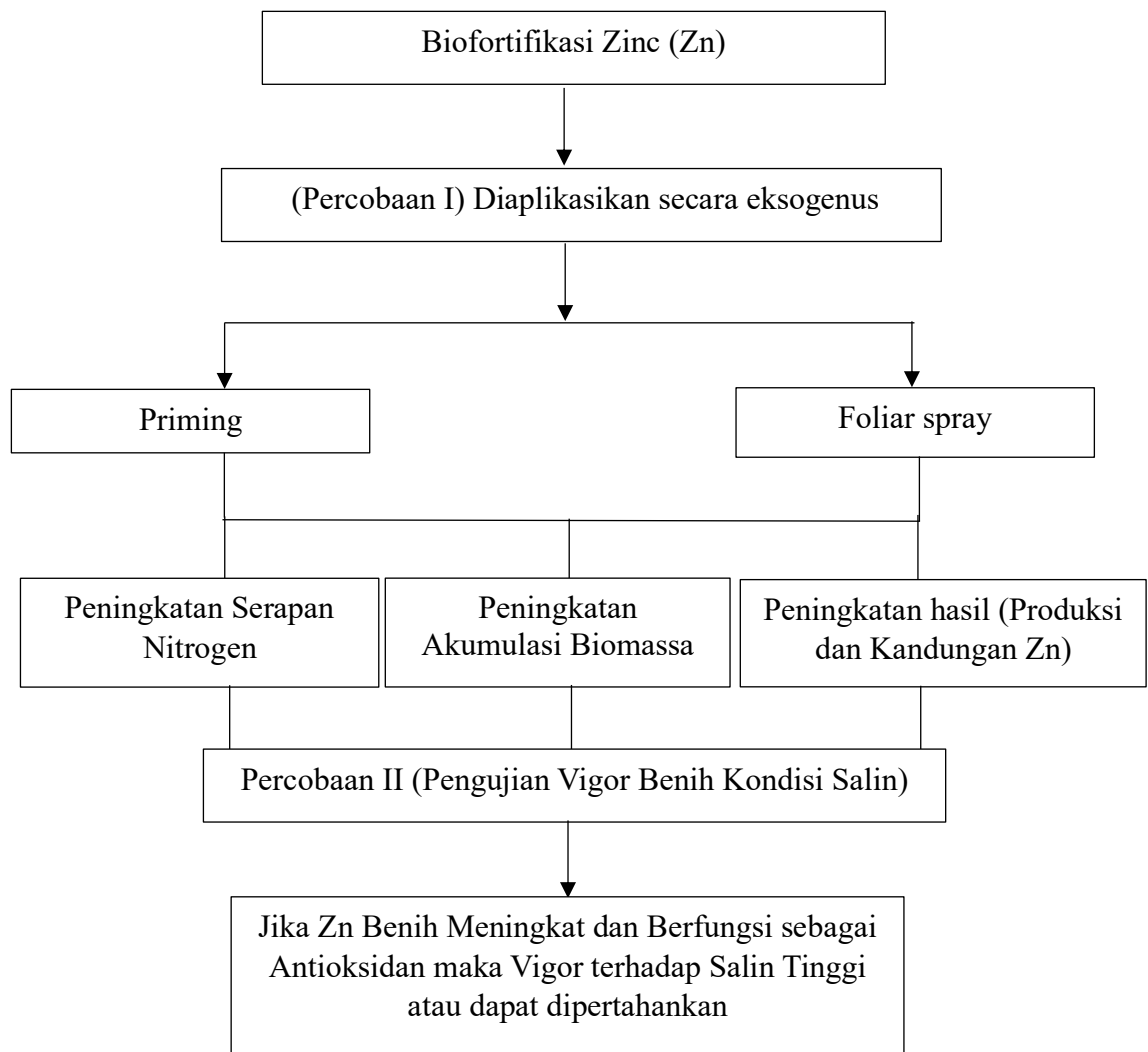
Penggunaan varietas unggul seperti Ciherang, Inpari 32, dan Inpari Nutrizinc memainkan peran penting dalam upaya peningkatan produksi padi di Indonesia. Ciherang memiliki potensi hasil tinggi dan adaptasi yang baik pada berbagai kondisi. Varietas ini populer di kalangan petani karena produktivitasnya tinggi dan memiliki rasa yang diminati masyarakat luas. Inpari 32 dikembangkan dengan keunggulan potensi yang tinggi serta tahan terhadap penyakit hawar daun. Chairuman *et al.*, (2022) menyebutkan Inpari Nutrizinc memiliki potensi hasil yang kompetitif, adaptif di lahan sub optimal, dan memiliki kandungan nutrisi yang kaya akan zinc yang dihasilkan dari Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dan sudah dilepas pada tahun 2019.

Vigor benih merupakan kemampuan benih untuk berkecambah dan menghasilkan tanaman yang kuat dan seragam pada kondisi kurang optimal. Vigor benih yang tinggi menunjukkan benih mampu bertahan dan tumbuh baik meskipun berada di lingkungan yang tidak optimal (Sadjad, 1993). Salinitas merupakan salah satu kondisi kurang optimal yang memiliki dampak negatif terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Kondisi salin disebabkan tingginya konsentrasi garam, terutama ion natrium (Na^+) dan klorida (Cl^-) yang mempengaruhi proses fisiologi dan biokimia pada tanaman (Liu *et al.*, 2022). Cekaman salinitas dapat merusak membran sel akibat akumulasi ion beracun seperti natrium dan klorida. Selain itu, kondisi cekaman salinitas ini menyebabkan produksi berlebihan spesies oksigen reaktif (ROS) (Chaudhary *et al.*, 2015).

Peningkatan kandungan zinc di dalam benih padi diharapkan dapat mempertahankan vigor terhadap cekaman abiotik, termasuk cekaman salinitas. Zinc berperan penting dalam menjaga stabilitas dan integritas membran sel tanaman dengan mengurangi peroksidasi lipid, yang merupakan proses kerusakan membran akibat radikal bebas. Adanya zinc di dalam benih padi dapat berperan sebagai kofaktor untuk enzim antioksidan seperti superoksida dismutase (SOD). Peningkatan zinc meningkatkan aktivitas SOD yang berperan untuk melindungi sel-sel tanaman dari kerusakan oksidatif. Kerusakan oksidatif ini yang disebabkan oleh akumulasi radikal bebas akibat cekaman salinitas (Chaudhary *et al.*, 2015).

Rahman, Miyake, dan Takeoka (2001) melaporkan benih padi yang dikecambahkan dengan konsentrasi NaCl 0,3% memperlambat pertumbuhan daya kecambah, sedangkan larutan NaCl dengan konsentrasi > 1,0% menunjukkan penurunan jumlah kecambah secara signifikan. Penelitian yang dilakukan Harisyah *et al.*, (2022) menunjukkan konsentrasi NaCl 0,3% (3g/L) memiliki persentase indeks vigor terendah sebesar 59,50 % dibandingkan tanpa perlakuan (kontrol). Hasil penelitian Sativa *et al.*, (2022) penggunaan konsentrasi NaCl 0,7% pada benih kedelai menunjukkan daya kecambah terendah sebesar 78,63%. Semakin tinggi konsentrasi NaCl, daya berkecambah benih kedelai semakin menurun.

Potensi penggunaan lahan salin (lahan dengan kadar garam tinggi) dapat mendukung ketahanan pangan. Lahan salin kurang dimanfaatkan oleh petani konvensional dikarenakan kadar garam tinggi yang menyebabkan tekanan osmotik pada tanaman. Kadar garam tinggi menghambat penyerapan air dan nutrisi oleh akar, sehingga tanaman sulit tumbuh optimal akibatnya produktivitas yang dihasilkan rendah. Penerapan penggunaan benih yang mengandung Zn diharapkan dapat mendukung produktivitas tanaman di lahan salin. Berdasarkan uraian tersebut, alur kerangka pemikiran penelitian ini dapat dilihat pada (Gambar 1).



Gambar 1. Bagan Kerangka Pemikiran

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran tersebut, maka diajukan hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. a. Aplikasi zinc (Zn) meningkatkan akumulasi biomassa, serapan nitrogen (N), dan kandungan Zinc (Zn) pada beberapa varietas tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.).
- b. Aplikasi zinc (Zn) meningkatkan vigor benih beberapa varietas tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin.

2.
 - a. Perbedaan varietas menunjukkan perbedaan dalam akumulasi biomassa, serapan nitrogen, dan kandungan Zn pada beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.)
 - b. Perbedaan varietas menunjukkan perbedaan vigor benih beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin.
3.
 - a. Aplikasi zinc (Zn) meningkatkan akumulasi biomassa, serapan nitrogen (N), dan kandungan Zn juga dipengaruhi beberapa varietas tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin.
 - b. Aplikasi zinc (Zn) meningkatkan vigor benih juga dipengaruhi beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) pada kondisi salin.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Padi

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pokok dan sebagai sumber karbohidrat utama di Indonesia. Sejarah tanaman padi berasal dari Cina tengah dan timur dan berasal dari 7000-5000 SM sebagai bukti arkeologi. Tanaman padi sebagian besar ditanam di Asia, terutama di Cina, India, Indonesia, dan Bangladesh (Britannica, 2024).

Padi termasuk dalam genus *Oryza* dan famili Poaceae (Gramineae). Genus *Oryza* didistribusikan ke seluruh daerah tropis dan subtropis dunia. Genus ini memiliki 25 spesies yang terdiri 23 spesies liar dan hanya dua spesies yang dibudidayakan yaitu. *Oryza sativa* dan *Oryza glaberrima*. Secara umum *Oryza sativa* dibudidayakan di wilayah Asia dan *Oryza glaberrima* dibudidayakan di Afrika. Genus *Oryza* mengandung spesies diploid ($2n = 24$) serta tetraploid ($2n = 48$) (Vijay dan Roy, 2013).

2.1.1 Morfologi Tanaman Padi

a. Akar

Tanaman padi termasuk kedalam golongan monokotil. Salah satu ciri dari tanaman monokotil memiliki tipe perakaran yang berserabut. Padi memiliki sistem perakaran yang terdiri dari akar primer, cabang akar, dan rambut akar. Bintil akar padi memiliki panjang yang relatif pendek. Pada padi dewasa memiliki panjang kurang dari 40 cm. Rambut akar memiliki struktur seperti tabung panjang dan sempit yang berasal dari satu sel melalui titik tumbuh.

Rambut akar memiliki kontribusi tertinggi terhadap panjang total dan luas permukaan akar individu (Hannan *et al.*, 2020).

b. Batang

Tanaman padi memiliki batang terdiri dari serangkaian ruas yang masing-masing ruas dipisahkan oleh buku. Ruas batang padi berbentuk bulat, berongga, dan memiliki panjang yang tidak sama. Bagian ruas terpendek terletak dibagian pangkal batang dan tidak dapat dibedakan sebagai ruas-ruas yang berdiri sendiri. Pada buku bagian bawah dari ruas tumbuh daun pelepah yang membalut ruas sampai buku bagian atas. Bagian ujung dari daun pelepah terdapat percabangan, yang bagian terpendek menjadi ligula (lidah) daun, dan yang terpanjang menjadi daun kelopak. Batang tanaman padi memiliki pertumbuhan yang merumpun, terdiri dari satu batang utama. Pada bagian batang utama memiliki mata atau sukma, yaitu sukma 1, 3, 5 sebelah kanan dan sukma 2, 4, 6 sebelah kiri (Siregar dan Sulardi, 2019).

c. Daun

Padi memiliki daun yang terdiri dari pelepah dan helaian. Selubung daun menyelubungi batang di atas buku dengan variasi panjang, bentuk, dan kekencangan. Pada pangkal pelepah daun terdapat pembengkakan yang disebut pelepah pulvinus. Selubung pulvinus umumnya di atas septum nodal dan biasa disebut dengan nodus. Pada titik pertemuan pelepah dan helaian daun terdapat helaian daun yang gundul atau bersilia. Pada bagian batang utama memiliki jumlah daun paling banyak. Daun rudimenter di pangkal batang utama merupakan bagian profillum yang tidak berbilah. Profillum mengikat *tiller* muda pada batang induk (Chang, 1965).

d. Bunga

Bunga padi merupakan bunga telanjang yang artinya memiliki perhiasan bunga dan dapat menyerbuk sendiri. Bunga padi memiliki enam buah benang sari dan satu bakal buah serta dua tangkai putik (Nazirah, 2018). Sekumpulan bunga padi yang muncul melalui buku paling atas disebut dengan malai. Bulir-bulir padi

terletak pada cabang pertama dan kedua, sedangkan sumbu utama padi merupakan ruas batang terakhirnya. Panjang rangkaian bunga biasanya diukur dari sumbu utama ruas terakhir. Panjang malai dapat dibedakan menjadi tiga ukuran yaitu malai pendek (kurang dari 20 cm), sedang (20-30 cm), dan panjang (lebih dari 30 cm). Pada setiap malai memiliki jumlah cabang 15-20 cabang, dengan kategori terkecil tujuh cabang dan terbesar 30 cabang. Banyaknya cabang mempengaruhi hasil produksi yang bergantung pada setiap varietas. Setiap malai bisa mencapai 100 -120 bunga (Siregar dan Lardi, 2019).

e. Buah

Padi dapat melakukan penyerbukan sendiri, namun dapat terjadi juga penyerbukan silang. Proses penyerbukan dapat menghasilkan pembuahan. Proses pembuahan terjadi ketika polen (serbuk sari) yang menempel pada kepala putik dengan bantuan cairan yang terdapat pada kepala putik. Selanjutnya polen tersebut dapat berkecambah atau memanjang hingga bertemu dengan indung telur sehingga menghasilkan lembaga dan endosperm. Hasil dari proses pembuahan ini akan menghasilkan bulir atau gabah atau biasa disebut dengan biji padi. Bulir atau gabah padi dapat dipanen ketika sudah menguning mencapai 80% dan tangkainya sudah menunduk. Tanaman padi dikatakan sudah siap panen bila butir gabah yang menguning sudah mencapai sekitar 80 % dan tangkainya sudah menunduk. Hasil ini merupakan hasil dari produksi padi dari suatu tanaman padi (Hanum, 2008).

2.1.2 Fase Pertumbuhan Padi

Pada tanaman padi memiliki tiga fase pertumbuhan yang terdiri dari :

a. Fase pertumbuhan vegetatif

Fase pertumbuhan vegetatif merupakan fase awal pertumbuhan tanaman, mulai dari perkecambahan benih sampai primordia bunga (pembentukan malai). Pada fase ini terdiri dari beberapa tahapan seperti tahap perkecambahan benih

(*germination*), tahap pertunasan (*seedling stage*), dan tahap pembentukan *tiller* (*tillering stage*) (Siregar dan Lardi, 2019).

Selama fase pertumbuhan vegetatif, *tiller* dapat tumbuh dengan cepat, tanaman dapat tumbuh tinggi, dan daun tumbuh secara aktif. Jumlah *tiller* aktif ditandai dengan peningkatan *tiller* yang cepat hingga mencapai *tiller* maksimum. Stadia *tiller* maksimum dapat terjadi secara bersamaan, sebelum atau sesudah inisiasi primordia malai. Setelah *tiller* mencapai pertumbuhan secara maksimum, sebagian *tiller* akan mati dan tidak membentuk lagi malai (Nazirah, 2018).

b. Fase pertumbuhan generatif

Fase reproduktif yang diawali dari inisiasi bunga sampai pembungaan (setelah putik dibuahi oleh serbuk sari) berlangsung sekitar 35 hari (Siregar dan Lardi, 2019). Fase reproduksi ditandai dengan pemanjangan batang bagian atas yang sebelumnya bertumpuk rapat di permukaan tanah, berkurangnya jumlah tunas, munculnya daun bendera, pembungaan, dan proses pengisian bulir (Nazirah, 2018).

c. Fase pemasakan atau pematangan

Pada fase ini, gabah mulai terisi dengan bahan serupa susu, dikenal dengan fase masak susu. Masak susu dapat diketahui dengan menekan bulir padi sehingga mengeluarkan cairan berwarna putih kental seperti susu. Pada fase ini malai masih berwarna hijau dan mulai merunduk. Selanjutnya, isi gabah yang menyerupai susu berubah menjadi gumpalan lunak dan akhirnya mengeras. Gabah pada malai mulai menguning dan ujung dua daun terakhir pada setiap *tiller* mulai mengering. Setiap gabah mampu berkembang penuh, keras, dan berwarna kuning. Tanaman padi yang mencapai tingkat kematangan 90 – 100 % dicirikan dengan gabah isi berubah menjadi kuning dan keras, serta daun bagian atas menguning dan mengering (Siregar dan Lardi, 2019).

2.1.3 Syarat tumbuh tanaman padi

Hasanah (2007) yang dikutip oleh Ferdianto (2023) menyebutkan temperatur dan suhu merupakan faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi.

Tanaman padi dapat tumbuh pada suhu 19-27 °C dengan cuaca panas dan kelembaban tinggi, curah hujan yang baik, rata-rata 200 mm perbulan atau 1.500 - 2.000 mm/tahun, dan ketinggian berkisar antara 0–1500 m dpl.

Berdasarkan cara dan tempat tumbuhnya tanaman padi dapat dibedakan menjadi padi sawah, padi gogo, padi gogo rancak, padi pasang surut, padi lebak dan padi apung. Padi sawah merupakan jenis padi yang dapat tumbuh dengan baik apabila kebutuhan air terpenuhi karena dalam fase hidupnya padi sawah membutuhkan ketersediaan air yang cukup. Padi gogo merupakan padi yang dapat ditanam pada tegalan atau tanah kering atau pada kondisi lahan yang ketersediaan airnya terbatas (Nazirah, 2018; Siregar dan Lardi, 2019).

2.2 Biomassa

Biomassa merupakan total massa kering dari semua bagian tanaman yang diperoleh melalui proses fotosintesis dan akumulasi nutrisi. Biomassa pada padi mencakup dari massa kering seluruh bagian tanaman yang terdiri dari akar, batang, daun dan bulir padi. Singh *et al.*, (2014) menyatakan biomassa dapat digunakan sebagai indikator dari suatu produktivitas tanaman. Peningkatan biomassa berhubungan erat dengan efisiensi fotosintesis, penyerapan nutrisi, dan adaptasi terhadap lingkungan. Fotosintesis merupakan proses dasar dalam pembentukan hasil, dan kapasitas produksinya sangat ditentukan oleh luas daun.

2.3 Varietas

Karakteristik genetik dan morfologis dari sekelompok tanaman padi dapat dibedakan melalui varietas. Varietas merupakan salah satu komponen teknologi yang dikembangkan melalui proses seleksi alam atau pemuliaan tanaman yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil produksi, meningkatkan ketahanan hama dan penyakit, dan adaptif terhadap kondisi lingkungan (Zhang *et al.*, 2021).

Perbedaan sifat atau karakter yang berbeda dari masing-masing varietas memiliki respon yang berbeda pada kondisi lingkungan tumbuh. Dalam perbaikan varietas tanaman padi dapat dilakukan dengan pengamatan dan identifikasi plasma nutfah padi yang memiliki sifat-sifat unggul (Rudiansyah dan Intara, 2015). Pengaruh sifat tanaman terhadap lingkungannya dapat mempengaruhi penampilan fenotipik dari tanaman pada suatu wilayah (Subekti dan Guswara, 2016). Interaksi antara faktor genetik varietas tanaman dengan lingkungan dan pengelolaan melalui proses fisiologi dapat mempengaruhi hasil produktivitas dari suatu pertanaman padi. Produktivitas masih menjadi tolok ukur dalam pengembangan padi baru selain rasa pulen (Darwati, 2019).

Pengembangan ini dapat dilakukan untuk menghasilkan suatu varietas unggul pada tanaman padi. Varietas unggul padi merupakan salah satu komponen yang mampu menangani solusi dari cekaman biotik dan abiotik pada budidaya padi di Indonesia. Upaya untuk meningkatkan produksi dan produktivitas padi, baik padi sawah, padi gogo, dan padi rawa dapat didukung melalui inovasi di bidang pemuliaan (Romdom *et al.*, 2013).

Ciherang merupakan varietas unggul inbida padi sawah irigasi yang dilepas pada tahun 2000. Varietas ini memiliki umur 116 – 125 hari, tekstur nasi yang pulen, dan dapat ditanam pada kondisi musim hujan dan kemarau pada ketinggian di bawah 500 m dpl (BSIP, 2023). Penggunaan varietas ciherang yang di tanam

pada lahan sawah tadah hujan dapat beradaptasi dengan lingkungan sekitar dan berpengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman (Subekti dan Guswara, 2016).

Inpari 32 merupakan varietas unggul inbrida padi sawah irigasi. Benih padi varietas Inpari 32 dilepas pada tahun 2013. Varietas ini memiliki umur 120 hari, tekstur nasi sedang, potensi hasil 8,42 t/ha GKG, dan dapat ditanam di ekosistem sawah dataran rendah sampai ketinggian 600 mdpl (BSIP, 2023). Hasil penelitian Darwati (2019) menunjukkan varietas inpari 32 memiliki bobot 1000 butir 25,30 g dan gabah kering panen (GKP) 9,14 ton/ha. Hasil ini menunjukkan varietas unggul baru berperan penting dalam peningkatan produksi padi. Produksi padi akan meningkat apabila komponen teknologi diterapkan secara menyeluruh.

Inpari IR Nutrizinc merupakan varietas padi sawah (pertama di Indonesia) yang memiliki kandungan unsur Zn (Zinc) lebih tinggi ($\pm 25\%$) daripada varietas yang lain. Benih varietas padi ini dirilis pada tahun 2019 dan merupakan hasil persilangan dari IR 91153-AC 82, IR05F102, IR 68144-2B2-2-3-166, dan IRR1145. Varietas ini memiliki rata-rata kandungan Zn sebesar 29,54 ppm (2,95 mg/100g) dengan potensi kandungan 34,51 ppm (3,45 mg/100g) (Fajri, 2023).

Windiyan dan Erawati (2023) melaporkan hasil kajian produktivitas varietas padi Inpari IR Nutri Zinc di Lombok memiliki rata-rata potensi hasil 7,23 ton/ha. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan produktivitas padi Inpari IR Nutri Zinc ditingkat nasional yang hanya mencapai produktivitas sebesar 6,21 ton/ha. Penanaman Inpari IR Nutrizinc baik di tanam pada kondisi musim hujan, namun masih dapat berproduksi baik di musim kemarau dengan kondisi air atau curah hujan rata-rata minimal 100 mm/musim tanam.

2.4 Zinc

Zinc (Zn) merupakan unsur hara mikro yang diperlukan dalam jumlah sangat kecil. Zn terdiri dari banyak protein untuk proses biokimia dan metabolisme

tanaman dan berkontribusi pada beberapa aktivitas seluler dan fisiologis tanaman sehingga meningkatkan pertumbuhan, perkembangan, dan hasil tanaman (Hamzah *et al.*, 2022). Zinc (Zn) berperan penting dalam fotosintesis sebagai kofaktor enzim karbonat anhidrase dan pendukung aktivitas RuBPC dalam fiksasi CO₂. Zn juga berkontribusi pada sintesis protein melalui aktivasi RNA polimerase dan perlindungan RNA ribosom, serta mendukung pembentukan klorofil dan akumulasi pati yang berimplikasi langsung pada efisiensi fotosintetik dan penyimpanan energi dalam bentuk karbohidrat. Selain itu, Zn terlibat dalam sintesis auksin, menjaga stabilitas membran sel, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan, sehingga menjadi unsur kunci dalam pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Rudani *et al.*, 2018).

Zn diserap tanaman dalam bentuk ion Zn²⁺ melalui akar dan lalu ditranslokasikan secara apoplas dan simplas ke jaringan tanaman. Penyerapan Zn dipengaruhi oleh ketersediaan Zn di media tumbuh, suhu, aerasi, serta aktivitas metabolisme akar. Zn tersedia dalam berbagai bentuk formulasi yang dapat diaplikasikan melalui tanah maupun daun. Beberapa bentuk umum yang digunakan antara lain ZnSO₄·7H₂O dengan kandungan Zn sekitar 21%, ZnSO₄·H₂O sebesar 33%, serta senyawa kelat seperti Zn-EDTA yang mengandung 9–12% Zn. Selain itu, tersedia pula bentuk lain seperti zinc oxide (60–80% Zn), zinc carbonate, ZnCl₂, dan senyawa tersengkelat lainnya (Vadlamudi *et al.*, 2022).

Mekanisme penyerapan Zn dikontrol setiap secara ketat pada sistem tanaman. Pada bagian organ tanaman, Zn lebih banyak diserap melalui pucuk (daun > batang > bunga dan buah) dibandingkan diserap melalui akar. Penyerapan Zn pada bagian jaringan tanaman, lebih banyak diserap pada bagian jaringan vaskular dan jaringan parenkim kortikal. Endapan Zn pada daun banyak terakumulasi pada jaringan mesofil. Ditingkat sel konsentrasinya lebih tinggi di vakuola dibandingkan di sitosol (Gupta, *et al.*, 2016).

Gejala yang dihasilkan pada tanaman kekurangan Zinc ditandai dengan klorosis dengan warna hijau pada tulang-tulang daun, buku batang pendek, dan daun-daun

berukuran kecil, pertumbuhan terhambat, keriting dan mengelompok pada bagian atas tanaman (Indradewa, 2011). Kekurangan unsur hara mikro Zn paling umum terjadi pada kondisi tanah dengan pH tinggi. Defisiensi Zn pada lahan padi sawah beresiko terhadap pertumbuhan, karena kandungan Zn menurun pada tanah yang tergenang air. Lahan yang tergenang dapat meningkatkan pH tanah, membentuk seng sulfida (ZnS), dan meningkatkan kadar ion besi divalen (Fe^{2+}) dan mangan (Mn^{2+}). Aktivitas ion-ion ini mempunyai dampak yang signifikan terhadap serapan seng oleh akar (Alloway, 2008).

Kekurangan Zn menyebabkan gangguan proses metabolisme, menghambat pertumbuhan dan klorosis daun, sehingga mengganggu proses penyerapan nutrisi dan berkontribusi pada defisiensi sumber makanan pada manusia (Hamzah *et al.*, 2022). Pada konsentrasi tinggi ion Zn dapat bersifat sangat fitotoksik (Kour *et al.*, 2019). Gejala toksisitas Zn dapat menyebabkan berkurangnya hasil panen dan terhambatnya pertumbuhan, klorosis yang disebabkan oleh defisiensi Fe melalui penurunan sintesis klorofil dan degradasi kloroplas, serta gangguan serapan P (dan Mg dan Mn). Namun, toksisitas Zn pada tanaman lebih jarang terjadi dibandingkan kekurangan Zn (Broadley *et al.*, 2007).

2.4.1 Peran zinc melalui *priming*

Priming merupakan metode pra-perlakuan benih yang secara efektif memicu proses perkecambahan benih melalui serangkaian perubahan biokimia yang kompleks di dalam benih. Mekanisme *priming* benih meliputi tiga fase, fase satu (fase imbibisi) merupakan fase penyerapan air secara cepat dikarenakan potensi air yang rendah, fase dua (fase aktivasi atau fase lag) merupakan fase metabolik dan perbaikan. Pada fase ini terjadi mobilisasi cadangan makanan, pembelahan sel, sintesis asam nukleat, produksi ATP, peningkatan energi sel, produksi antioksidan, dan perbaikan DNA. Fase ketiga (fase pertumbuhan dan pemanjangan sel). Pada fase ini terjadi kembali penyerapan air oleh benih, dan

munculnya radikula menandakan masuknya proses perkecambahan ke dalam fase pemanjangan dan pertumbuhan sel (Amir *et al.*, 2024).

Teknologi dari *priming* benih terdiri dari dua, diantaranya teknologi konvensional dan teknologi modern. Pada teknologi konvensional meliputi *hydro-priming*, *halo-priming*, *osmopriming*, dan *solid matrix priming (matricconditioning)*, sedangkan teknologi modern meliputi *magnetopriming*, *nanopriming*, dan *nutripriming*. Pada penelitian ini menggunakan metode *priming* benih dengan teknologi modern *nutripriming*. *Nutripriming* merupakan metode pelakuan benih sebelum disemai yang melibatkan perendaman benih dengan larutan nutrisi yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan nutrisinya. Larutan nutrisi yang biasa digunakan untuk *nutripriming* menggunakan unsur hara mikro. Unsur hara mikro memainkan peran penting dalam proses metabolisme seperti fotosintesis dan respirasi yang berguna untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Amin *et al.*, 2024).

Hasil penelitian Gajalakshmi *et al.*, (2022) *priming* benih millet (*Echinochloa frumentacea*) dengan konsentrasi 0,5% ZnSO₄ selama 12 jam meningkatkan persentase kecambah, kecepatan perkecambahan, indeks vigor, dan kandungan zinc. Sion *et al.*, (2024) melaporkan perlakuan *nutripriming* Zn dengan 0,5% pada tanaman jagung ungu hibrida dapat meningkatkan metabolisme tanaman terdiri dari persentase daya kecambah benih pada minggu pertama, peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun tanaman, tingkat kehijauan daun, dan laju asimilasi daun per unit luas daun.

2.4.2 Peran zinc melalui *foliar spray*

Aplikasi zinc melalui penyemprotan daun (*foliar spray*) merupakan salah satu metode pemberian unsur hara mikro secara langsung pada bagian daun dan batang tanaman. Metode ini tidak hanya mencakup pemberian nutrisi, tetapi juga dapat melibatkan hormon tanaman, biostimulan, senyawa bermanfaat lainnya, serta pestisida. Penerapan *foliar spray* selama fase pertumbuhan dan perkembangan

tanaman berperan dalam menyeimbangkan kebutuhan nutrisi, yang pada akhirnya dapat meningkatkan hasil dan kualitas panen, memperkuat ketahanan terhadap hama dan penyakit, serta meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman lingkungan seperti kekeringan (Laane, 2018).

Foliar spray merupakan aplikasi unsur hara mikro pada daun. *Foliar spray* merupakan perlakuan terbaik dalam mengaplikasikan Zn, dikarenakan Zn dapat langsung diserap melalui permukaan daun, diangkut jaringan floem, dan ditranslokasikan pada biji yang sedang berkembang. Sehingga dapat meningkatkan komponen hasil melalui peningkatan aktivitas enzim fotosintetik. Aplikasi melalui daun, mencegah Zn cepat hilang melalui pencucian dan dapat langsung diserap cepat oleh tanaman (Kamran *et al.*, 2023).

Aplikasi Zn pada daun dapat meningkatkan akumulasi pucuk tanaman seiring dengan peningkatan konsentrasi, meningkatkan produksi bahan kering, meningkatkan produksi benih dan kandungan Zn pada benih (Alvarez *et al.*, 2019). Pada penelitian Kandil *et al.*, (2022) aplikasi Zn pada daun dengan kadar pupuk 2500 mg/ L atau setara dengan konsentrasi 0,25% pada beberapa kultivar padi berpengaruh secara signifikan terhadap hasil dan komponen hasil tanaman padi, dikarenakan Zn melepaskan unsur hara secara perlahan dan bertahap selama fase pertumbuhan.

Hasil penelitian Gill *and* Walia (2014) melaporkan aplikasi 0,5% ZnSO₄ secara *foliar spray* yang dilakukan pada 4x pada fase vegetatif akhir, generatif awal, fase pembentukan malai, dan pengisian bulir menghasilkan panjang malai, jumlah bulir per malai, bobot 1000 butir, dan hasil gabah yang lebih tinggi dibandingkan aplikasi yang dilakukan 2x dan 3x. Das *et al.*, (2019) melaporkan aplikasi zinc melalui penyemprotan daun dengan konsentrasi 0,5% ZnSO₄ pada fase *tillering* dan fase masak susu efektif untuk biofortifikasi Zn pada padi.

2.4.3 Peran zinc terhadap serapan nitrogen

Nitrogen merupakan unsur hara yang sangat dibutuhkan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nitrogen berperan dalam sintesis klorofil, asam amino, protein, asam-asam nukleat, dan hormon tanaman. Kekurangan unsur hara N menyebabkan warna daun kuning (klorosis) dan akan menghambat pertumbuhan tanaman (Kamal *et al.*, 2023). Pada tanaman Padi nitrogen diperlukan untuk meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah *tiller*, serta berperan penting dalam sintesis enzim, protein, hormon, asam nukleat (DNA dan RNA), alkaloid, dan vitamin (Shrestha, *et al.* 2020).

Serapan nitrogen pada tanaman menjadi komponen penting dalam biofortifikasi secara agronomi dikarenakan berkaitan dengan efektifitas Zn terhadap mekanisme fisiologis yang dipengaruhi oleh status unsur nitrogen (Cakmak *et al.*, 2010). Interaksi antara kedua unsur tersebut berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman serta memengaruhi pH di zona perakaran. Nitrogen, terutama dalam bentuk ion amonium (NH_4^+), memiliki kemampuan menurunkan pH tanah, yang secara tidak langsung meningkatkan ketersediaan dan penyerapan unsur Zn oleh tanaman. Pada tanah yang kekurangan nitrogen dan Zn secara bersamaan, aplikasi Zn tanpa disertai nitrogen tidak menghasilkan respons yang signifikan. Sebaliknya, respons tanaman terhadap Zn meningkat secara nyata apabila nitrogen tersedia dalam sistem perakaran. Dalam jangka pendek, ion amonium dapat bersifat kompetitif dan menghambat penyerapan Zn^{2+} , meskipun pengaruh tersebut cenderung menurun apabila terdapat konsentrasi ion lain yang cukup tinggi di dalam tanah (Hafeez *et al.*, 2013).

2.5 Salinitas

Salinitas merupakan salah satu cekaman abiotik yang mengakibatkan berkurangnya hasil dan produktivitas tanaman pertanian. Setiap tahun luas lahan sawah yang ditinggalkan petani akibat mengalami salinisasi terus meningkat

(Karolinoerita dan Annisa, 2020). Djukri (2009) dan Yan *et al.* (2007) yang dikutip oleh Rachman *et al.* (2018) melaporkan tanah salin merupakan tanah yang memiliki kadar natrium (NaCl , Na_2CO_3 , Na_2SO_4) yang tinggi, apabila melebihi batas toleransi tanaman akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan pada tanaman.

Tanah salin dapat disebabkan oleh kandungan air tanah, karakteristik tanah, kandungan garam, dan tingkat ketahanan dari suatu tanaman terhadap salinitas tanah. Kondisi salinitas dapat muncul ketika natrium dijerap oleh partikel tanah dan sulit di keluarkan dalam tanah. Tanah yang salinitas rendah jika mengandung $< 0,3 \text{ me}/100\text{g}$ atau daya hantar listriknya $< 2 \text{ dS/m}$ dan natrium dapat ditukarnya $< 4\%$. Nilai daya hantar listrik yang tinggi pada tanah salin menunjukkan hasil gabah yang rendah pada tanaman padi. Tanaman padi yang mempunyai sifat peka terhadap salinitas, hasil gabahnya akan terbatas menjadi lebih sedikit atau sama tidak menghasilkan gabah (Rachman *et al.*, 2018).

2.5.1 Vigor benih pada kondisi salin

Tahap perkecambahan dan pembibitan merupakan fase tanaman yang rentan akibat dari salinitas. Salinitas berpengaruh terhadap pada perkecambahan benih dengan menurunkan kadar asam giberelat, meningkatkan kadar asam absisat, mengubah permeabilitas membran, dan mengurangi penyerapan air dalam benih.. Penurunan potensi osmotik media tanam, toksisitas, dan ketidakseimbangan unsur hara merupakan dampak negatif yang dihasilkan garam terhadap pertumbuhan tanaman (Lu *et al.*, 2023 yang dikutip Atta *et al.*, 2023).

Menurut Liu *et al.* (2022), tanaman padi dapat beradaptasi dengan cekaman salinitas melalui tiga mekanisme, diantaranya keseimbangan ion (akumulasi ion Na^+ dan Cl^- dalam jaringan tanaman dapat merusak sel, mengganggu metabolisme, dan menghambat fungsi enzim), ketahanan osmotik (garam di larutan tanah menurunkan potensial air, membuat tanaman sulit menyerap air

meskipun air tersedia), dan ketidakseimbangan nutrisi (salinitas tinggi dapat mengganggu penyerapan unsur hara esensial seperti K^+ , Ca^{2+} , dan Mg^{2+} , serta mempengaruhi distribusi unsur hara dalam tanaman).

Pada tanaman padi, cekaman salinitas menyebabkan perubahan morfologi dan mempengaruhi komponen hasil tanaman yang meliputi pembentukan sistem perakaran terhambat, daun menggulung, klorosis, pembentukan *tiller* yang sedikit, pengurangan biomassa, tinggi tanaman pendek, jumlah bobot 1000 butir berkurang sehingga menurunkan jumlah produksi (Razzaq *et al.*, 2020). Hasil Penelitian Bhujar *et al.* (2022) penggunaan konsentrasi NaCl 2000 ppm (0,2%) hingga 8000 ppm (0,8%) menunjukkan bahwa cekaman salinitas menurunkan persentase daya kecambah, kecambah normal, laju perkecambahan, bobot tanaman, dan meningkatkan kecambah abnormal.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari dua percobaan yang saling terkait untuk mencapai tujuan penelitian tersebut. Masing-masing percobaan dengan judul sebagai berikut:

1. Percobaan I: Akumulasi biomassa, serapan nitrogen, dan kandungan Zinc (Zn) beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) akibat aplikasi Zinc (Zn).
2. Percobaan II: Uji vigor benih beberapa varietas padi (*Oryza sativa* L.) yang telah diberi perlakuan Zn prapanen pada kondisi salin.

3.1 Percobaan I: Akumulasi Biomassa, serapan nitrogen, dan kandungan Zinc (Zn) beberapa varietas padi sawah (*Oryza sativa* L.) akibat aplikasi Zinc (Zn)

3.1.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di lahan sawah Desa Maja Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung pada Juli sampai dengan November 2024.

3.1.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, Zinc sulfat heptahidrat analitik ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), benih padi varietas Ciherang, Inpari 32, dan Inpari IR Nutrizinc yang sudah di *priming*, pupuk urea, KCl, SP36, insektisida, dan fungisida. Sedangkan, alat yang digunakan dalam penelitian ini, nampan, cangkul, gelas plastik ukuran 500 ml, gelas ukur, meteran, dan alat tulis.

3.1.3 Rancangan percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan petak jalur (RPJ) atau *strip plot* yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama adalah aplikasi Zinc yang terdiri dari *priming* dengan aquades selama 12 jam (P_0), *priming* Zn 0,25% selama 12 Jam (P_1), *priming* Zn 0,25% selama 12 Jam + *Foliar spray* Zn 0,5% Fase Vegetatif Awal (21-25 HST) dan Fase Vegetatif Akhir (40 -50 HST) (P_2), *Priming* Zn 0,25% selama 12 Jam + *Foliar spray* Zn 0,5% Fase Generatif pengisian bulir (65 HST) dan fase masak susu (75 HST) (P_3), dan *Priming* Zn 0,25% selama 12 Jam + *Foliar spray* Zn 0,5% Fase Vegetatif Awal (21-25 HST) dan Fase Vegetatif Akhir (40 -50 HST) + Fase Generatif pengisian bulir (65 HST) dan fase masak susu (75 HST) (P_4). Faktor kedua adalah varietas padi yang terdiri dari Padi Varietas Ciherang (V_1), Inpari-32 (V_2), dan Inpari IR Nutrizinc (V_3). Masing-masing perlakuan diulang tiga kali, sehingga terdapat 45 satuan percobaan. Berikut ini adalah tata letak percobaan (Gambar 2).

I

P ₁ V ₁	P ₃ V ₁	P ₄ V ₁	P ₂ V ₁	P ₀ V ₁
P ₁ V ₂	P ₃ V ₂	P ₄ V ₂	P ₂ V ₂	P ₀ V ₂
P ₁ V ₃	P ₃ V ₃	P ₄ V ₃	P ₂ V ₃	P ₀ V ₃

II

P ₂ V ₂	P ₀ V ₂	P ₃ V ₂	P ₁ V ₂	P ₄ V ₂
P ₂ V ₃	P ₀ V ₃	P ₃ V ₃	P ₁ V ₃	P ₄ V ₃
P ₂ V ₁	P ₀ V ₁	P ₃ V ₁	P ₁ V ₁	P ₄ V ₁

III

P ₀ V ₃	P ₂ V ₃	P ₄ V ₃	P ₁ V ₃	P ₃ V ₃
P ₀ V ₁	P ₂ V ₁	P ₄ V ₁	P ₁ V ₁	P ₃ V ₁
P ₀ V ₂	P ₂ V ₂	P ₄ V ₂	P ₁ V ₂	P ₃ V ₂

Gambar 2. Tata Letak Percobaan

Keterangan:

P₀ : *Priming* Aquades selama 12 jam

P₁ : *Priming* Zn 0,25 % selama 12 Jam

P₂ : *Priming* Zn 0,25 % selama 12 Jam + *Foliar spray* Spray Zn 0,5% Fase Vegetatif Awal (21-25 HST) dan Fase Vegetatif Akhir (40 -50 HST).

P₃ : *Priming* Zn 0,25 % selama 12 Jam + *Foliar spray* Zn 0,5% Fase Generatif pengisian bulir (65 HST) dan fase masak susu (75 HST)

P₄ : *Priming* Zn 0,25% selama 12 Jam + *Foliar spray* Zn 0,5% Fase Vegetatif Awal (21-25 HST) dan Fase Vegetatif Akhir (40 -50 HST) + Fase Generatif pengisian bulir (65 HST) dan fase masak susu (75 HST)

- V₁ : Varietas Ciherang
 V₂ : Varietas Inpari-32
 V₃ : Varietas Inpari IR Nutrizinc

3.1.4 Pelaksanaan Penelitian

3.1.4.1 Pembuatan Larutan dan Aplikasi *Priming*

Pembuatan larutan Zinc (Zn) konsentrasi 0,25% Zinc SO₄.7H₂O dilakukan dengan cara melarutkan 2,5 g Zinc SO₄.7H₂O dan menambahkan air aquades hingga volume akhir menjadi 1000 ml. Aplikasi *priming* dilakukan dengan cara merendam 1 kg benih/varietas kedalam 5 liter aquades yang telah dilarutkan ZnSO₄.7H₂O ke dalam ember selama 12 jam. *Priming* tiga varietas padi menggunakan larutan ZnSO₄.7H₂O dan 3 varietas padi sebagai kontrol, dengan demikian *priming* dibuat terpisah dalam 6 wadah ember yang berbeda. Benih yang telah di *priming* selama 12 jam, kemudian ditiriskan sebelum dilakukan penyemaian.

3.1.4.2 Penyemaian

Media persemaian dilakukan dengan pembuatan bedengan sebanyak 6 bedeng. Antar bedengan terdapat drainase agar semaian tidak terendam ketika hujan dan sebagai pembatas antar varietas dan perlakuan kontrol. Benih yang telah di *priming* kemudian ditebar pada bedengan secara merata dan tidak rapat. Benih yang telah ditebar kemudian ditutup dengan lapisan tanah dan terpal sepanjang dengan ukuran bedengan. Setelah 3 – 4 hari setelah sebar (HSS), terpal dibuka dan setelah 20 HSS bibit padi dapat dipindah tanam ke lahan sawah.

3.1.4.3 Pengolahan lahan

Pengolahan diawali dengan pencangkulan. Pencangkulan dilakukan pada sudut – sudut petakan untuk mempermudah dan memperlancar saat membajak atau traktor. Selanjutnya lahan di isi air untuk pembajakan. Pengolahan diawali dengan pembajakan sawah dengan menggunakan *hand tractor*. Kemudian pembuatan petakan dengan menggunakan cangkul. Selanjutnya lahan di air untuk

pembajakan. Pembajakan dilakukan dengan kedalaman kurang lebih 15 – 25 cm. Hingga tanah benar – benar terbalik dan hancur. Setelah dibajak, dilakukan penggaruan setelah air dalam petakan dibuang dan disisakan sedikit untuk membasahi bongkahan – bongkahan tanah. Penggaruan dilakukan berulang agar tanah menjadi rata, rumput-rumput akan terbendam, dan penanaman bibit padi menjadi mudah. Setelah penggaruan, lahan dilakukan perataan dengan menggenangi air selama 7 hari.

3.1.4.4 Pembuatan Petak Percobaan

Pembuatan petakan percobaan diawali dengan pengukuran lahan dan disesuaikan dengan topografi lahan sawah. Setiap petak percobaan dibuat dengan ukuran 3 m x 4 m dengan menggunakan cangkul dan dibuat pematang – pematang kecil lebar 20 cm dengan ketinggian 10 cm. Pematang ini dibuat pada keliling setiap petak percobaan dengan tujuan untuk mencegah air pada setiap petakan tercampur sehingga pengaplikasian perlakuan akan efektif.

3.1.4.5 Penanaman

Penanaman bibit padi dilakukan setelah umur bibit 20 HSS. Penanaman bibit padi ditanam sebanyak 3 bibit per lubang tanam dengan jarak tanam 20 cm x 25 cm dan masing-masing petak berukuran 12 m², sehingga jumlah populasi 663 batang indukan/petak dengan total populasi tanaman keseluruhan sebanyak 29.835 batang indukan padi.

3.1.4.6 Pemupukan

Pemupukan dilakukan berdasarkan rekomendasi pemupukan dari Kementerian Pertanian (2022) dan hasil analisis tanah. Hasil analisis menunjukkan status hara N, P, dan K pada berstatus rendah sehingga diperoleh kebutuhan dosis pupuk yaitu Urea 300 kg/ha, SP-36 100 kg/ha dan KCL 100 kg/ha. Pemupukan dilakukan dengan tiga periode pemupukan, pemupukan dasar dilakukan pra tanam menggunakan pupuk SP-36 120 gram/petak, pemupukan kedua menggunakan pupuk Urea 180 gram/petak dan pupuk KCl 60 gram/petak, dan pemupukan ketiga menggunakan Urea 180 gram/petak dan pupuk KCl 60 gram/petak.

3.1.4.7 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman meliputi penyulaman dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Penyulaman dilakukan apabila terdapat bibit yang mati dan pengendalian OPT yang terdiri gulma, penyakit, dan hama dilakukan sesuai dengan kondisi tanaman dan apabila diperlukan menggunakan pengendalian kimiawi sesuai dengan anjuran.

3.1.4.8 Aplikasi Penyemprotan 0,5% $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Persiapan awal penyemprotan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi 0,5 % dilakukan dengan cara melarutkan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 5 gram dan ditambahkan air aquades hingga volume akhir 1000 ml. Penyemprotan larutan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dilakukan sesuai dengan perlakuan yang diuji yang terdiri pada fase vegetatif awal (25 HST) dan vegetatif akhir (45 HST), fase generatif pengisian bulir (65 HST) atau sekitar 10 – 15 hari setelah keluar malai, dan fase masak susu (75 HST) atau 15-20 hari setelah berbunga ditandai dengan biji berisi cairan menyerupai susu, bulir kelihatan berwarna hijau (Saikh *et al.*, 2022).

Penyemprotan dilakukan dengan cara *foliar spray* pada bagian permukaan atas dan permukaan bawah daun padi. Sebelum dilakukan pengaplikasian secara *foliar* pada tanaman padi maka dilakukan kalibrasi alat semprot yang digunakan untuk menentukan volume larutan yang akan digunakan, sehingga pengaplikasian dapat dilakukan dengan efektif dan efisien.

3.1.5 Variabel Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada fase vegetatif, fase generatif, dan panen, kemudian beberapa sampel tanaman diamati di laboratorium untuk dilakukan analisis.

3.1.5.1 Biomassa Tanaman Padi

Biomassa tanaman padi dilakukan dengan mengukur bobot biomassa kering. Pengambilan sampel dilakukan pada fase vegetatif (*tiller* maksimum) dan fase generatif akhir (panen). Pengukuran biomassa dilakukan pada seluruh bagian tanaman tanpa pemisahan organ. Kemudian sampel tersebut dikering angin

dibawah sinar matahari. Sampel yang telah kering lalu dimasukkan kedalam amplop kertas. Lalu dikeringkan dengan oven menggunakan suhu 70-80°C selama 72 jam (Girma *et al.*, 2017) hingga bobotnya konstan. Setelah biomassa kering, setiap bagian tanaman ditimbang dengan timbangan analitik untuk mengukur bobot biomassa kering dan dinyatakan dalam gram (g)

3.1.5.2 Fase Generatif dan Produksi

a. Jumlah malai per rumpun

Pengamatan jumlah malai per rumpun dilakukan pada fase akhir pertumbuhan generatif tanaman padi, yaitu ketika semua malai telah tampak sepenuhnya keluar dari pelepah daun dan siap memasuki masa pengisian bulir atau menjelang panen dengan cara menghitung jumlah malai per rumpun pada tiap sampel tanaman padi.

b. Panjang malai

Pengamatan panjang malai dilakukan pada fase awal pengisian bulir atau menjelang panen saat seluruh malai telah berkembang sempurna mencapai panjang maksimal. Pengukuran dimulai dari pangkal tangkai malai hingga ujung teratas menggunakan meteran dengan cara mengambil lima malai dari setiap rumpun sampel dari ruas pertama malai sampai ujung malai dan dinyatakan dalam (cm).

c. Bobot 100 butir gabah

Bobot 100 butir gabah dilakukan dengan cara menghitung 100 butir gabah secara manual yang diambil secara acak dari perlakuan sebanyak tiga ulangan kemudian dibersihkan sampel gabah dari kotoran dan benda asing yang tidak diinginkan. Setelah 100 butir gabah terhitung, ditimbang menggunakan neraca analitik. Hasil perhitungan bobot gabah 100 butir dinyatakan dalam gram (g).

d. Indeks Panen

Indeks panen merupakan rasio antara hasil ekonomi tanaman (hasil gabah kering giling pada padi) terhadap total biomassa kering tanaman yang dihasilkan.

$$\text{Indeks Panen} = \frac{\text{Hasil Gabah Kering Giling (GKG)}}{(\text{Biomassa Kering Total})} \times 100\%$$

e. Gabah kering panen (GKP)

Gabah kering panen didapatkan dengan cara menimbang gabah yang sudah dipisahkan dari tanaman setelah panen, kemudian ditimbang dengan timbangan digital dan dikonversi menjadi per satuan luas m^2 . Perhitungan Gabah kering menggunakan rumus :

$$\text{GKP} \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2} \right) = \text{Rata - rata bobot GKP per rumpun (g)} \times \text{Jumlah rumpun per m}^2$$

f. Bobot gabah kering giling (GKG)

Gabah kering giling didapatkan dengan cara menimbang gabah yang sudah dikeringkan hingga mencapai kadar air 13-14%, kemudian ditimbang dengan timbangan digital dan dinyatakan dalam gram (g) dan dikonversi per satuan luas m^2 .

$$\text{Gabah Kering} = \frac{100 - \text{Kadar air (panen)}}{(100 - \text{Kadar air yang diinginkan})} \times \text{Bobot GKP}$$

$$\text{GKG} \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2} \right) = \text{Rata - rata bobot GKG per rumpun (g)} \times \text{Jumlah rumpun per m}^2$$

3.1.5.3 Laboratorium

a. Analisis Tanah

Analisis dilakukan saat pengolahan tanah atau sebelum tanam. Analisis bertujuan untuk mengetahui kandungan kimia tanah. Prosedur analisis dilakukan dengan mengambil lima sampel tanah secara acak pada lima titik di sawah dengan kedalaman $\pm 10\text{-}15$ cm dari permukaan tanah kemudian di kompositkan menjadi

satu sampel. Sampel tersebut kemudian di analisis di Laboratorium Analisis Politeknik Negeri Lampung, Bandar Lampung, Lampung.

b. Analisis Kandungan Nitrogen Tanaman (%)

Analisis kandungan nitrogen tanaman (%) diperoleh melalui analisis laboratorium menggunakan metode Kjeldahl. Analisis dilakukan satu kali pada fase vegetatif (*tiller* maksimum) dan fase generatif akhir. Prosedur analisis dilakukan dengan mengambil sampel biomassa total dari tiap perlakuan lalu dikelompokkan berdasarkan kelompok. Kemudian, sampel tersebut dikompositkan menjadi satu sampel, sehingga diperoleh 15 sampel dari 45 petak percobaan. Masing-masing sampel ditimbang hingga 50 gram. Selanjutnya, sampel tersebut dianalisis di Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk dan Air Badan Standarisasi Instrumen Pertanian Cimanggu, Bogor, Jawa Barat. Hasil analisis diperoleh dan dinyatakan dalam persen kandungan N dalam jaringan tanaman kering (biomassa).

c. Analisis Kandungan Zinc Pada Sekam

Analisis serapan zinc pada sekam dilakukan dengan menggiling gabah kering giling (GKG) sehingga terpisah sekam dari beras. Sekam dari tiap perlakuan dikelompokkan berdasarkan kelompok. Kemudian, sekam tersebut dikompositkan menjadi satu sampel dan ditimbang sebanyak 50 gram sehingga diperoleh 15 sampel sekam dari 45 petak percobaan. Sampel sekam tersebut kemudian di analisis di Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk dan Air Badan Standarisasi Instrumen Pertanian Cimanggu, Bogor, Jawa Barat.

Analisis kandungan Zn dilakukan mengikuti prosedur Juknis Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023). Sampel sekam yang diperoleh dikeringkan, digiling halus ($<0,5$ mm), lalu ditimbang sebanyak 0,5 g dan didestruksi menggunakan HNO_3 pekat (65%) dalam sistem microwave digestion tertutup pada suhu 200°C selama 30–60 menit. Hasil destruksi diencerkan hingga 50 mL menggunakan air bebas ion. Kemudian, kandungan Zn diukur dengan Atomic Absorbtion Spectrofotometer (AAS).

3.1.6 Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian dianalisis menggunakan *software* excel dan R. Studio 4.3.2. Homogenitas ragam dilakukan dengan Uji Bartlett, Uji Aditivitas menggunakan Uji Tukey, analisis ragam dengan menggunakan Uji Fisher. Apabila terdapat perbedaan yang nyata antarperlakuan maka dilakukan Uji lanjut menggunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

Model Linier Percobaan I (Rancangan Strip-plot)

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \gamma_j + \delta_{ij} + \beta_k + \eta_{jk} + (\alpha\beta)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Dengan :

Y_{ijk}	=	hasil
μ	=	nilai tengah umum
α_i	=	pengaruh faktor A
γ_j	=	pengaruh kelompok atau ulangan
δ_{ij}	=	galat A
β_k	=	pengaruh faktor B
η_{jk}	=	galat B
$(\alpha\beta)_{ik}$	=	interaksi AB
ϵ_{ijk}	=	galat AB
i	= 1,2,3,4,5	(P ₀ , P ₁ , P ₂ , P ₃ , dan P ₄)
j	= 1,2,3	(V ₁ , V ₂ , dan V ₃)
k	= 1,2,3	(Kelompok)

3.2 Percobaan II: Uji vigor benih beberapa varietas padi (*Oryza sativa* L.) yang dipupuk zinc pada kondisi salin berbeda

3.2.1 Tempat dan Waktu

Benih padi berasal dari hasil panen pada lahan sawah Desa Maja Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung (Percobaan 1).

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Benih dan Pemuliaan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada Desember sampai dengan Januari 2025.

3.2.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Benih Padi Varietas Ciherang, Inpari 32, dan Inpari IR Nutrizinc hasil percobaan 1, aquades, NaCl, air, tissue, plastik *wrapping*, plastik klip, karet gelang, kertas CD (buram), dan plastik.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gunting, *cutter*, pipet ukur, label sampel, timbangan elektrik, gelas ukur 1000 ml, germinator tipe IPB 73 2A/2B, sprayer, alat pengempa kertas, dan alat tulis.

3.2.3 Rancangan Percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan perlakuan Zinc dan varietas padi sawah seperti pada percobaan I. Benih yang diperoleh dari hasil panen percobaan I dikecambahkan pada media kertas yang telah diberi perlakuan NaCl (0,7%). Uji salinitas ini menggunakan metode yang telah dilaporkan sebelumnya (Rahman, Miyake, dan Takeoke, 2001). Masing-masing perlakuan diulang tiga kali sehingga terdapat 45 satuan percobaan.

3.2.4 Pelaksanaan penelitian

3.2.4.1 Persiapan Benih

Benih padi diperoleh dari hasil panen percobaan pertama di Desa Maja Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, yang diperoleh dari hasil penelitian percobaan pertama. Benih yang digunakan dalam penelitian ini adalah

benih padi Varietas Ciherang, Varietas Inpari 32, dan Varietas Inpari IR Nutri Zinc kemudian dikeringkan sampai kadar air mencapai 14%.

3.2.4.2 Pembuatan Larutan NaCl

Pembuatan larutan NaCl dilakukan dengan menimbang NaCl menggunakan timbangan analitik sebanyak 7 g. Kemudian ditambahkan dan dilarutkan dengan air aquades hingga volume akhir menjadi 1000 ml, sehingga diperoleh konsentrasi larutan 0,7%.

3.2.4.3 Persiapan media tanam

Media yang digunakan berupa kertas buram berukuran 21,6 cm x 33 cm dan plastik. Persiapan media tanam, substrat media kertas diletakkan ke dalam tray lalu direndam dengan larutan NaCl sesuai dengan konsentrasi yang digunakan. Kemudian dikempa menggunakan alat pengempa kertas hingga kondisi lembab. Kertas yang digunakan pergulungan yaitu lima lembar dengan masing-masing tiga lembar untuk alas dan dua lembar untuk penutup, serta satu lembar plastik bening berukuran 25 cm x 40 cm.

3.2.4.4 Pengujian vigor benih

Pengujian vigor benih dilakukan melalui metode pengecambahan menggunakan uji kertas gulung berlapis plastik (UKDdp). Merujuk penelitian Harisya, et al. (2022), penanaman benih dimulai dengan plastik bening diletakkan di atas meja, kemudian diletakkan dua lembar kertas buram. Selanjutnya, benih disusun di atas kertas buram sebanyak 50 benih sehingga terdiri dari lima baris. Satu baris terdiri dari 10 benih yang diletakan secara zig-zag. Benih yang telah disusun kemudian disemprotkan kembali dengan larutan NaCl 0,7%. Selanjutnya, ditutup dengan kertas buram yang telah dilembabkan sebanyak dua lembar. Lalu dilipat dari bawah ke atas dan digulung. Kemudian, gulungan tersebut dimasukkan kedalam germinator tipe IPB 73 2A/2B pada suhu kamar.

3.2.5 Variabel Pengamatan

Dalam penelitian ini, variabel pengamatan dikelompokkan ke dalam dua kategori utama terdiri dari uji kecepatan perkecambahan (UKP) dan uji keserempakan perkecambahan benih (UKsP).

3.2.5.1 Uji Kecepatan Perkecambahan (UKP)

a. Indeks Vigor (IV) (%)

Pengamatan indeks vigor dilakukan terhadap jumlah kecambah normal pada hitungan pertama (*first count*) yaitu pada 5 HST.

$$IV (\%) = \frac{\sum KN \text{ first count}}{n} \times 100 \%$$

Keterangan :

IV = indeks vigor

n = Jumlah benih yang ditanam pada media perkecambahan.

b. Daya berkecambah (%)

Daya berkecambah diperoleh dengan menghitung jumlah benih yang berkecambah normal pada *first count* yaitu pada 5 HST dan *second count* yaitu 7 HST. Kecambah normal dicirikan dengan memiliki akar seminal primer dan plumula yang tumbuh sempurna dengan panjang minimal 1 cm.

$$DB (\%) = \frac{\sum KN \text{ first count} + \sum KN \text{ second count}}{n} \times 100 \%$$

Keterangan:

DB = daya berkecambah (%)

KN = kecambah Normal

n = Jumlah benih yang ditanam pada media perkecambahan

c. Kecambah Abnormal (KAN)

Kecambah abnormal adalah kecambah yang dilihat dari penampilan fisiknya seperti plumula dan radikula tidak menunjukkan pertumbuhan yang baik dan

perkembangannya lemah. Kecambah abnormal dapat dilihat pada hari ke-7 setelah tanam dengan menghitung seluruh jumlah kecambah abnormal.

3.2.5.2 Uji Keserempakan Perkecambahan (UKsP)

a. Panjang Akar Primer Kecambah Normal (PAPKN) (cm)

Panjang akar primer kecambah normal diambil dari lima kecambah normal yang diambil secara acak pada setiap ulangan. Pengamatan dilakukan pada hari terakhir, yaitu hari ke-7 dengan mengukur panjang akar mulai dari ujung munculnya akar hingga pangkal akar. Dari lima sampel kecambah normal tersebut dihitung rata-rata panjang akar primer kecambah normalnya dan dinyatakan dalam satuan (cm).

b. Panjang Tajuk Kecambah Normal (PTKN)

Panjang tajuk kecambah normal diambil dari lima kecambah normal yang diambil secara acak pada setiap ulangan. Pengamatan dilakukan pada hari terakhir, yaitu hari ke-7 dengan mengukur panjang tajuknya dari pangkal yang melekat pada endosperm hingga ujung tajuk kecambah normal. Kriteria panjang tajuk kecambah normal yaitu tajuk kecambah lebih dari 2 cm. Dari lima sampel kecambah normal tersebut dihitung rata-rata panjang tajuk kecambah normalnya dan dinyatakan dalam satuan (cm).

c. Bobot Basah Kecambah Normal (BBKN) (gram)

Bobot basah kecambah normal dilakukan pada hari terakhir, yaitu hari ke 7. Bobot basah kecambah normal diperoleh dengan menimbang kecambah normal pada 7 HST dengan menggunakan timbangan digital.

d. Bobot Kering Kecambah Normal (BKKN) (gram)

Bobot kering kecambah normal diperoleh dengan menimbang kecambah normal pada 7 HST yang telah dikeringkan di dalam oven bersuhu 80°C selama 3 x 24 jam.

3.2.6 Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian dianalisis menggunakan *software* excel dan R. Studio 4.3.2. Homogenitas ragam dilakukan dengan Uji Bartlett, Uji Aditivitas menggunakan Uji Tukey, analisis ragam dengan menggunakan Uji Fisher.

Apabila terdapat perbedaan yang nyata antarperlakuan maka dilakukan uji lanjut menggunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%.

Model Linier Percobaan II (Rancangan Acak Kelompok Faktorial)

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + B_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dengan :

- Y_{ijk} = pengamatan
- μ = nilai tengah umum
- α_i = pengaruh utama faktor A
- β_j = pengaruh utama faktor B
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi faktor A dan faktor B
- ϵ_{ijk} = galat percobaan
- i = 1,2,3,4,5 (P₀, P₁, P₂, P₃, dan P₄)
- j = 1,2,3 (V₁, V₂, dan V₃)
- k = 1,2,3 (Kelompok)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. a. Aplikasi zinc meningkatkan akumulasi biomassa yang ditunjukkan dalam biomassa segar dan kering fase vegetatif dan generatif, jumlah malai per rumpun, bobot 100 butir gabah, indeks panen, hasil gabah, dan kandungan zinc dalam sekam padi, sedangkan kandungan nitrogen yang dihasilkan menunjukkan perbedaan respon pada masing-masing perlakuan.
b. Aplikasi zinc tidak mempengaruhi vigor benih padi pada kondisi salin. Namun, aplikasi zinc dengan cara *priming plus foliar spray* fase vegetatif dan generatif menghasilkan daya berkecambah lebih tinggi 15,46% dibandingkan dengan kontrol (tanpa perlakuan Zn). Tampaknya aplikasi zinc membantu proses adaptasi perkecambahan benih pada kondisi cekaman salinitas.
2. a. Perbedaan varietas padi sawah menunjukkan perbedaan bobot 100 butir gabah padi, indeks panen, hasil gabah, dan kandungan zinc dalam sekam padi, tetapi tidak menunjukkan perbedaan pada biomassa segar dan kering, jumlah malai per rumpun, dan panjang malai. Varietas Ciherang dan Inpari 32 memiliki bobot 100 butir gabah, indeks panen, dan hasil gabah lebih tinggi daripada Inpari IR Nutrizinc.
b. Perbedaan varietas padi sawah menunjukkan perbedaan pada vigor benih pada kondisi salin yang ditunjukkan pada indeks vigor, daya berkecambah, kecambah abnormal, panjang tajuk, dan panjang akar primer.
3. a. Pengaruh interaksi antara aplikasi zinc dan perbedaan varietas menunjukkan peningkatan bobot 100 butir gabah, gabah kering panen

(GKP), dan kering giling (GKG). Varietas Ciherang merupakan varietas paling responsif terhadap aplikasi zinc dibandingkan varietas Inpari 32 dan Inpari IR Nutrizinc yang ditunjukkan pada hasil gabah dan kandungan zinc dalam sekam padi.

- b. Pengaruh interaksi antara aplikasi zinc dan perbedaan varietas tidak terjadi dengan vigor benih pada kondisi salin.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan kombinasi aplikasi zinc teknis dengan dosis nitrogen yang berbeda.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan uji vigor pada kondisi salin dengan berbagai taraf konsentrasi baik rendah maupun tinggi dan dikorelasikan dengan pertumbuhan awal pada fase vegetatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 2008. Zinc in Soils and Crop Nutrition. 2nd edition. Brussels (BE) and Paris (FR): IZA and IFA.
- Ambika, S., Manonmani, V., & Somasundaram, G. 2014. Review on effect of seed size on seedling vigour and seed yield. *Research Journal of Seed Science*. 7(2): 31-38.
- Amin, M., Salamba, H. N., dan Asnawi, A. 2022. Pengelolaan hara mikro zn dalam tanah untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas tanaman. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 41 (1): 32-43.
- Amir, M., Prasad, D., Khan, F. A., Khan, A., dan Ahmad, B. 2024. Seed *priming*: an overview of techniques, mechanisms, and applications. *Plant Science Today*. 11(1): 553-563.
- Andesmora, E. V., Aprianto, R., Novallyan, D., dan Aprisi, F. 2023. Pertumbuhan Tanaman Padi Payo Kerinci Menggunakan System of Rice Intensification (SRI). *Jurnal Budidaya Pertanian*. 19(2): 117-123.
- Alvarez, R. C. F., Prado, R. M., Souza Júnior, J. P., Oliveira, R. L. L., Felisberto, G., Deus, A. C. F., dan Cruz, F. J. R. 2019. Effects of *Foliar spray* ing with New Zinc Sources on Rice Seed Enrichment, Nutrition, and Productivity. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil dan Plant Science*. 69 (6): 511-515.
- Arif, S., Isdijoso, W., Fatah, A. R., dan Tamyis, A. R. 2020. *Tinjauan Strategis Ketahanan Pangan dan Gizi Di Indonesia*. Jakarta: SMERU Research Institute.
- Aristya, V. E., dan Taryono, T. 2019. Pemuliaan tanaman partisipatif untuk meningkatkan peran varietas padi unggul dalam mendukung swasembada pangan nasional. *Agrotechnology Innovation (Agrinova)*. 2 (1):26-35.
- Atta, K., Mondal, S., Gorai, S., Singh, A. P., Kumari, A., Ghosh, T., and Jespersen, D. 2023. Impacts of salinity stress on crop plants: Improving Salt Tolerance Through Genetic and Molecular Dissection. *Frontiers in Plant Science*. 14: 02-21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1241736>.
- Aziez, A. F., Indradewa, D., Yudhono, P., dan Hanudin, E. 2014. Kehijauan daun, kadar khlorofil, dan laju fotosintesis varietas lokal dan varietas unggul padi

- sawah yang ibudidayakan secara organik kaitannya terhadap hasil dan komponen hasil. *Jurnal Ilmiah Agrineca*. 14(2): 114-127.
- Aziz, T., Farooq, M., Wakeel, A., and Rengel, Z. 2012. Zinc nutrition in rice production systems: a review. *Plant Soil*. (361): 203–226.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2024. Ringkasan Eksekutif Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2023 (Angka Tetap). <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/05/06/69834d72f7ef1c32eee5c4b6/executive-summary-of-paddy-harvested-area-and-production-in-indonesia-2023--final-figures-.html>. Diakses 6 Juni 2024.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. 2022. Laporan Tahunan 2021. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian.
- Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi (BBPSI Padi). 2023. Deskripsi Varietas Unggul Baru Padi. <https://repository.pertanian.go.id/items/54b85ddf-3006-4cf7-8ae5-e998a3af235e>. Diakses 6 Juni 2024.
- Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. 2023. Petunjuk Teknis Edisi 3: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Bogor.
- BBSDLP. 2020. Laporan Tahunan Inovasi Peningkatan Potensi Sumberdaya Lahan. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian.
- Berita Resmi Statistik (BRS). 2024. Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2024 (Angka Sementara). <https://assets.dataindonesia.id/2024/10/17/1729129742184-81-17.-Berita-Resmi-Statistik---Luas-Panen-dan-Produksi-Padi-2024.pdf>. Diakses 5 November 2024.
- Bouis, H. E., dan Saltzman, A. 2017. Improving nutrition through biofortification: a review of evidence from harvestplus, 2003 Through 2016. *Global food security*. 12: 49-58.
- Britannica, The Editors of Encyclopaedia. 2024. Rice. *Encyclopedia Britannica*, 27 May. 2024, <https://www.britannica.com/plant/rice>. Accessed 7 June 2024.
- Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., and Lux, A. 2007. Zinc in plants. *New phytologist*. 173(4): 677-702.
- Bhuja, P., Mauboy, R.S., Gaol, M.L, Danong, M.T., Nono, K.M., dan Lende, A.A. 2022. Pengaruh cekaman salinitas terhadap viabilitas perkecambahan kultivar padi gogo Kabupaten Sumba Barat Daya. *Jurnal Biotropikal Sains*. Vol. 19 (1): 1 – 10.
- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification. *Plant and Soil*. 302(12): 1–17.

- Cakmak, I., Pfeiffer, W. H., and McClafferty, B. 2010. Biofortification of durum wheat with zinc and iron. *Cereal chemistry*. 87(1): 10-20.
- Chairuman, N., Batubara, S. F., Aryati, V., Jonharnas, H., and Helmi, H. 2022. Peluang pengembangan Inpari IR Nutri Zinc dan perbenihan padi di Sumatera Utara. *Jurnal Agrikultura*. 33(3): 390-401.
- Chang, T. 1965. The morphology and varietal characteristics of the rice plant. *The International Rice Research Institute*. Filipina.
- Chaudhary, A., Singh, A., and R. S. Sengar. 2015. Antioxidant activity in rice under salinity stress: an overview. *Plant Archives*. 15 (1): 7-13.
- Darwati, E., dan Noeriwan. 2019. Keragaan hasil VUB padi Inpari 42, 43, 32 dan Varietas Existing Ciherang di KP. Mojokari. *Prosiding*. Hal. 363-369.
- Das, A., Singh, S. K., Kumar, M., and Kumar, O. 2019. evaluation of different methods of zinc application on growth, yield and biofortification of zinc in rice (*Oryza Sativa* L.). *Journal of the Indian Society of Soil Science*. 67(1): 92-102.
- Denre, M., Kumar, A., Prasad, R., Agarwal, B. K., and Shahi, D. K. 2017. Effect of zinc application on zn content and uptake in grain, husk and straw of hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*. 18(1): 1-6.
- Devi, M. 2023. *Pengaruh Aplikasi Zinc (Zn) Pada Jagung Varietas Srikandi Ungu Terhadap Pertumbuhan, Produksi, Mutu Benih, Dan Kandungan Zinc Dalam Benih*. (Skripsi). Univesitas Lampung. Bandar Lampung.
- Fathi, A. 2022. Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: A. *Agrisost*. 28, 1-8.
- Fageria, N.K., dan Santos, A.B. 2014. Requirement of Micronutrients by Lowland Rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 45: 844 - 863.
- Faisal, F. 2019. Pengaruh perlakuan varietas berbeda dan konsentrasi garam terhadap viabilitas dan vigor benih padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agrium*. 16(1): 13-20.
- Fajri, H. 2023. Mengenal Padi IR Nutri Zinc (Zn) Pangan Penurunan Angka Stunting di Indonesia. Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. <https://tanamanpangan.pertanian.go.id>. Diakses 24 Juni 2024.
- Fariduddin, Q., Saleem, M., Khan, T. A., dan Hayat, S. 2022. Zinc as a versatile element in plants: an overview on its uptake, translocation, assimilatory roles, deficiency and toxicity symptoms. *Microbial Biofertilizers and Micronutrient Availability: The Role of Zinc in Agriculture and Human Health*. 137-158.
- Farooq, M., A. Wahid, dan K.H.M Siddique. 2012. Micronutrient application through seed treatments - a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 12 (1): 125–142.

- Fatimah Ekawati, D., Puspitasari, D. I., dan Gz, S. 2020. *Pengaruh Asupan Zinc Terhadap Kejadian Stunting Anak*. (Disertasi). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Ferdianto, D. 2023. *Karakterisasi Morfologi Kultivar Padi (Oryza sativa L.) Lokal di Kabupaten Lamongan Jawa Timur*. (Disertasi). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Gajalakshmi, R., Chitdeshwari, T., Maragatham, S., & Ravikesavan, R. 2022. Seed *priming* with different levels and sources of zinc on the seed germination and seedling growth of barnyard millet (*Echinocola frumentacea*). *Journal of Applied & Natural Science*. 14(3): 876 -884. <https://doi.org/10.31018/jans.v14i3.3548>.
- Garg, M., Sharma, N., Sharma, S., Kapoor, P., Kumar, A., Chunduri, V., dan Arora, P. 2018. biofortified crops generated by breeding, agronomy, and transgenic approaches are improving lives of millions of people around the world. *Frontiers in Nutrition*. 5 (12): 2-23.
- Gill, J. S., and Walia, S. S. 2014. Effect of foliar application of iron, zinc and manganese on direct seeded aromatic rice (*Oryza Sativa L.*). *Indian Journal of Agronomy*. 59(1): 80-85.
- Gupta, N., Ram, H., and Kumar, B. 2016. Mechanism of zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. *Reviews in Environmental Science and BioTechnology*. 15: 89-109.
- Hafeez, B. M. K. Y., Khanif, Y. M., and Saleem, M. 2013. Role of zinc in plant nutrition-a review. *American Journal of Experimental Agriculture*. 3(2): 374-391.
- Hamam, M., Pujiasmanto, B., dan Supriyono. 2017. Peningkatan hasil padi (*Oryza sativa L.*) dan kadar zinc dalam beras melalui aplikasi zinc sulfat heptahidrat. *J. Agron. Indonesia*. 45(3):243-248.
- Hamzah S, M., Usman, K., Rizwan, M., Al Jabri, H., dan Alsafran, M. 2022. Functions and strategies for enhancing zinc availability in plants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 13: 1033092.
- Han, X., Ding, S., Lu, J., and Li, Y. 2022. Global, regional, and national burdens of common micronutrient deficiencies from 1990 to 2019: a secondary trend analysis based on the global burden of disease 2019 study. *EclinicalMedicine*. 44.
- Hannan, A., Hoque, M. N., Hassan, L., and Robin, A. H. K. 2020. Adaptive mechanisms of root system of rice for withstanding osmotic Stress. *Recent advances in rice research*. 1-19. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.93815>.
- Hanum, C. 2008. *Teknik Budidaya Tanaman Jilid 2 untuk SMK*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.

- Harisyah, F., Husna, R., dan Halimursyadah, H. 2022. Pengujian tanggap beberapa varietas padi (*Oryza sativa* L.) terhadap cekaman salinitas pada fase perkecambahan. *Jurnal Agrista*. 26 (3): 129-137.
- Impa, S.M., Morete, M.J., Ismail, A.M., Schulin, R., and Johnson-Beebout, S.E. 2013. Zn uptake, translocation and grain Zn loading in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes selected for Zn deficiency tolerance and high grain Zn. *Journal of Experimental Botany*. 64(10):2739–2751.
- Ji, C., Li, J., Jiang, C., Zhang, L., Shi, L., Xu, F., dan Cai, H. 2022. Zinc and nitrogen synergistic act on root-to-shoot translocation and preferential distribution in rice. *Journal of Advanced Research*. 35: 187-198.
- Jumakir, Aswandi, dan Aryunis. 2024. Identifikasi karakteristik agronomi dan morfologi beberapa varietas padi lokal di lahan rawa lebak. *Agrosainstek*. 8 (1): 8–16.
- Kamran, A., Ghazanfar, M., Khan, J. S., Pervaiz, S., Siddiqui, M. H., and Alamri, S. 2023. Zinc absorption through leaves and subsequent translocation to the grains of bread wheat after *foliar spray* . *Agriculture*. 13(9):1775.
- Kandil, E. E., El-Banna, A. A., Tabl, D. M., Mackled, M. I., Ghareeb, R. Y., Al-Huqail, A. A., dan Abdelsalam, N. R. 2022. Zinc nutrition responses to agronomic and yield traits, kernel quality, and pollen viability in rice (*Oryza sativa* L.). *Frontiers in Plant Science*. 13: 791066.
- Karolinoerita, V., dan Annisa, W. 2020. Salinisasi Lahan dan Permasalahannya di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 14 (2): 91-99.
- Kementerian Pertanian. 2022. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 13 Tahun 2022 Tentang Penggunaan Dosis Pupuk N, P, K, Untuk Padi, Jagung dan Kedelai Pada Lahan Sawah. <https://jdih.pertanian.go.id/fp/detailperaturan/aturan/1032>. Diakses 6 Agustus 2024.
- Khamid, M.B.R. 2016. Review: Mekanisme tanaman padi (*Oryza sativa* L.) dalam menghadapi cekaman suhu tinggi pada stadia generatif. *Jurnal Agrotek Indonesia*. 1(2): 129–139.
- Kim, T. H., & Kim, S. M. 2023. Identification of candidate genes for salt tolerance at the seedling stage using integrated genome-wide association study and transcriptome analysis in rice. *Plants*. 12(6):1401.
- Kour, R., Jain, D., Bhojiya, A. A., Sukhwai, A., Sanadhya, S., Saheewala, H., and Mohanty, S. R. 2019. Zinc biosorption, biochemical and molecular characterization of plant growth-promoting zinc-tolerant. *Bacteria*. 9(11):421. DOI: 10.1007/s13205-019-1959-2.
- Khongchui, P., Wongkaew, A., Murase, J., Sajjaphan, K., Rakpenthai, A., Kumdee, O., & Nakasathien, S. 2025. Zinc application enhances biomass production, grain yield, and zinc uptake in hybrid maize cultivated in paddy soil. *Agronomy*. 15(7): 1501.

- Laane, H. M. 2018. The effects of *foliar spray* s with different silicon compounds. *Plants*. 7(2): 1-22.
- Lianes, A., Andrade, A., Masciarelli, O., Alemano, S., and Luna, V. 2016. Drought and salinity alter endogenous hormonal profiles at the seed germination phase. *Seed Science Research*. 26(1):1-13.
- Liu, C., Mao, B., Yuan, D., Chu, C., & Duan, M. 2022. Salt tolerance in rice: physiological responses and molecular mechanisms. *The Crop Journal*. 10 (1):13-25.
- Liu, Z., Su, J., Luo, X., Meng, J., Zhang, H., Li, P., Sun, P., Song, J., Peng, X., Yu, C. 2021. Nitrogen limits zinc-mediated stimulation of tillering in rice by modifying phytohormone balance under low temperature stress. *Food Energy Security*. 1(1), e359.
- Meliawati, S., Sutarno, S., dan Budiyo, S. 2023. Pertumbuhan dan hasil tanaman padi varietas ciherang (*Oryza sativa* L.) akibat Pemberian pembenah tanah pada tiga jenis tanah. *Agroeco Science Journal*. 2(2): 9-17.
- Nasruddin dan Fahmi, P. 2022. Analisis pertumbuhan tanaman padi tercekam salinitas dengan penambahan bahan organik pada media tanam dan perbedaan umur bibit. *Jurnal Agro Wiralodra*. 5(2): 54-60.
- Nawaza, B., Zulfiqar, B., Ahmadd, K.S., Majeed, S., Shehzada, M.A., Javeed, H.M.R., Tahir, M.N., and Ahsan, M. 2021. Pretreatment with selenium and zinc modulates physiological indices and antioxidant machinery to improve drought tolerance in maize (*Zea mays* L.). *South African Journal of Botany*. 138-209-216.
- Nazirah, L. 2018. *Buku Referensi; Teknologi Budidaya Padi Toleran Kekeringan*. CV. Sefa Bumi Persada. Aceh.
- Ofori, K. F., Antonello, S., English, M. M., dan Aryee, A. N. 2022. Improving nutrition through biofortification—a systematic review. *Frontiers in Nutrition*. 9: 1043655.
- Phuphong, P., Cakmak, I., & Dell, B. 2018. Effects of foliar application of zinc on grain yield and zinc concentration of rice in farmers' fields. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*. 17(3): 181-190.
- Purwandini, S., dan Atmaka, D. R. 2023. The effect of adequate zinc consumption with the occurrence of stunting in Indonesia: Literature Review. *Media Gizi Kesmas*. 12(1): 509-515.
- Pusat data dan sistem informasi pertanian. (2023). Statistik Konsumsi Pangan. https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/Buku_Statsitik_Konsumsi_Pangan_2023.pdf. Diakses 7 Juni 2024.
- Rachman, A., Dariah, A., dan Sutono, S. 2018. *Pengelolaan Sawah Salin Berkadar Garam Tinggi*. IAARD Press: Jakarta.

- Rah, J. H., Melse-Boonstra, A., Agustina, R., Van Zutphen, K. G., dan Kraemer, K. 2021. The triple burden of malnutrition among adolescents in Indonesia. *Food and Nutrition Bulletin*. 42: S4-S8.
- Rahman, M. S., Miyake, H., dan Taheoka, Y. 2001. Effect of sodium chloride salinity on seed germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 4(3): 351-355.
- Razzaq, A., Ali, A., Safdar, L. B., Zafar, M. M., Rui, Y., Shakeel, A., & Yuan, Y. 2020. Salt stress induces physiochemical alterations in rice grain composition and quality. *Journal of food science*. 85(1): 14-20.
- Rudani, K., Vishal, P., & Kalavati, P. 2018. The importance of zinc in plant growth-a review. *Int. Res. J. Nat. Appl. Sci*. 5(2): 38-48.
- Rudiansyah, Intara, Y.I., 2015. Identifikasi kultivar lokal padi sawah kalimantan timur berdasarkan karakter agronomi dan morfologi. *Agrovivor*. 8: 8–15.
- Sadjad, S. 1993. *Dari Benih kepada Benih*. PT Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta. 144 hlm.
- Safriyani, E., Hasmeda, M., Munandar, M., & Sulaiman, F. 2018. Korelasi komponen pertumbuhan dan hasil pada pertanian terpadu padi-azolla. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*. 7(1), 59-65.
- Saikh, R., Kanu Murmu, K., Sarkar, A., Mondal, R., and Jana, K. 2022. Effect of foliar zinc application on growth and yield of rice (*Oryza sativa*) in the Indo-Gangetic Plains of India. *Nusantara Bioscience*. 14(2):182-187.
- Sativa, N., Mutakin, J., & Rismayanti, A. Y. 2022. Uji cekaman salinitas terhadap viabilitas dan vigor benih beberapa kultivar kedelai (*Glycine max* (L). MERRIL). *JAGROS: Jurnal Agroteknologi dan Sains (Journal of Agrotechnology Science)*. 7(1): 39-50.
- Sauer, A. K., Hagmeyer, S., dan Grabrucker, A. M. 2016. Zinc deficiency. *Nutritional deficiency*. 23-46. DOI:10.5772/63203
- Shokat, S., dan Großkinsky, D. K. 2019. Tackling salinity in sustainable agriculture-what developing countries may learn from approaches of the developed world. *Sustainability*. 11(17): 1–19. <https://doi.org/10.3390/su11174558>
- Shrestha, J., Kandel, M., Subedi, S., & Shah, K. K. 2020. Role of nutrients in rice (*Oryza sativa* L.): A review. *Agrica*. 9(1): 53-62.
- Shu, K., Chen, Q., Wu, Y., Liu, R., Zhang, H., Wang, P., and Xie, Q. 2016. ABI 4 mediates antagonistic effects of abscisic acid and gibberellins at transcript and protein levels. *The Plant Journal*. 85(3): 348-361.
- Singh, A., Singh, A., Pandey, A. K., Singh, A. K., Singh, R., Singh, A., & Yadav, R. K. 2020. Effect salinity on germination percentage (%) and seed vigour index of rice (*Oryza sativa* L.). *J. Pharmacogn. Phytochem*. 9: 1130-1133. DOI: 10.22271/phyto.2020.v9.i2s.11003

- Singh, H., Verma, A., Ansari, M. W., and Shukla, A. 2014. Physiological response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to elevated nitrogen applied under field conditions. *Plant Signaling & Behavior*, 9(7), e29015.
- Singh, U., Praharaj, C. S., Chaturvedi, S. K., dan Bohra, A. 2016. biofortification: introduction, approaches, limitations, and challenges. *Biofortification of food crops*. 3-18.
- Sion, R., Agustiansyah, A., dan Timotiwu, P. B. 2024. Pengaruh NutriPriming pada Benih dengan Zinc (Zn) terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Jagung Ungu Hibrida. *Jurnal Agrotek Tropika*. 12(1): 1-9.
- Sisodiya, R., Rai, H.K., Dubey, M., Waskle, U., Verma, N., and Ahmed, A. 2021. Assessment of different 64 doses of zinc on growth and yield of different rice (*Oryza Sativa*) cultivars. *Biological Forum – An International*. 13(3b): 291-294.
- Siregar, M., dan Lardi, S. 2019. *Buku Budidaya Padi 2019*. Universitas Panca Budi. Medan.
- Subekti, A., dan Guswara, A. 2016. Adaptasi beberapa varietas unggul padi pada lahan tadah hujan di Kalimantan Barat. In *Prosiding Seminar Nasional 2016. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi*. 709-716 pp.
- Suganya, A., Appavoo, S., & Manivannan, N. 2020. Role of zinc nutrition for increasing zinc availability, uptake, yield, and quality of maize (*Zea mays* L.) gains: an overview. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 51(15): 2001–2021.
- Sulistiyanti, S. R. 2017. Lahan Pasang Surut: Karakteristik, Fungsi Ekologis, dan Penggunaan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 15(1): 1-12.
- Tuiwong, P., Lordkaew, S., Veeradittakit, J., Jamjod, S., and Prom-u-thai, C. 2022. seed *priming* and foliar application with nitrogen and zinc improve seedling growth, yield, and zinc accumulation in rice. *Agriculture*. 12(2): 144.
- Tuiwong, P., Cho, H. K., Rouached, H., & Prom-U-Thai, C. 2024. Synergistic Effects of nitrogen and zinc foliar application on yield and nutrient accumulation in rice at various growth stages. *Plants*, 13(23), 3274.
- USDA. 2024. Classification for Kingdom *Plantae* Down to Species *Oryza sativa* L. <https://plants.usda.gov/home/classification/24211..> Diakses 7 Juni 2024.
- Vadlamudi, K., Upadhyay, H., Singh, A., & Reddy, M. (2020). Influence of zinc application in plant growth: an overview. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*. Vol. 7(7): 2321-2327.
- Vijay, D., dan Roy, B. 2013. Chapter-4 Rice (*Oryza Sativa* L.). *Breeding, Biotechnology and Seed Production of Field Crops (December)*, 71-122.

- Windiyan, H., dan Erawati, B. T. R. 2023. Rice diversity of inpari ir nutri zinc variety in three clanning seasons in West Nusa Tenggara. *Jurnal Biologi Tropis*. 23(1): 350-357.
- World Health Organizing (WHO). 2024. Malnutrition. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition/>. Diakses 6 Juli 2024.
- Wu, C., Lu, L., Yang, X., Feng, Y., Wei, Y., Hao, H., Stoffella, P.J., and He, Z. 2010. Uptake, translocation, and remobilization of zinc absorbed at different growth stages by rice genotypes of different Zn densities. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 58(11): 6767–6773. <https://doi.org/10.1021/jf100017e>
- Xu, S., Hu, B., He, Z., Ma, F., Feng, J., Shen, W., & Yang, J. 2011. Enhancement of salinity tolerance during rice seed germination by presoaking with hemoglobin. *International Journal of Molecular Sciences*. 12(4): 2488-2501.
- Yamuangmorn, S., Jumrus, S., & Jamjod, S. 2022. Promoting seedling vigour and grain zinc accumulation in rice by *priming* seeds and foliar application with zinc and potassium fertiliser. *Crop and Pasture Science*. 73(5): 437-448. <https://doi.org/10.1071/CP21310>
- Zhang, Q., et al. Development of rice varieties with enhanced resistance to biotic and abiotic stresses. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2021.