

**RESPON HASIL *MICROGREENS* KANGKUNG (*Ipomoea reptans* P.)  
AKIBAT BIOFORTIFIKASI Zn: STUDI KONSENTRASI  
DAN TEKNIK APLIKASI**

---

**SKRIPSI**

---

**Oleh**

**FARHAN KURNIAWAN**



**PROGRAM STUDI S-1 AGROEKOTEKNOLOGI  
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2026**

RESPON HASIL *MICROGREENS* KANGKUNG (*Ipomoea reptans* P.)  
AKIBAT BIOFORTIFIKASI Zn: STUDI KONSENTRASI  
DAN TEKNIK APLIKASI

Oleh

FARHAN KURNIAWAN  
NIM : 23020222140096

Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi S-1 Agroekoteknologi  
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI S-1 AGROEKOTEKNOLOGI  
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2026

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farhan Kurniawan  
N I M : 23020222140096  
Program Studi : S-1 Agroekoteknologi

dengan ini menyatakan sebagai berikut:

1. Skripsi yang berjudul: **Respon Hasil *Microgreens* Kangkung (*Ipomea reptans* P) Akibat Biofortifikasi Zn: Studi Konsentrasi dan Teknik Aplikasi** dan penelitian yang terkait dengan skripsi ini merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide atau kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam skripsi ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis juga mengakui bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan penuh dari Pembimbing yaitu: **Fajrin Pramana Putra S.P., M.Sc. dan Ir. Karno, M.Appl.Sc., Ph.D.**

Apabila di kemudian hari dalam skripsi ini ditemukan hal-hal yang menunjukkan telah dilakukannya kecurangan akademik, maka penulis bersedia gelar sarjana yang telah penulis dapatkan ditarik sesuai dengan ketentuan dari Program Studi S-1 Agroekoteknologi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

Semarang, Oktober 2026

Penulis,



Farhan Kurniawan

Mengetahui:

Pembimbing Anggota

Pembimbing Utama

Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc.

Ir. Karno, M.Appl.Sc., Ph.D.

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : RESPON HASIL *MICROGABUS*  
KANGKUNG (*Ipomoea pes-caprae* P.) AKIBAT  
BIOFORTIFIKASI ZN: STUDI  
KONSENTRASI DAN TEKNIK APLIKASI

Nama Mahasiswa : FARHAN KURNIAWAN

Nomor Induk Mahasiswa : 23020222140096

Program Studi/Departemen : S-I AGROEKOTEKNOLOGI/PERTANIAN

Fakultas : PETERNAKAN DAN PERTANIAN

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji  
Dan dinyatakan lulus pada tanggal **2.8.SEP.2026.**

Pembimbing Utama



Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc.

Ketua Program Studi  
S1 Agroekoteknologi



Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si.

Dekan



Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D.

Pembimbing Anggota



Ir. Karno, M.Appl.Sc., Ph.D.

Ketua Panitia Ujian Akhir Program



Bagus Herwibawa, S.P., M.P., Ph.D.

Ketua Departemen



Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt. M.P., Ph.D.

## RINGKASAN

**FARHAN KURNIAWAN.** 23020222140096. 2026. Respon Hasil Microgreens Kangkung (*Ipomoea reptans* P) Akibat Biofortifikasi Zn: Studi Konsentrasi dan Teknik Aplikasi (Pembimbing: **FAJRIN PRAMANA PUTRA** dan **KARNO**).

*Microgreens* merupakan tanaman muda bernilai ekonomi tinggi yang kaya nutrisi dan mudah dibudidayakan. Kangkung sebagai salah satu jenis yang potensial karena pertumbuhannya cepat dan kandungan gizinya tinggi. *Microgreens* kangkung juga dapat dimanfaatkan untuk biofortifikasi Zinc (Zn), unsur penting bagi kesehatan manusia yang sering mengalami defisiensi. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengkaji pengaruh konsentrasi Zn terhadap hasil *microgreens* kangkung, (2) mengkaji pengaruh teknik aplikasi Zn terhadap hasil tanaman, serta (3) mengkaji interaksi antara konsentrasi dan teknik aplikasi Zn yang tepat dalam memaksimalkan hasil produksi.

Penelitian dilakukan dengan percobaan faktorial  $5 \times 3$  dengan dasar Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi biofortifikasi Zn (S) yang terdiri atas 5 taraf, yaitu S0 = 0 mg/l (kontrol), S1 = 5 mg/l, S2 = 10 mg/l, S3 = 15 mg/l, dan S4 = 20 mg/l. Faktor kedua adalah teknik aplikasi Zn (V) yang terdiri atas 3 taraf, yaitu V1 = *foliar spray*, V2 = fertigasi, dan V3 = *seed priming*, sehingga diperoleh 15 kombinasi perlakuan dan 45 unit percobaan. Parameter yang diamati meliputi bobot segar, bobot kering, kandungan klorofil, karotenoid, fenolik total, flavonoid, kadar vitamin C dan kadar Zn

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi Zn berpengaruh nyata terhadap bobot segar, bobot kering, kandungan klorofil, karotenoid, flavonoid, dan fenolik pada *microgreens* kangkung varietas Serimpi. Teknik aplikasi konsentrasi Zn berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil, karotenoid, dan kadar Zn tanaman. Selain itu, terdapat interaksi antara konsentrasi Zn dan teknik aplikasi terhadap beberapa parameter pertumbuhan dan kualitas hasil *microgreens* kangkung. Konsentrasi Zn 5 mg/l merupakan perlakuan yang baik dalam meningkatkan pertumbuhan biomassa, sedangkan konsentrasi yang lebih tinggi cenderung menurunkan biomassa akibat adanya indikasi cekaman fisiologis. Kadar Zn tertinggi diperoleh pada kombinasi perlakuan *seed priming* dengan konsentrasi Zn 15 mg/l. Secara keseluruhan, teknik *seed priming* merupakan metode aplikasi yang paling efektif dalam meningkatkan akumulasi Zn pada jaringan *microgreens* kangkung sejak fase awal perkecambahan. Simpulan konsentrasi Zn sebesar 5 mg/l merupakan perlakuan optimum dalam meningkatkan pertumbuhan biomassa, sedangkan konsentrasi yang lebih tinggi cenderung menurunkan biomassa akibat adanya indikasi cekaman fisiologis.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “Respon Hasil *Microgreens* Kangkung (*Ipomoea reptans* Poir) Akibat Biofortifikasi Zn: Studi Konsentrasi dan Teknik Aplikasi” yang merupakan syarat penyelesaian studi sebagai Sarjana Pertanian. Penulis menyadari bahwa tersusunnya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah terlibat dalam penelitian dan penyusunan skripsi yaitu:

1. Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama Skripsi dan, Ir. Karno, M.Appl.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing, membantu, dan memberikan arahan kepada penulis selama penelitian dan penyusunan Skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian beserta jajarannya di Fakultas Peternakan dan Pertanian, Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D selaku Ketua Departemen Pertanian, dan Dr. Ir. Eny Fuskhah, M. Si selaku Ketua Program Studi S1-Agroekoteknologi atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh pendidikan sarjana di program studi S1-Agroekoteknologi.
3. Septrial Arafat, S.P., M.P. selaku dosen wali selama masa studi yang telah membantu menjadi menavigasi selama masa perkuliahan penulis.

4. Seluruh dosen dan staf administrasi Program Studi S-1 Agroekoteknologi dan Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro yang telah membantu dan memfasilitasi penulis dalam proses belajar maupun pengurusan administrasi
5. Kedua orang tua penulis Mega Kurniawan dan Ira Yulianti Purnamasari, serta adik penulis Abyan Fahri Kurniawan dan Adhiatma Fadly Kurniawan yang senantiasa memberikan bantuan berupa moral dan materiil yang tak terbatas selama masa perkuliahan hingga penulis dapat menyelesaikan masa perkuliahan.
6. Sahabat Penulis dalam grup Pengajian Gang Duri Afrizal yang telah memberikan motivasi dan semangat penulis Afrizal Chaniago, Khoirul Anam, Muhammad Akmal Dwi Cahyadi, dan juga Hadza Ahmad Dzaki
7. Rekan – rekan penulis dari awal hingga akhir perkuliahan; Arif Fauzan, Abdussalam Fasya Attamima, Rafif Alviansyah, Zidan Aghimza Ibnu Hisyam, Muhammad Taufik Akbar, Muhammad Yudha dan Basilius Indra Samosir .
8. Anggota KKN-T TIM 135 Desa Lanjan, Sumowono 2025 yang telah menemani dan memberikan pengalaman KKN yang tak terlupakan kepada penulis.
9. Teman – teman Kelas B Agroekoteknologi 2022 yang telah mewarnai perjuangan dan perkuliahan ini dengan canda, tawa, dan ilmu sehingga penulis menyelesaikan studi dengan penuh rasa syukur.

10. Teman – teman penulis dari grup *ziggy zagga* Azkal Rafitama, Fatimaisha Nabila Aulia, Dian Asmarawati, Thamy Ruru Allo, Muhammad Raihan Fasya, dan Moch Akmal Arrahman yang telah memberi support, dan juga telah memberi semangat kepada penulis untuk menyelesaikan studi.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan karya ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Semarang, Oktober 2026

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                          | Halaman |
|----------------------------------------------------------|---------|
| KATA PENGANTAR .....                                     | vi      |
| DAFTAR ISI.....                                          | ix      |
| DAFTAR TABEL .....                                       | xi      |
| DAFTAR ILUSTRASI .....                                   | xii     |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                    | xiii    |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                  | 1       |
| 1.1. Latar Belakang .....                                | 1       |
| 1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian .....                 | 3       |
| 1.3. Hipotesis Penelitian .....                          | 3       |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....                             | 5       |
| 2.1. Tanaman Kangkung ( <i>Ipomoea reptans</i> P.) ..... | 5       |
| 2.2. <i>Microgreens</i> Kangkung .....                   | 6       |
| 2.3. Biofortifikasi .....                                | 8       |
| 2.4. Konsentrasi Zn .....                                | 9       |
| 2.5. Teknik Aplikasi .....                               | 11      |
| BAB III MATERI DAN METODE .....                          | 13      |
| 3.1. Materi Penelitian .....                             | 13      |
| 3.2. Metode Penelitian .....                             | 13      |
| 3.3. Analisis Data .....                                 | 19      |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                        | 22      |
| 4.1. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragram .....            | 22      |
| 4.2. Bobot segar .....                                   | 23      |
| 4.3. Bobot Kering .....                                  | 25      |

|                                |                                              |     |
|--------------------------------|----------------------------------------------|-----|
| 4.4.                           | Analisis kandungan klorofil (mg/g).....      | 28  |
| 4.5.                           | Analisis kandungan karotenoid (mg/g).....    | 30  |
| 4.6.                           | Analisis kandungan fenolik (mg GAE/g) .....  | 32  |
| 4.7.                           | Analisis kandungan Flavonoid (mg QE/g) ..... | 34  |
| 4.8.                           | Kadar Zn (mg/100g) .....                     | 36  |
| BAB V SIMPULAN DAN SARAN ..... |                                              | 35  |
| 5.1.                           | Simpulan .....                               | 35  |
| 5.2.                           | Saran .....                                  | 35  |
| DAFTAR PUSTAKA .....           |                                              | 38  |
| LAMPIRAN .....                 |                                              | 484 |
| RIWAYAT HIDUP .....            |                                              | 102 |

## DAFTAR TABEL

| Nomor |                                                                                                                           | Halaman |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1.    | Rekapitulasi Hasil Analisis Ragram Seluruh Parameter dan Uji Lanjut Seluruh Parameter Tanaman Kangkung Var. Serimpi ..... | 22      |
| 2.    | Bobot Segar Tanaman Kangkung Var. Serimpi Pada Perlakuan Zn dan Teknik Aplikasi.....                                      | 23      |
| 3.    | Bobot Kering Tanaman Kangkung Var. Serimpi Pada Perlakuan Zn dan Teknik Aplikasi.....                                     | 26      |
| 4.    | Kandungan Fenolik Tanaman Kangkung Var. Serimpi Pada Perlakuan Zn dan Teknik Aplikasi.....                                | 32      |

## DAFTAR ILUSTRASI

| Nomor                                                                                                                             | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Diagram Interaksi Biofortifikasi Zn dan Teknik Aplikasi Terhadap Kandungan Klorofil Pada Tanaman Kangkung Var. Serimpi .....   | 28      |
| 2. Diagram Interaksi Biofortifikasi Zn dan Teknik Aplikasi Terhadap Kandungan Karotenoid Pada Tanaman Kangkung Var. Serimpi ..... | 30      |
| 3. Diagram Interaksi Biofortifikasi Zn dan Teknik Aplikasi Terhadap Kandungan Flavonoid Pada Tanaman Kangkung Var. Serimpi .....  | 35      |
| 4. Diagram Interaksi Biofortifikasi Zn dan Teknik Aplikasi Terhadap Kadar Zn Pada Tanaman Kangkung Var. Serimpi.....              | 37      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor                                                                          | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. <i>Layout</i> Percobaan .....                                               | 484     |
| 2. Deskripsi Varietas.....                                                     | 45      |
| 3. Perhitungan Zn .....                                                        | 46      |
| 4. Analisis Data Bobot Segar, Tanaman Kangkung Varietas Serimpi .....          | 46      |
| 5. Analisis Data Bobot Kering Tanaman Kangkung Varietas Serimpi .....          | 56      |
| 6. Analisis Data Kandungan Klorofil, Tanaman Kangkung Varietas Serimpi. ....   | 60      |
| 7. Analisis Data Kandungan Karotenoid, Tanaman Kangkung Varietas Serimpi. .... | 67      |
| 8. Analisis Data Kandungan Fenolik, Tanaman Kangkung Varietas Serimpi. ....    | 74      |
| 9. Analisis Data Kandungan Flavonoid, Tanaman Kangkung Varietas Serimpi .....  | 83      |
| 10. Analisis Data Kadar Zinc, Tanaman Kangkung Varietas Serimpi .....          | 89      |
| 11. Dokumentasi Kegiatan .....                                                 | 99      |
| 12. Hasil Penelitian.....                                                      | 100     |

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Zinc (Zn) merupakan unsur mikro esensial yang sangat penting bagi manusia karena berperan dalam lebih dari 300 enzim dan berbagai proses fisiologis, seperti sintesis DNA, fungsi imun, dan metabolisme protein (Chasapis *et al.*, 2020). Kekurangan Zn dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan seperti pertumbuhan terhambat, penurunan daya tahan tubuh, gangguan reproduksi, dan penurunan fungsi kognitif (Wessel *et al.*, 2021). Defisiensi Zn menjadi masalah global yang dialami lebih dari dua miliar penduduk dunia, terutama di negara berkembang yang konsumsi produk hewannya rendah (Di Gioia *et al.*, 2019). Sehingga, diperlukan upaya khusus untuk mengatasi defisiensi Zn secara global melalui peningkatan kandungan Zn pada sumber pangan nabati, sehingga dapat mendukung penyediaan pangan fungsional yang lebih bergizi (Bhardwaj *et al.*, 2022).

*Microgreens* saat ini terkonfirmasi sebagai komoditas strategis dalam sistem pertanian urban modern karena menawarkan efisiensi siklus budidaya dan nilai gizi fungsional yang tinggi. Berdasarkan pengamatan fase pertumbuhan, komoditas ini mencapai titik panen optimal dalam rentang waktu yang sangat singkat, yakni 7 hingga 14 hari pasca semai yang bertepatan dengan kemunculan awal daun sejati (Widiwurjani *et al.*, 2019). Salah satu jenis *microgreens* yang berpotensi dikembangkan adalah kangkung (*Ipomoea reptans* P). *Microgreens* kangkung

memiliki keunggulan berupa pertumbuhan yang cepat, biomassa yang melimpah, dan kemudahan dalam budidaya, serta kandungan gizi yang tinggi. Setiap 100 gram kangkung mengandung kadar Zn 0,519 mg/100g, protein 6,67 g, karbohidrat 7,97 g, serat 4,28 g, kalsium 20,62 mg, zat besi 0,99 mg, vitamin C 2,20 mg, serta karotenoid dan klorofil yang tinggi (Muchjajib *et al*; Khoirunisa *et al.*, 2015).

*Microgreens* kangkung menjadi strategi efektif untuk menyediakan kandungan nutrisi Zn dari sumber nabati. Biofortifikasi merupakan salah satu pendekatan inovatif untuk meningkatkan kandungan *mikronutrien* tanaman melalui metode *agronomis*, genetik, maupun bioteknologi (Di Gioia *et al.*, 2019). Pada skala *agronomis*, biofortifikasi Zn dapat dilakukan melalui perendaman benih (*seed priming*), penyemprotan daun (*foliar spray*), atau fertigasi, yang masing-masing memiliki efektivitas berbeda tergantung konsentrasi dan jenis tanaman (Buturi *et al.*, 2023). Efektivitas biofortifikasi Zn tidak hanya berdampak pada teknik aplikasi namun perlu memperhatikan konsentrasi Zn (Velázquez-Gramboa *et al.*, 2021).

Berdasarkan penelitian Poudel *et al.* (2024) menemukan bahwa konsentrasi 10 mg/l ZnSO<sub>4</sub> melalui fertigasi memberikan peningkatan kandungan Zn, 4 kali lipat lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa kandungan Zn. Selanjutnya Puccinelli *et al.* (2019) melaporkan bahwa pemberian Zn melalui fertigasi pada konsentrasi 15 mg/l ZnSO<sub>4</sub> menghasilkan peningkatan akumulasi Zn hingga lima kali lipat pada *pea microgreens* dan tiga belas kali lipat pada radish *microgreens*. Akan tetapi belum ada informasi terkait dengan konsentrasi Zn yang ideal bagi *microgreens* kangkung sehingga perlu dilakukan penelitian tentang teknik aplikasi dan konsentrasi Zn pada *microgreens* kangkung.

## 1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengkaji pengaruh konsentrasi zinc (Zn) terhadap hasil *microgreens*.
2. Mengkaji pengaruh teknik aplikasi (Zn) terhadap hasil tanaman *microgreens* kangkung.
3. Mengkaji interaksi antara pengaruh konsentrasi (Zn) terhadap teknik aplikasi *microgreens*.

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh konsentrasi (Zn) terhadap hasil *microgreens* kangkung.
2. Memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh teknik aplikasi Zn terhadap hasil *microgreens* kangkung.
3. Memberikan informasi mengenai interaksi antara konsentrasi Zn dan teknik aplikasi dalam meningkatkan hasil, dan kandungan Zn pada *microgreens* kangkung.

## Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian yang diuji adalah sebagai berikut:

1. Konsentrasi (Zn) 10 mg/l meningkatkan pertumbuhan dan kadar zinc kangkung.
2. Teknik aplikasi dengan fertigasi meningkatkan hasil optimal pada *microgreens* kangkung.
3. Terdapat interaksi antara perlakuan konsentrasi (Zn) dan teknik aplikasi

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanaman Kangkung (*Ipomoea reptans* P)

Kangkung merupakan salah satu tanaman sayuran daun yang digemari masyarakat karena mudah dibudidayakan. Tanaman ini termasuk dalam famili Convolvulaceae dan tumbuh baik di daerah tropis dengan kelembapan tinggi dan intensitas cahaya sedang (Lestari dan Pujiwati, 2022). Klasifikasi ilmiah tanaman kangkung menurut Linnaeus (1758) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Solanales

Famili : Convolvulaceae

Genus : *Ipomoea*

Spesies : *Ipomoea reptans* Poir

Tanaman kangkung sangat mudah di tanam, dan juga memiliki kemampuan hidup yang baik, dan relatif singkat. Kangkung memiliki kemampuan adaptasi yang luas, baik di lahan basah maupun lahan kering, serta memiliki siklus hidup yang relatif singkat sehingga sering dimanfaatkan dalam sistem tanam cepat panen (Sutrisno *et al.*, 2021). Tanaman Kangkung juga memiliki banyak manfaat untuk tubuh manusia. Daunnya kaya akan berbagai zat gizi seperti protein, serat,

karbohidrat, vitamin A, vitamin C, zat besi, dan kalsium yang berperan penting dalam menjaga kesehatan tubuh manusia (Muchjajib *et al.*, 2015)

Morfologi tanaman kangkung varietas Serimpi yaitu dengan bentuk daun yang memanjang dan meruncing dibagian ujungnya, serta memiliki batang yang berongga. Kangkung memiliki morfologi batang berongga, beruas-ruas, dan berwarna hijau keunguan, dan daun berbentuk lonjong hingga lanset dengan ujung meruncing, sedangkan bunga berwarna putih hingga ungu muda (Widiwurjani *et al.*, 2019). Kangkung memiliki sistem perakaran serabut dan juga mempunyai kandungan klorofil dan Karotenoid yang tinggi. Sistem perakarannya berupa akar serabut yang mampu menyerap unsur hara secara efisien, mendukung pertumbuhan cepat bahkan pada media terbatas, kandungan klorofil dan karotenoid yang tinggi menjadikan kangkung sebagai kandidat potensial dalam pengembangan *microgreens* bergizi tinggi (Yani dan Yenisbar, 2023).

## **2.2. *Microgreens* Kangkung**

Tanaman *microgreen* merupakan tanaman yang dapat dipanen 7 – 14 hari yang dimana dipanen pada saat kemunculan daun sejati pertama. *Microgreens* merupakan tanaman muda yang dipanen pada umur 7–14 hari setelah semai ketika daun sejati pertama mulai muncul (Widiwurjani *et al.*, 2019). Tanaman *microgreens* cocok ditanam untuk wilayah perkotaan yang dimana disebut sebagai urban farming, dan kita dapat mengatur nutrisi yang diinginkan, sehingga memiliki kandungan nutrisi yang tinggi dibandingkan dengan tanaman biasa. Tanaman ini dikonsumsi dalam bentuk segar dan banyak dikembangkan pada sistem pertanian

perkotaan (*urban farming*) karena membutuhkan ruang sempit, air sedikit, dan waktu panen yang cepat, sehingga *microgreens* dapat memiliki kandungan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan tanaman dewasa, terutama dalam hal vitamin, mineral, dan senyawa antioksidan (Yani dan Yenisbar, 2023).

Tanaman yang ditanam secara *microgreens* memiliki potensi yang sangat besar sebagai tanaman pangan fungsional. Tanaman *microgreens* memiliki potensi besar sebagai pangan fungsional karena kandungan fitokimianya yang tinggi, termasuk flavonoid, fenolik, dan karotenoid (Buturi *et al.*, 2023). Kandungan gizi yang tinggi tersebut menjadikan *microgreens* sebagai alternatif sumber nutrisi alami yang dapat berkontribusi terhadap ketahanan pangan masyarakat perkotaan. Dengan penerapan teknologi biofortifikasi, kandungan mikronutrien seperti Zn dalam *microgreens* dapat ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan gizi manusia secara berkelanjutan (Lestari dan Pujiwati, 2022).

*Microgreens* kangkung berpotensi menjadi sumber berbagai senyawa bioaktif, seperti vitamin, mineral, karotenoid, senyawa fenolik, dan antioksidan yang berperan penting dalam menjaga kesehatan tubuh. Kandungan metabolit sekunder pada fase *microgreens* dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman dan kondisi pertumbuhan, sehingga kualitas hasil panen dapat bervariasi. (Kyriacou *et al.*, 2019). Selain memiliki nilai gizi yang tinggi, *microgreens* juga berkontribusi dalam diversifikasi pangan karena dapat diproduksi dengan waktu yang relatif singkat dan sumber daya yang lebih efisien dibandingkan budidaya tanaman hingga dewasa. *Microgreens* memiliki kandungan nutrisi dan senyawa fitokimia yang tinggi serta dipengaruhi oleh karakteristik genotipe tanaman. *Microgreens*

Kangkung merupakan pangan fungsional yang kaya akan vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif yang berpotensi mendukung kesehatan manusia dan meningkatkan kualitas gizi masyarakat. (Kumar *et al.*, 2024).

### 2.3. Biofortifikasi

Biofortifikasi merupakan salah satu metode yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan nutrisi tanaman tanpa menurunkan hasil atau produktivitasnya. Upaya ini dilakukan dengan memperkaya kandungan mikronutrien pada tanaman melalui berbagai pendekatan, seperti teknik *agronomis*, genetik, maupun bioteknologi (Di Gioia *et al.*, 2019). Secara *agronomis*, biofortifikasi dapat diterapkan pada tanaman *microgreens* dengan cara menambahkan unsur hara mikro, seperti seng (Zn), besi (Fe), atau selenium (Se), baik melalui perendaman benih, penyemprotan daun, maupun sistem fertigasi. Strategi ini dianggap efektif untuk meningkatkan nilai gizi tanaman dan sekaligus menjadi solusi potensial dalam mengatasi kekurangan mikronutrien pada masyarakat, terutama di wilayah negara berkembang (Chasapis *et al.*, 2020).

Keberhasilan pada tanaman biofortifikasi tergantung dari jenis tanaman dan 6 juga senyawa yang diberikan. Keberhasilan biofortifikasi *agronomis* bergantung pada jenis tanaman, bentuk senyawa pupuk yang digunakan, serta konsentrasi pemberiannya (Buturi *et al.*, 2023). Secara *agronomis*, biofortifikasi dapat diterapkan pada tanaman *microgreens* dengan menambahkan unsur hara mikro seperti Zinc (Zn), besi (Fe), atau selenium (Se) melalui perendaman benih, penyemprotan daun, atau sistem fertigasi. Strategi ini dinilai efektif dalam

meningkatkan nilai gizi tanaman namun rendahnya penerapan biofortifikasi yang menyebabkan kualitas gizi tanaman masih belum optimal di banyak wilayah, khususnya di negara berkembang (Chasapis *et al.*, 2020).

#### **2.4. Konsentrasi Zn**

Seng dapat digunakan pada tanaman untuk pembentukan enzim, sintesis protein, dan juga metabolisme karbohidrat. Zinc (Zn) merupakan unsur *mikro esensial* yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah kecil, namun memiliki peran vital dalam berbagai proses biokimia seperti pembentukan enzim, sintesis protein, dan regulasi metabolisme karbohidrat (Chasapis *et al.*, 2020). Zn memiliki peran penting dalam pertumbuhan tanaman. Unsur Zn berperan penting dalam meningkatkan aktivitas fotosintesis dan pembentukan klorofil sehingga dapat mempercepat pertumbuhan vegetatif tanaman (Khoirunnisa *et al.*, 2023).

Tanaman yang mengalami kekurangan kadar Zn dapat mengalami beberapa gangguan. Kekurangan Zn dapat menyebabkan berbagai gangguan seperti klorosis antar tulang daun, daun kecil, pertumbuhan terhambat, dan menurunnya produktivitas tanaman (Sunar *et al.*, 2021). Hal ini dapat menyebabkan kondisi dimana Zn memiliki pengaruh terhadap penurunan aktivitas enzim dan juga kadar klorofil. Kondisi defisiensi Zn juga berpengaruh terhadap penurunan aktivitas enzim dan kadar klorofil yang berdampak pada berkurangnya kemampuan fotosintesis tanaman (Hanum dan Jazilah, 2021).

Kelebihan kadar zinc (Zn) dapat menyebabkan toksisitas pada tanaman dan juga menurunkan laju pertumbuhan. Kelebihan Zn di dalam jaringan tanaman dapat

menyebabkan toksisitas yang ditandai dengan bercak nekrosis pada daun, gangguan penyerapan unsur lain seperti Fe dan Mn, serta penurunan laju pertumbuhan (Velázquez-Gramboa *et al.*, 2021). Kadar Zn yang digunakan harus memiliki konsentrasi yang tepat sehingga tidak menimbulkan stres oksidatif. Akumulasi Zn dalam jumlah tinggi dapat menimbulkan ketidakseimbangan ionik dan stress oksidatif pada sel tanaman yang berdampak negatif terhadap hasil panen (Fadhlullah *et al.*, 2020).

Perlakuan biofortifikasi Zn dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa taraf konsentrasi dan metode aplikasi yang mengacu pada berbagai hasil penelitian terdahulu. Perlakuan terdiri atas kontrol (tanpa Zn) serta pemberian Zn dengan konsentrasi 5 mg/l, 10 mg/l, 15 mg/l, dan 20 mg/l, yang masing-masing diaplikasikan melalui tiga metode berbeda, yaitu foliar spray, fertigasi, dan *seed priming*. Pemilihan variasi konsentrasi dan metode aplikasi ini didasarkan pada beberapa studi yang menunjukkan bahwa konsentrasi Zn dalam rentang tersebut memberikan hasil yang optimal pada berbagai jenis tanaman.

Selain itu, pendekatan *seed priming* terbukti efektif meningkatkan kadar Zn pada tahap awal pertumbuhan tanaman. (Poudel *et al.*, 2023) melaporkan bahwa perendaman benih dalam larutan ZnSO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 200 ppm mampu meningkatkan akumulasi Zn sebesar 126,1% pada *microgreens* kacang polong dan 229,8% pada *microgreens* bunga matahari. Sedangkan pada metode foliar spray, menunjukkan bahwa konsentrasi 5,2 mg/l Zn memberikan hasil terbaik pada tanaman krokot dengan kontribusi hingga 21% dari kebutuhan harian Zn dalam 150 g konsumsi daun muda (D'Imperio *et al.*, 2022). Berdasarkan berbagai temuan

tersebut, penggunaan konsentrasi 5 mg/l – 20 mg/l  $\text{ZnSO}_4$  dengan metode aplikasi *foliar spray*, fertigasi, dan *seed priming* dinilai sesuai untuk mengevaluasi respon.

## 2.5. Teknik Aplikasi

Metode *foliar spray* merupakan teknik aplikasi hara melalui daun yang memungkinkan unsur hara diserap secara cepat melalui stomata dan kutikula daun sehingga dapat segera dimanfaatkan dalam proses fisiologis tanaman. Metode ini banyak digunakan dalam program biofortifikasi karena mampu meningkatkan kandungan mineral dan senyawa bioaktif tanpa mengganggu pertumbuhan tanaman yang memiliki siklus panen singkat (Poudel *et al.*, 2023). Pemberian unsur hara melalui foliar spray dinilai lebih efisien dibandingkan aplikasi melalui media tanam terutama untuk unsur mikro seperti Zn, Fe, dan Se yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit tetapi berperan penting dalam aktivitas enzimatik dan sintesis metabolit sekunder (Rajasekar *et al.*, 2017).

Metode fertigasi merupakan teknik pemberian unsur hara yang dikombinasikan dengan sistem irigasi sehingga nutrisi dapat tersedia secara kontinu dan merata di daerah perakaran tanaman. Pada budidaya *microgreens*, fertigasi memberikan keuntungan berupa pengaturan konsentrasi nutrisi yang lebih presisi, peningkatan efisiensi penggunaan pupuk, serta mendukung pertumbuhan dan akumulasi mineral pada tanaman (Li *et al.*, 2021). Ketersediaan unsur hara yang optimal melalui fertigasi sangat penting mengingat fase pertumbuhan *microgreens* yang singkat membutuhkan suplai nutrisi yang cepat dan seimbang, pemberian

nutrisi pada budidaya *microgreens* mampu meningkatkan bobot segar dan kandungan unsur hara tanaman, sedangkan (Poudel *et al.*, 2023).

Metode *seed priming* atau perendaman benih sebelum tanam merupakan teknik perlakuan awal yang bertujuan mengaktifkan proses metabolisme benih sehingga mempercepat perkecambahan, meningkatkan vigor bibit, dan memperbaiki penyerapan unsur hara pada fase awal pertumbuhan. Pada tanaman *microgreens*, *seed priming* menjadi salah satu metode biofortifikasi yang menjanjikan karena unsur hara yang diserap benih dapat dengan cepat ditranslokasikan ke jaringan tanaman muda yang dipanen pada fase awal pertumbuhan (Poudel *et al.*, 2023). Selain meningkatkan kandungan mineral, teknik ini juga dapat meningkatkan kandungan senyawa antioksidan dan menurunkan kadar senyawa antinutrisi tertentu. *Seedpriming* Zn efektif meningkatkan akumulasi Zn dan kualitas nutrisi *microgreens*. Perlakuan perendaman benih dan pengelolaan nutrisi berpengaruh terhadap pertumbuhan serta kandungan mineral berbagai spesies *microgreens* (Li *et al.*, 2021).

## **BAB III**

### **MATERI DAN METODE**

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari 2026 – April 2026 di Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman Universitas Diponegoro. Sampel dianalisis di Laboratorium Fakultas Peternakan dan pertanian, Laboratorium Dasar, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, dan Laboratorium Terpadu Institut Pertanian Bogor, Bogor, Jawa Barat.

#### **3.1. Materi Penelitian**

Materi yang digunakan pada penelitian ini meliputi alat dan bahan. Bahan yang digunakan benih *microgreens* kangkung, akuades,  $\text{ZnSO}_4$  (*Zinc sulfate monohydrate*), dan *cocopeat*. Alat yang digunakan semprotan, kamera, timbangan analitik, wadah plastik, labu *erlenmeyer*, gelas ukur, gelas beaker, pipet, *thermohygrometer*, mortar alu, *light timer*, lampu T5 LED strip 4000K 9 watt, *hand sprayer*, alat tulis, dan laptop.

#### **3.2. Metode Penelitian**

##### **3.2.1. Rancangan percobaan**

Penelitian yang telah dilaksanakan dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Faktor pertama adalah konsentrasi Zn dengan 5 taraf, faktor kedua teknik aplikasi dengan 3 taraf, dengan 3 ulangan, sehingga terdapat 45 unit percobaan. Berikut merupakan faktor perlakuan :

Faktor pertama biofortifikasi zinc (Zn).

S0 (kontrol) : 0

S1 : 5 mg/l

S2 : 10 mg/l

S3 : 15 mg/l

S4 : 20 mg/l

Faktor kedua Teknik Aplikasi yang terdiri dari 3 taraf :

V1 : *Foliar spray*

V2 : Fertigasi

V3 : *Seed Priming*

### 3.2.2. Prosedur penelitian

**Persiapan penelitian** Tahap ini berupa penyiapan bahan tanam dan media tanam, persiapan peralatan, penyiapan nutrisi. Persiapan tempat tanam di *tray* ukuran 22 cm x 18 cm (luas *tray* 396 cm<sup>2</sup> atau 0,0396 m<sup>2</sup>). Persiapan media tanam menggunakan cocopeat yang telah disterilisasikan, diletakan di *tray*, lalu cocopeat dibasahi dengan air hingga lembab. Kemudian membuat larutan stok ZnSO<sub>4</sub> (*Zinc sulfate monohydrate*) dengan cara dilarutkan dalam 1 liter aquades dan konsentrasi ZnSO<sub>4</sub> disesuaikan dengan perlakuan. Persiapan benih kangkung dilakukan dengan cara menimbang benih seberat 25g/*tray*.

**Penanaman** benih berupa penyemaian benih kangkung menggunakan *tray* dan media tanam. *Microgreens* kangkung sebelum disemai, direndam ke dalam air hangat selama 1 jam untuk mengetahui kualitas benih. Tiap *growbox* terdapat satu

*tray*, lalu benih disemai dengan disebar, benih ke wadah *thinwall* yang telah terisi *cocopeat* dan disemprot dengan air menggunakan *sprayer*.

**Tahap perlakuan** berupa  $\text{ZnSO}_4$  (*Zinc sulfate monohydrate*) pada teknik *seed primming*, benih di rendam selama 30 menit dengan setiap perlakuan direndam dengan 11 larutan  $\text{ZnSO}_4$  yang sudah dibuat. Teknik fertigasi dilakukan pada 7 hst dengan konsentrasi larutan 150 ml, dan disiram langsung secara merata ke dalam *tray*. Teknik *foliar spray* dilakukan pada 9 hst, sejak daun sejati muncul dengan konsentrasi larutan 150 ml, dan disemprotkan menggunakan *hand sprayer* secara langsung ke daun.

**Pemeliharaan** berupa penyinaran menggunakan lampu T5 LED strip 4000K 9 watt 16:8 (16 jam terang/8 jam gelap) dan juga dilakukan penyiraman dengan *aquades* secara rutin pagi dan sore. Berdasarkan penelitian Thepsilvisut *et al.* (2023) *Microgreens* disemprot dengan air steril dua kali sehari, uji coba penanaman awal dan pemeriksaan visual, di mana sekitar *aquades* dituangkan langsung ke media tanam, dan nampan digoyang perlahan untuk mendistribusikan air secara merata.

**Pemanenan**, Tahap panen tanaman kangkung dilakukan setelah 10 HST, dilakukan dengan cara memotong bagian batang bawahnya untuk dilakukan uji sampel pada tanaman kangkung. Sepuluh hari setelah penanaman, mikrogeens dari setiap nampan dipanen dengan memotong bibit tepat di atas permukaan media pertumbuhan menggunakan pisau steril, dan digunakan untuk analisis hasil panen dan penilaian kualitas (Thepsilvisut *et al.*, 2023).

### 3.2.3. Parameter pengamatan

Pengamatan Penelitian akan dilaksanakan dalam beberapa tahapan yaitu Persiapan penelitian, penyemaian benih kangkung, pindah tanam tanaman kangkung. Pengambilan data parameter dilakukan pada 14 hst atau pada saat panen *microgreens*.

#### A. Pertumbuhan *Microgreens*

##### 1) Bobot Segar (g/396 cm<sup>2</sup>).

Bobot segar ditimbang setelah tahap pemanenan, dengan cara tanaman digunting pada bagian batang bawah pada setiap *tray*. Sampel ditimbang menggunakan timbangan analitik

##### 2) Bobot Kering (g/396 cm<sup>2</sup>)

Bobot kering tanaman dilakukan dengan sampel tanaman tiap satuan percobaan yang telah ditimbang bobot segarnya lalu dimasukkan ke amplop, selanjutnya sampel dioven selama 1x24 jam dengan suhu berkisar di 80°C dan dilanjutkan untuk ditimbang dengan timbangan analitik.

#### B. Komposisi Hasil *Microgreens*

##### 1) Analisis kandungan klorofil (mg/g) dan karotenoid (mg/g).

Analisis kandungan klorofil dan karotenoid dianalisis setelah panen menggunakan metode spektrofotometer UV – VIS. Sampel sebanyak 0,25 g dihaluskan, lalu diberi aseton 80% sebanyak 0,25 ml, yang dilarutkan dengan *aquades* sebanyak 25 ml. Ekstrak disaring dengan kertas *wheatman*, lalu dimasukkan dalam kuvet guna diukur absorbansinya. Panjang gelombang yang

digunakan yaitu 480 nm, 663 nm, dan 645 nm. Rumus perhitungan kadar klorofil berikut: (Hendri dan Price, 1993)

$$\text{Total Klorofil (mg/g)} = [20,2 A_{645} + 8,02 A_{663}] \times V/1000 \times 1/W$$

$$\text{Karotenoid (mg/g)} = \frac{[A_{480} + (0,114 \times A_{663})] - (0,638 \times A_{645} \times V.103)}{112,5 \times W}$$

Keterangan:

A<sub>480</sub> = absorbansi pada panjang gelombang 480 nm

A<sub>645</sub> = absorbansi pada panjang gelombang 645 nm

A<sub>663</sub> = absorbansi pada panjang gelombang 663 nm

V = volume dari ekstrak (mL)

W = berat basah dari sampel (g)

## 2) Analisis kandungan fenolik (mg GAE/g)

Kandungan fenolik diukur menggunakan metode folin ciocalteu melalui spektrofotometer UV-Vis. Kandungan fenolik ditetapkan dengan 1 mL ekstrak dilarutkan menggunakan 1 N *reagen folin ciocalteu* sebanyak 0,4 mL dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 7,5% sebanyak 2 mL. Larutan dihomogenkan dan diinkubasi pada suhu ruang selama 20 menit. Absorbansi diukur dengan panjang gelombang 734 nm melalui kuvet 3 mL. Nilai total fenol yang diperoleh dinyatakan dalam mg *Galic Acid Equivalent* (GAE)/g sampel dengan rumus menurut Singleton *et al.*, (1999) berikut:

$$\text{Total Fenol (mg GAE/g)} = \frac{a \times V_{\text{total}}}{\frac{1000}{G}}$$

Keterangan :

a = konsentrasi asam galat dalam sampel uji (mg/l).

V<sub>total</sub> = volume total larutan uji (mL)

G = berat ekstrak yang digunakan (g)

3) Kandungan Flavonoid (mg QE/g)

Analisis kandungan flavonoid pada penelitian ini mengacu pada metode Thamer *et al.* (2023) dengan modifikasi. Kandungan antioksidan diukur dengan spektrofotometer. Penetapan kandungan dilakukan dengan 0,50 g daun dan batang dihaluskan, kemudian dihomogenkan dengan etanol 96%. Larutan sampel dipipet sebanyak 0,2 ml dan ditambahkan 1 ml larutan DPPH 0,05 mM. Larutan dihomogenkan dan dibiarkan selama 30 menit di tempat gelap. Selanjutnya, larutan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 415 nm. Kandungan flavonoid total ditentukan berdasarkan nilai absorbansi sampel dan dinyatakan sebagai mg QE/g bahan segar menggunakan kurva standar quercetin menggunakan rumus (Chang *et al.*, 2002) :

$$\text{Kandungan flavonoid (mg QE/g)} = \frac{C \times V}{m}$$

Keterangan :

A = Konsentrasi flavonoid hasil pembacaan kurva standar (mg/l)

V = Volume ekstrak (L)

m = Bobot sampel (g)

4) Kadar Zn (mg/100g)

Tanaman kangkung diambil sampel pada saat tanaman panen dan dilakukan pengeringan, setelah pengeringan sampel dihancurkan hingga menjadi serbuk

halus. Selanjutnya, dilakukan destruksi basah dengan menggunakan asam kuat seperti  $\text{HNO}_3$  65% untuk melarutkan sampel menjadi larutan, sehingga semua bahan organik terurai dan Zn bebas dalam larutan. Larutan hasil destruksi ini dianalisis menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) pada panjang gelombang yang sesuai untuk Zn, biasanya sekitar 213,9 nm, yang menghasilkan nilai absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi Zn dalam larutan. Konsentrasi Zn dalam larutan hasil destruksi kemudian dikonversi menjadi kadar Zn per berat kering sampel (misal mg Zn per 100 gram sampel kering) dengan memperhitungkan volume larutan dan bobot sampel awal menggunakan rumus:

$$\text{Kadar Zn (mg/100g)} = \frac{C \times V}{M} \times 100$$

Keterangan:

C = konsentrasi Zn dalam larutan hasil destruksi (mg/mL atau mg/l)  
dari hasil

AASV = Volume larutan destruksi (mL atau L)

M = Massa sampel kering yang dianalisis (gram)

100 = Mengkonversi ke per 100 gram sampel

### 3.3.4. Analisis Data

Model linier yang menjelaskan setiap nilai pengamatan sesuai Percobaan

Faktorial 5x3 dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yaitu sebagai berikut:

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

Keterangan :

$Y_{ijk}$  = pengamatan pada suatu percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-i dari Konsentrasi biofortifikasi zinc (Zn) dan taraf ke-j dari berbagai Teknik aplikasi *microgreens*

$\mu$  = nilai rata-rata umum

$\alpha_i$  = Pengaruh faktor konsentrasi biofortifikasi Zn ke- $i$

$\beta_j$  = Pengaruh faktor teknik aplikasi ke- $j$

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Pengaruh interaksi antara konsentrasi Zn ke- $i$  dan teknik aplikasi ke- $j$

$\varepsilon_{ijk}$  = Galat percobaan

**Hipotesis statistik yang diuji yaitu:**

**1. Pengaruh Utama Faktor Konsentrasi Biofortifikasi Zinc (Zn)**

- $H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 0$

Tidak ada pengaruh perlakuan konsentrasi biofortifikasi Zinc (Zn) terhadap parameter yang diamati.

- $H_1$ : Paling sedikit ada satu  $\alpha_i \neq 0$  (untuk  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ )

Terdapat pengaruh perlakuan konsentrasi biofortifikasi Zinc (Zn) terhadap parameter yang diamati.

**2. Pengaruh Utama Faktor Teknik Aplikasi Biofortifikasi *Microgreens***

- $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$

Tidak ada pengaruh perlakuan perbedaan teknik aplikasi biofortifikasi *microgreens* terhadap parameter yang diamati.

- $H_1$ : Paling sedikit ada satu  $\beta_j \neq 0$  (untuk  $j = 1, 2, 3$ )

Terdapat pengaruh perlakuan perbedaan teknik aplikasi biofortifikasi *microgreens* terhadap parameter yang diamati.

### 3. Pengaruh Interaksi Konsentrasi Zinc (Zn) dan Teknik Aplikasi *Microgreens*

- $H_0: (\alpha\beta)_{ij} = 0$  untuk semua  $i$  dan  $j$  (atau  $(\alpha\beta)_{11} = (\alpha\beta)_{12} = \dots = (\alpha\beta)_{45} = 0$ )

Tidak ada pengaruh interaksi antara perlakuan konsentrasi biofortifikasi Zinc (Zn) dan perbedaan teknik aplikasi biofortifikasi *microgreens* terhadap parameter yang diamati.

- $H_1$ : Paling sedikit ada satu  $(\alpha\beta)_{ij} \neq 0$

Terdapat pengaruh interaksi antara konsentrasi biofortifikasi Zinc (Zn) dan perbedaan teknik aplikasi biofortifikasi *microgreens* terhadap parameter yang diamati.

### Analisis Statistik

Data yang diperoleh kemudian diolah dengan analisis *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan kemudian diuji lanjut DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5% untuk mengetahui perbedaan nilai tengah antar perlakuan. Ragram yang tidak homogen (koefisien keragaman > 20%) dilakukan transformasi.