

**KAJIAN PERTUMBUHAN, KANDUNGAN Zn, HASIL DAN
DAYA SIMPAN DUGAAN BENIH BEBERAPA VARIETAS
KEDELAI (*Glycine max* L.) AKIBAT APLIKASI
UNSUR HARA MIKRO Zinc (Zn)**

(Tesis)

Oleh
Eka Kusumawati
NPM 2324011007



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**KAJIAN PERTUMBUHAN, KANDUNGAN Zn, HASIL DAN
DAYA SIMPAN DUGAAN BENIH BEBERAPA VARIETAS
KEDELAI (*Glycine max* L.) AKIBAT APLIKASI
UNSUR HARA MIKRO Zinc (Zn)**

Oleh
Eka Kusumawati

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER PERTANIAN

Pada
Program Studi Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

KAJIAN PERTUMBUHAN, KANDUNGAN Zn, HASIL DAN DAYA SIMPAN DUGAAN BENIH BEBERAPA VARIETAS KEDELAI (*Glycine max* L.) AKIBAT APLIKASI UNSUR HARA MIKRO Zinc (Zn)

Oleh

Eka Kusumawati

Kedelai (*Glycine max* L.) merupakan sumber protein tinggi yang dapat membantu memenuhi kebutuhan gizi manusia dan merupakan salah satu komoditas pangan nasional ketiga setelah padi dan jagung di Indonesia. Aplikasi *zinc* pada tanaman kedelai selain menyediakan pangan yang bergizi secara kualitas dan kuantitas produktivitas dari kedelai merupakan upaya yang penting untuk menjaga ketahanan pangan nasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh aplikasi Zn terhadap pertumbuhan, hasil, viabilitas benih, dan kandungan Zn dalam kedelai pada beberapa varietas kedelai, yaitu Deja 1, Detap 1, dan Grobongan. penelitian dilaksanakan di kebun praktik Politeknik Negeri Lampung, menggunakan rancangan faktorial strip plot dengan tiga ulangan. perlakuan terdiri atas P0 (kontrol), P1 (*priming Zn*), P2 (*priming + foliar* dua kali pada fase vegetatif), P3 (*priming + foliar* dua kali pada fase generatif), dan P4 (*priming + foliar spray* dua kali fase vegetatif + dua kali *foliar spray* fase generatif). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi Zn, terutama dalam bentuk kombinasi priming Zn 0,5% dan foliar spray pada fase vegetatif maupun generatif (P2 dan P4), terbukti meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan hasil tanaman kedelai pada variabel tinggi tanaman (58,50 cm), jumlah daun (49,73 helai), jumlah polong (120,27 butir), jumlah biji (247,87 butir), dan bobot 100 butir (20,69 g). Terdapat pengaruh interaksi yang nyata dan signifikan antara aplikasi Zn dan varietas pada variabel tinggi tanaman 3–6 MST, jumlah daun 2–6 MST, jumlah polong dan jumlah biji, dan bobot 100 butir. Aplikasi Zn dengan priming foliar spray 0,5% fase vegetatif dan generatif meningkatkan persentase benih kedelai normal pada Varietas Detap 1 dan Grobongan dari 60 % meningkat hingga 84%

kata kunci: biofortifikasi agronomis, daya simpan, kedelai, hasil produksi, pertumbuhan tanaman, viabilitas benih, zinc,

ABSTRACT

A STUDY OF GROWTH, ZINC CONTENT, YIELD, AND ESTIMATED SEED SHELF LIFE OF SEVERAL SOYBEAN VARIETIES (*Glycine max* L.) DUE TO ZINC (ZN) MICRONUTRIENT APPLICATION

By

EKA KUSUMAWATI

Soybean (*Glycine max* L.) is a high-protein food source that helps meet human nutritional needs and is the third most important national food commodity in Indonesia after rice and maize. Zinc application in soybean cultivation, in addition to improving the nutritional quality and quantity of soybean production, is an important effort to maintain national food security. This study aimed to evaluate the effects of Zn application on growth, yield, seed viability, and Zn content in several soybean varieties, namely Deja 1, Detap 1, and Grobogan. The research was conducted at the practice field of the Lampung State Polytechnic using a factorial strip-plot design with three replications. The treatments consisted of P0 (control), P1 (Zn priming), P2 (priming + two foliar sprays during the vegetative phase), P3 (priming + two foliar sprays during the generative phase), and P4 (priming + two foliar sprays during the vegetative phase + two foliar sprays during the generative phase). The results showed that Zn application, particularly the combination of 0.5% Zn priming and foliar spraying during the vegetative and generative phases (P2 and P4), significantly enhanced vegetative growth and soybean yield, as indicated by plant height (58,50 cm), number of leaves (49,73 strands), number of pods (120,27 grains), number of seeds (247,87 grains), and 100-seed weight (20,69 g). A significant interaction effect between Zn application and variety was observed for plant height at 3–6 weeks after planting (WAP), number of leaves at 2–6 WAP, number of pods, number of seeds, and 100-seed weight. Zn application through 0.5% priming and foliar spraying during both vegetative and generative phases increased the percentage of normal soybean seeds in the Detap 1 and Grobogan varieties from 60 % to 84 %.

Keywords: agronomic biofortification, seed storability, soybean, plant growth, viability, yield, zinc

Judul Tesis : **KAJIAN PERTUMBUHAN, KANDUNGAN Zn, HASIL DAN DAYA SIMPAN DUGAAN BENIH BEBERAPA VARIETAS KEDELAI (*Glycine max L.*) AKIBAT APLIKASI UNSUR HARA MIKRO Zinc (Zn)**

Nama Mahasiswa : **Eka Kusumawati**

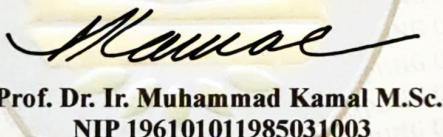
Nomor Pokok Mahasiswa : 2324011007

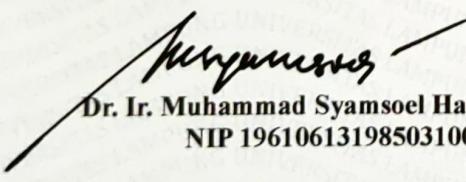
Program Studi : Magister Agronomi

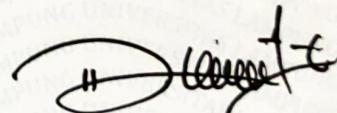
Fakultas : Pertanian

Menyetujui

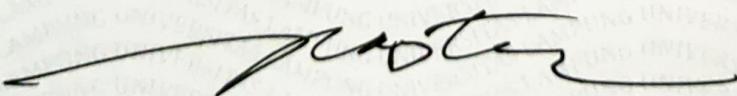
1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal M.Sc.
NIP 196101011985031003


Dr. Ir. Muhammad Syamsoel Hadi, M.Sc.
NIP 196106131985031002

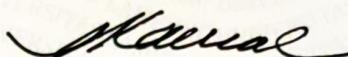

Dr. RA. Diana Widayastuti, S.P., M.Si.
NIP 198104132008122001

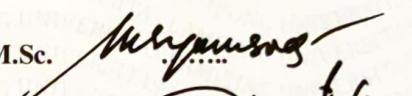
2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

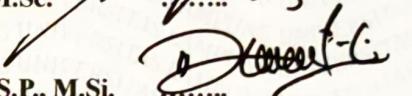

Prof. Dr. Ir. Paul B. Timotiwu, M.S.
NIP 196209281987031001

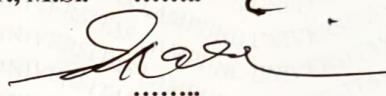
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji:

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

Sekretaris 1 : **Dr. Ir. M. Syamsoel Hadi, M.Sc.** 

Sekretaris 2 : **Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si.** 

Penguji 1 : **Dr. Ir. Eko Pramono, M.S.** 

Bukan Pembimbing : **.....**

2. Dekan Fakultas Pertanian



3. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung



Tanggal Lulus Ujian Tesis : 11 Desember 2025

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan sebenarnya bahwa :

1. Tesis dengan judul "**KAJIAN PERTUMBUHAN, KANDUNGAN Zn, HASIL DAN DAYA SIMPAN DUGAAN BENIH BEBERAPA VARIETAS KEDELAI (*Glycine max L.*) AKIBAT APLIKASI UNSUR HARA MIKRO ZINC (Zn)**" adalah hasil karya saya sendiri dan 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.
2. Pembimbing penulis tesis ini berhak mempublikasikan sebagian atau seluruhnya pada jurnal dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya.
3. Hal intelektual hasil karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya pada Universitas Lampung.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terbukti ketidakbenaran maka saya bersedia menerima akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, Desember 2025
Pembuat Pernyataan,



Eka Kusumawati
NPM. 2324011007

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lampung Tengah pada 02 Desember 1984 sebagai anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Sutarno, S.Pd, M.M.Pd dan Ibu Suratmi S.Pd. Jenjang pendidikan yang ditempuh penulis yaitu Pendidikan Sekolah Dasar di Sekolah Dasar Negeri 1 Gunung Sugih Kecil, Lampung Tengah diselesaikan tahun 1996. Selanjutnya melanjutkan pendidikan di Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama Negeri 1 Jabung, Lampung Tengah diselesaikan tahun 1999, selanjutnya menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Umum Negeri 4 Bandar Lampung pada tahun 2002.

Pada tahun 2002 penulis diterima sebagai mahasiswa Politeknik Negeri Lampung, Jurusan Teknologi Pertanian pada Program Studi Teknologi Pangan diselesaikan pada tahun 2005. Tahun 2006 melanjutkan jenjang pendidikan Strata-1 (S1) pada Universitas Muhammadiyah Malang Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian lulus pada tahun 2008, setelah lulus pendidikan Strata-1 (S1) kemudian tahun 2009 sampai dengan April 2014 bekerja di Management Simpur Center Mall. Pada bulan Mei 2014 penulis mulai bekerja Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Lampung pada UPTD Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Lampung hingga saat ini.

Pada bulan Agustus 2023, penulis diterima sebagai mahasiswa Magister Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Keputusan memilih bidang agronomi dilatarbelakangi karena penulis bekerja di UPTD Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Sebagai Pengawas Benih

Tanaman. Penulis menyakini bahwa pentingnya ilmu agronomi dalam menunjang pekerjaan sebagai Pengawas Benih Tanaman untuk memperkuat keilmuan mengenai tanaman pangan dan tanaman hortikultura baik dari aspek fisiologi, budidaya dan penyakit tanaman.

*“Sabar adalah kunci untuk melewati setiap rintangan
Berserah bukan berarti menyerah, melainkan bersiap untuk
menghadapi setiap hal dengan bijaksana”*
(Motto Hidup)

"Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan.

Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan,"

(QS. Al-Insyirah ayat 5-6)

"Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan salat. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar." (Q.S Al-Baqarah: 153)

SANWACANA

Puji Syukur penulis ucapkan ke- hadirat ALLAH SWT, karena atas Rahmat dan hidayah-Nya tesis ini dapat diselesaikan. Tesis dengan judul "**Kajian Pertumbuhan, Kandungan Zn, Hasil Dan Daya Simpan Dugaan Benih Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine Max L.*) Akibat Aplikasi Unsur Hara Mikro Zinc (Zn)**" adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Pertanian di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih 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 memberikan ide dalam penelitian ini serta ilmu yang bermanfaat, motivasi, nasihat, arahan dan kesediaan dalam meluangkan waktu dalam proses penyelesaian tesis.
6. Dr. Ir. Muhammad Syamsoel Hadi, M.Sc, selaku pembimbing kedua yang telah membimbing, memberikan motivasi, nasihat dan saran yang bermanfaat dalam menyelesaikan rangkaian tesis ini.
7. Dr. RA. Diana Widayastuti S.P., M.Si., selaku pembimbing ketiga yang telah membimbing, memberikan semangat, saran dan ide yang berguna dalam menyempurnakan tesis

8. Dr. Ir. Eko Pramono, M.S, selaku Penguji sekaligus pembimbing selalu membimbing, mengarahkan dan memberikan ide dalam menyelesaikan tesis.
9. Prof. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc., selaku Pembimbing Akademik Atas semua arahan dan motivasi dalam penyelesaian tesis.
10. Seluruh Dosen Program Studi Magister Agronomi atas semua Ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa.
11. Orang tuaku bapak, ibu dan adik sebagai penyemangat dalam penyelesaian tesis ini atas semua dukungan, semangat, doa dan bantuannya
12. Suami dan anakku yang telah memberikan dukungan, semangat dan bantuannya selama penelitian berlangsung.
13. Rekan – rekan BPSB TPH Provinsi Lampung yang telah membantu dan memberikan semangatnya dalam penyelesaian tesis
14. Bapak Iqbal, Pak Syukur, Pak Sikin, dan Mas Rahman yang telah membantu dilahan penelitian Polinela sehingga berjalan dengan lancar.
15. Karyawan-karyawati di Program Studi Magister Agronomi, Mbak Fitri, Mas Edi, dan Mas Udin yang telah memberikan bantuan dan kerjasama dalam menyelesaikan studi .
16. Bapak, Ibu, mbak, mas, adik dan kawan-kawan seperjuangan agronomi angkatan 2023 terimakasih atas kebersamaannya selama ini, dorongan semangat dan bantuannya.
17. Almamater tercinta dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis dalam menyusun tesis.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, Desember 2025

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Kerangka Pemikiran	5
1.5. Hipotesis	9
II. TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Tanaman Kedelai	10
2.1.1. Morfologi Tanaman Kedelai.....	11
2.1.2. Fase Vegetatif	11
2.1.3. Fase Generatif	12
2.2. Lingkungan Tumbuh untuk Tanaman Kedelai	15
2.3. Peran dan Dampak Kekurangan Zinc pada Tanaman.....	16
2.4. Dampak Kekurangan Zinc pada Kesehatan Manusia.....	17
2.5. Dugaan Penyimpanan dengan Penderaan Etanol	18
III. BAHAN DAN METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Percobaan I: Pengaruh aplikasi Zinc (Zn) terhadap pertumbuhan, kandungan Zn, hasil beberapa varietas kedelai (<i>Glycine max L.</i>).....	20
3.1.1. Tempat dan Waktu	20
3.1.2. Alat dan Bahan	20
3.1.3. Rancangan Percobaan	21
3.1.4. Pelaksanaan Penelitian	23
3.1.5. Variabel Pengamatan	26
3.2. Percobaan II: Pengaruh aplikasi Zinc (Zn) terhadap daya simpan dugaan varietas benih beberapa varietas kedelai (<i>Glycine max L.</i>) dengan metode pengusangan cepat (MPC)	29
3.2.1 Tempat dan Waktu	29
3.2.2. Alat dan Bahan	29
3.2.3 Rancangan Percobaan.....	29
3.2.4. Pelaksanaan Penelitian	31

3.2.5. Variabel Pengamatan	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Hasil Penelitian	35
4.1.1. Karakteristik Kimia Tanah Lokasi Penelitian	35
4.1.2. Hasil Percobaan 1	36
4.1.3. Hasil Percobaan 2	56
4.2. Pembahasan	60
V. KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik Pertumbuhan Vegetatif pada Tanaman Kedelai.....	14
2. Karakteristik pertumbuhan generatif pada tanaman kedelai.....	15
3. Analisis kimia tanah lokasi penelitian	35
4. Analisis ragam pengaruh aplikasi Zn terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas kedelai.....	37
5. Pengaruh aplikasi zinc pada tinggi tanaman 2 MST pada beberapa varietas kedelai	38
6. Pengaruh aplikasi zinc pada tinggi tanaman 3 MST pada beberapa varietas kedelai	39
7. Pengaruh aplikasi zinc pada tinggi tanaman 4 MST pada beberapa varietas kedelai	40
8. Pengaruh aplikasi zinc pada tinggi tanaman 5 MST pada beberapa varietas kedelai	41
9. Pengaruh aplikasi zinc pada tinggi tanaman 6 MST pada beberapa varietas kedelai	42
10. Pengaruh aplikasi zinc pada jumlah daun 2 MST pada beberapa varietas kedelai	43
11. Pengaruh aplikasi zinc pada jumlah daun 3 MST pada beberapa varietas kedelai	44
12. Pengaruh aplikasi zinc pada jumlah daun 4 MST pada beberapa varietas kedelai	45

13. Pengaruh aplikasi zinc pada jumlah daun 5 MST pada beberapa varietas kedelai	46
14. Pengaruh aplikasi zinc pada jumlah daun 6 MST pada beberapa varietas kedelai	47
15. Pengaruh aplikasi zinc terhadap tingkat kehijauan daun, pada beberapa varietas kedelai.....	48
16. Pengaruh aplikasi zinc terhadap laju fotosintesis, laju transpirasi, dan konduktivitas stomata pada beberapa varietas kedelai.....	49
17. Pengaruh aplikasi zinc terhadap jumlah polong pada beberapa varietas kedelai.....	52
18. Pengaruh aplikasi zinc terhadap jumlah biji pada beberapa varietas kedelai.....	53
19. Pengaruh aplikasi zinc terhadap bobot 100 butir pada beberapa varietas kedelai.....	54
20. Pengaruh aplikasi zinc terhadap bobot biji per tanaman	55
21. Rekapitulasi analisis ragam pengaruh aplikasi Zn terhadap daya simpan dugaan varietas benih beberapa varietas kedelai.....	57
22. Pengaruh aplikasi Zn terhadap persentase benih normal beberapa varietas kedelai	58
23. Pengaruh aplikasi Zn terhadap persentase benih abnormal beberapa varietas kedelai	59
24. Pengaruh aplikasi Zn terhadap persentase benih mati beberapa varietas kedelai	60
25. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap tinggi tanaman 2 MST pada beberapa varietas kedelai	80
26. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap tinggi tanaman 3 MST pada beberapa varietas kedelai	80
27. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap tinggi tanaman 4 MST pada beberapa varietas kedelai	80

28. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap tinggi tanaman 5 MST pada beberapa varietas kedelai	81
29. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap tinggi tanaman 6 MST pada beberapa varietas kedelai	81
30. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap jumlah daun 2 MST pada beberapa varietas kedelai	82
31. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap jumlah daun MST pada beberapa varietas kedelai	3 82
32. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap jumlah daun 4 MST pada beberapa varietas kedelai	83
33. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap jumlah daun 5 MST pada beberapa varietas kedelai	83
34. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap jumlah daun 6 MST pada beberapa varietas kedelai	83
35. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap jumlah polong pada beberapa varietas kedelai.....	84
36. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap jumlah biji pada beberapa varietas kedelai.....	84
37. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap Bobot 100 Butir pada beberapa varietas kedelai.....	84
38. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap Bobot biji per tanaman Butir pada beberapa varietas kedelai	85
39. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap Tingkat Kehijauan daun pada beberapa varietas kedelai	85
40. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap Laju fotosintesis pada beberapa varietas kedelai.....	85
41. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap laju transpirasi pada beberapa varietas kedelai.....	86
42. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap konduktivitas stomata pada beberapa varietas kedelai	86

43. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap persentase benih normal pada beberapa varietas kedelai	86
44. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap Persentase benih abnormal pada beberapa varietas kedelai.....	87
45. Analisis ragam pengaruh aplikasi zinc terhadap Benih mati pada beberapa varietas kedelai.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan Kerangka Pemikiran	8
2. Tata letak percobaan 1.....	22
3. Tata Letak Percobaan 2	31
4. Skema tata cara penderaan benih dengan uap jenuh etanol.....	32
5. Kriteria perkecambahan pada kedelai	34
6. Pengaruh aplikasi zinc terhadap laju transpirasi pada beberapa varietas kedelai.....	50
7. Pengaruh aplikasi zinc terhadap konduktivitas stomata pada beberapa varietas kedelai	50
8. Pengaruh aplikasi zinc terhadap kandungan Zn pada berbagai varietas kedelai.....	56

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kedelai (*Glycine max L.*) merupakan sumber protein tinggi yang dapat membantu memenuhi kebutuhan gizi manusia dan merupakan salah satu komoditas pangan nasional ketiga setelah padi dan jagung di Indonesia. Berdasarkan neraca pangan nasional, total produksi kedelai dalam negeri tahun 2022 mencapai 301 ribu ton, sedangkan total kebutuhan nasional mencapai 2,8 juta ton, artinya kebutuhan kedelai masih defisit sekitar 2,5 juta ton. Kebutuhan tersebut masih harus dipenuhi dari importasi. Produksi kedelai yang belum memenuhi kebutuhan nasional disebabkan tantangan kurangnya minat petani dalam menanam kedelai, produktivitas kedelai yang rendah dan nilai jual kedelai yang murah dibandingkan komoditas pertanian lainnya.

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia berpengaruh pada kebutuhan bahan pangan, termasuk kedelai. Kedelai adalah sumber protein nabati yang penting karena kandungan gizinya yang tinggi, aman dikonsumsi, dan harganya lebih terjangkau dibandingkan protein hewani. Di Indonesia, kedelai biasa diolah menjadi tempe, tahu, kecap, tauco, susu kedelai, serta berbagai makanan ringan. Kedelai memiliki banyak manfaat kesehatan, seperti menjadi sumber protein. Nabati yang baik, mengandung serat yang baik untuk pencernaan, serta kaya akan nutrisi seperti zinc zat besi, kalsium, dan vitamin. Kedelai juga diketahui dapat membantu menurunkan risiko penyakit jantung, menopause, dan osteoporosis. Status gizi balita di Indonesia periode 2019-2022 berkisar dengan rata-rata 24,5%.

Angka stunting pada balita di Indonesia masih menjadi permasalahan yang serius karena angka prevalensinya yang masih diatas 20 % (Kemenkes RI, 2022).

Dalam upaya ketersediaan pangan pemerintah dalam mewujudkan ketahanan pangan bagi masyarakat dan penanganan stunting pada balita. Penyediaan pangan yang bersifat fungsional yang mengandung komponen biotik yang memberikan efek fisiologis multifungsi bagi tubuh. Dalam menurunkan angka stunting pada balita diupayakan dengan biofortifikasi *zinc* pada kedelai. Kekurangan *zinc* dalam tubuh dapat memiliki beberapa dampak negatif seperti masalah gangguan pertumbuhan dan perkembangan fisik dan mental.

Tanaman kedelai (*Glycine max* L.) mudah mengalami kerontokan bunga terjadi akibat interaksi faktor fisiologis, genetik, lingkungan, serta pengelolaan budidaya tanaman. Rontoknya bunga pada tanaman kedelai secara fisiologis disebabkan oleh ketidakseimbangan hormon tanaman, khususnya tingginya kandungan etilen yang memacu proses abscission (gugur organ), rendahnya hormon auksin dan giberelin yang berperan dalam menjaga bunga dan polong tetap melekat. Kandungan hormon sitokin juga memiliki peran penting dalam regulasi pembentukan dan perkembangan bunga serta polong. Kadar sitokin menurun atau aktivitas hormon asimilat turun pada fase reproduktif, maka tingkat keguguran bunga akan meningkat secara signifikan (Ali dkk ., 2019).

Aplikasi *zinc* pada tanaman kedelai selain menyediakan pangan yang bergizi secara kualitas dan kuantitas produktivitas dari kedelai merupakan upaya yang penting untuk menjaga ketahanan pangan nasional. Produktivitas dari tanaman sangat didukung oleh ketersediaan hara yang baik. Pertumbuhan tanaman sangat membutuhkan unsur-unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro yang dibutuhkan seperti, C, H, O, N, S, Mg, P, K dan Ca. Sedangkan unsur hara mikro yang dibutuhkan tanaman seperti, Fe, Zn, Cu, Mo dan Mn. Unsur hara N diperlukan tanaman kedelai pada awal pertumbuhan untuk pertumbuhan bintil akar. Untuk itu, tanaman kedelai memerlukan hara N, P, dan K dalam jumlah banyak untuk mencapai produktivitas yang optimal. *Zinc* (Zn) merupakan unsur

hara mikro yang diperlukan semua tanaman karena berperan penting dalam berbagai proses metabolisme (Singh dkk., 2018). Konsentrasi yang lebih tinggi Zn juga dapat menyebabkan toksitas pada tanaman, sehingga diperlukan penelitian sistematis yang dirancang dengan baik untuk menentukan ambang batas toksitas Zn dapat memiliki keunggulan.

Dalam keberhasilan budidaya perlu menggunakan benih yang bermutu dalam proses budidayanya. pengolahan benih kedelai dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan, sehingga terjadinya perbedaan komponen dan karakter didalamnya. Faktor genetik yang perlu diperhatikan adalah penggunaan varietas unggul. Faktor lingkungan meliputi iklim, tanah, ketinggian, cahaya, pengelolaan air serta pengelolaan gulma, hama, dan penyakit. Penerapan budidaya yang baik dianjurkan dengan biftifikasi zinc dengan cara eksogen diharapkan mampu meningkatkan kualitas benih kedelai. Penelitian ini menggunakan 3 varietas unggul kedelai yakni varietas Deja 1, Detap 1, dan Grobogan.

Kedelai merupakan benih yang berlemak dan protein tinggi sehingga benih didaerah Indonesia dengan iklim tropis lebih cepat mengalami kemunduran yang cepat. Benih kedelai sebelum disimpan viabilitasnya masih tinggi, karena belum mengalami kemunduran. Benih akan menurun setelah disimpan, karena setiap organisme akan mengalami penuaan. Sadjad (1980) menyatakan bahwa periode simpan akan berpengaruh terhadap viabilitas benih, penurunan viabilitas seiring dengan pertambahan waktu.

Benih kedelai cepat mengalami kemunduran (deteriorasi) didalam penyimpanan, disebabkan kandungan lemaknya (16%), dan protein yang relatif tinggi (37%). Pengaplikasian zinc dapat memperbaiki kualitas fisiologi dengan meningkatkan vigor dan viabilitas benih kedelai melalui perannya dalam sintesis enzim antioksidan, superokida dismutase (SOD) dan katalase. Enzim ini melindungi biji dari stress oksidatif selama penyimpanan, sehingga memperpanjang daya simpan (Singh, A.K *et al.*, 2022). Jurnal yang menunjukkan tentang penggunaan zinc dalam ketahanan dalam penyimpanannya benih belum banyak dilaporkan

untuk itu diperlukan penelitian lebih lanjut dengan metode pengusangan cepat (MPC).

Metode pengusangan cepat (MPC) merupakan metode pendugaan mutu benih. Mutu benih yang dapat diketahui pada metode ini berkaitan dengan pendugaan daya simpan benih (Rasyid, 2012). Menurut Widajati dkk. (2013) pengusangan cepat merupakan suatu metode devigorasi benih secara cepat yang dapat digunakan untuk menduga daya simpan benih dengan pengusangan cepat menggunakan cairan kimia (etanol).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka penelitian ini dilakukan untuk dapat menjawab berbagai masalah sebagai berikut:

1. Apakah aplikasi zinc berpengaruh terhadap pertumbuhan, hasil, kandungan zinc tanaman kedelai (*Glycine max L.*)?
2. Apakah perbedaan varietas berpengaruh pada pertumbuhan, hasil, dan kandungan zinc tanaman kedelai (*Glycine max L.*)?
3. Apakah terdapat pengaruh interaksi aplikasi zinc dan varietas terhadap pertumbuhan, hasil, dan kandungan zinc tanaman kedelai (*Glycine max L.*)?
4. Apakah terdapat pengaruh aplikasi zinc prapanen terhadap daya simpan dugaan benih beberapa varietas kedelai (*Glycine max L.*) dengan metode pengusangan cepat (MPC)?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah, tujuan dari penelitian ini terdapat dua percobaan yang saling terkait, yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh aplikasi zinc pada pertumbuhan, hasil, dan kandungan zinc tanaman kedelai(*Glycine max L.*)
2. Mengetahui pengaruh varietas pada pertumbuhan, hasil, dan kandungan zinc tanaman kedelai (*Glycine max L.*)
3. Mengetahui pengaruh interaksi aplikasi zinc dan varietas pada pertumbuhan, hasil, dan kandungan zinc tanaman kedelai (*Glycine max L.*)

4. Mengetahui pengaruh aplikasi zinc prapanen terhadap daya simpan dugaan benih beberapa varietas kedelai (*Glycine max L.*) dengan metode pengusangan cepat (MPC)

1.4. Kerangka Pemikiran

Kedelai (*Glycine max L.*) merupakan salah satu komoditas pertanian yang menjadi sumber protein nabati utama bagi masyarakat Indonesia. Kedelai juga merupakan komoditas yang mendukung ketahanan pangan di Indonesia setelah padi dan jagung. Komoditas ini merupakan sumber protein, lemak dan vitamin A, E, K, serta beberapa jenis vitamin B, dan mineral K, Fe, Zn dan P. Kandungan zinc pada kedelai yaitu kedelai $45,15 \pm 3,64 \mu\text{g/g}$ dan kebutuhan tubuh akan Zn pada anak-anak antara 5 sampai dengan 10 mg/ hari (Mulyaningsih., 2013).

Kandungan *zinc* pada biji kedelai umumnya berada pada kisaran 3-5 mg per 100 gram. Kedelai adalah sumber mineral penting termasuk zinc, yang berperan dalam mendukung fungsi enzim, sistem imun, dan proses metabolisme tubuh. Namun, jumlah tepatnya dapat bervariasi tergantung pada varietas kedelai, kondisi tanah, dan metode pengolahan

Manfaat kedelai bagi kesehatan masyarakat Indonesia termasuk sebagai sumber protein nabati yang baik, mengandung serat yang membantu pencernaan ini kurangnya pola makan yang beragam dan kekurangan gizi karena kelaparan menyebabkan stunting kekurangan zat gizi mikro Fe dan Zn yang sangat penting untuk berbagai proses metabolism, sering terjadi pada anak-anak (Kumar.,2019). Kekurangan *zinc* asupan menyebabkan rendahnya system imunitas (kekebalan tubuh) selain itu berperan memelihara fungsi indra penciuman dan pengecap serta dibutuhkan dalam biositesis DNA asam deoksiribonukleat (Mulyaningsih., 2013).

Penurunan produksi kedelai disebabkan penyempitan lahan tanam, kurangnya minat petani minat menanam kedelai karena produktivitas rendah, harga jual kedelai yang rendah dibanding komoditas lain dan budidaya dan pasca panen kedelai lebih rumit dibanding tanaman pangan lainnya. Dalam keberhasilan budidaya perlu menggunakan benih yang bermutu dalam proses budidayanya.

Dalam pengolahan benih kedelai dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan, sehingga terjadinya perbedaan komponen dan karakter didalamnya. Faktor genetik yang perlu diperhatikan adalah penggunaan varietas unggul. Faktor lingkungan meliputi iklim, tanah, ketinggian, cahaya, pengelolaan air serta pengelolaan gulma, hama, dan penyakit. penelitian ini menggunakan 3 varietas unggul kedelai yakni: Varietas Deja 1, Detap 1 dan Grobogan

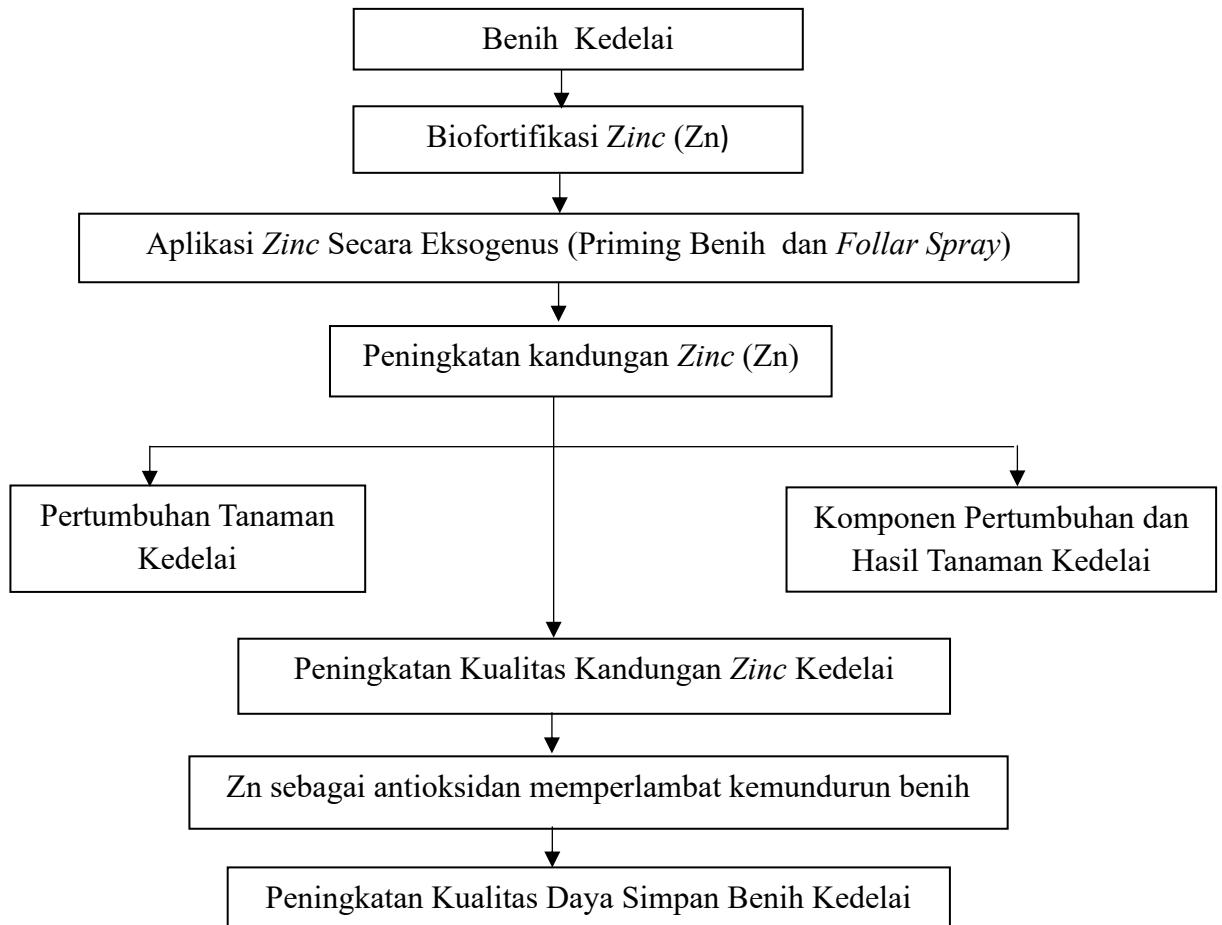
Zinc adalah mikronutrien esensial yang memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman termasuk kedelai. Peran *zinc* yang dinamis dalam metabolisme protein, pembentukkan karbohidrat, regulasi hormon IAA, berperan sebagai komponen utama penyusun enzim penting, proteinase dan dehidrogenase. *Zinc* juga mempercepat pemasakan benih, produksi dan pembentukkan pati (Fageria, 2002). Pengaplikasian semprot ZnSO₄ dengan konsentrasi 0,5% pada kedelai, baik untuk pertumbuhan dan hasil kedelai (Yadav *et al.*, 2021). Pada penelitian yang dilakukan oleh Han ule *et al.*, 2024 Gabungan asam amino dan Zn pada daun berkontribusi terhadap peningkatan akumulasi Zn dalam biji – bijian. Penerapan pupuk daun Zn 0,5%(b/v) pada tahap pertumbuhan akhir tanaman menghasilkan peningkatan Zn yang lebih yang lebih besar pada bagian biji-bijian yang menunjukkan teknik ini maksimal dapat meningkatkan akumulasi Zn (Cakmak *et.al.*, 2010)

Kalium (K) merupakan unsur hara makro yang penting untuk pertumbuhan tanaman, metabolisme dan hasil. Fungsi dari kalium dalam hubungannya dengan air tanaman berfungsi adalah berperan mengatur tekanan osmotik, mempertahankan tekanan turgor tanaman, fotosintesis, translokasi fotosintat, dan sebagai pengaktif enzim dalam proses pembentukan pati dan protein (Fahri & Khairani, 2023). Kalium juga berperan sebagai agen katalis dalam proses metabolisme tanaman, seperti: meningkatkan aktivasi enzim, mengurangi kehilangan air transpirasi melalui pengaturan stomata, meningkatkan produksi adenosine triphosphate (ATP), membantu translokasi hasil asimilasi (asimilat), serta meningkatkan serapan N dan sintesis protein. K mengaktifkan lebih dari 80 enzim dan terlibat dalam proses fisiologis seperti fotosintesis dan regulasi stomata (Perelman *et al.*, 2022).

Zinc adalah unsur hara mikro essensial yang berperan dalam proses metabolisme karbohidrat, asam nukleat dan aktivator enzim, selain itu *zinc* juga meningkatkan serapan kalium dan kualitas pada benih. Pada manusia zinc berperan dalam mengatasi masalah stunting. Kebutuhan *zinc* pada tanaman yang cukup dapat memperbaikai pertumbuhan tanaman, meningkatkan penyerapan kalium yang essensial untuk fotosintesis, penyerapan nutrisi dan regulasi air. Zn adalah kofaktor penting bagi SOD, enzim yang melindungi sel dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh ROS (*Reactive Oxygen Species*). SOD merupakan enzim antioksidan yang berperan dalam melindungi sel dari gangguan oksidan (radikal bebas). SOD mengubah anion superokksida menjadi hidrogen perokksida dan oksigen. Dengan meningkatnya aktivitas SOD membantu mengurangi stres oksidatif, menjaga integritas sel, dan meningkatkan viabilitas benih. Zn juga memperlambat kemunduran benih selama penyimpanan dengan mengurangi kerusakan oksidatif, memastikan benih tetap dalam kondisi optimal untuk perkecambahan dan pertumbuhan awal tanaman. Dengan demikian aplikasi Zn diharapkan memperbaiki kesehatan tanaman, meningkatkan aktivitas antioksidan, dan menghasilkan benih berkualitas tinggi dengan daya simpan yang lebih lama dengan konsentrasi dan waktu yang tepat.

Dalam upaya peningkatan kandungan nutrisi pada komoditas pangan adanya gagasan ide biofortifikasi pangan. Biofortifikasi secara agronomis bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi dari target nutrisi yang akan ditingkatkan kandungannya kedalam porsi makan (*edible portion*) dari komoditas pangan. Mineral yang ditargetkan peningkatannya terkandung di dalam porsi makan komoditas dan mampu dijadikan asupan makanan. Aplikasi biofortifikasi agronomis dilakukan melalui tanah (pemupukan), aplikasi penyepiran melalui daun, *priming* benih, dan budidaya tanpa tanah (Bhardwaj *et al.*, 2022). Dua jenis biofortifikasi yaitu aplikasi penyemprotan melalui *priming benih* dan daun (*foliar application*). *Priming* benih merupakan suatu kegiatan menghidrasi benih merendam secara perlahan pada larutan tertentu sebelum nantinya benih akan dikecambahkan. Tujuan dengan menghidrasi benih yaitu untuk meningkatkan vigor benih tanaman yang di *priming* tersebut. Vigor benih meningkat sebagai

efek dari metabolisme di dalam benih yang aktif. Adapun diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Bagan Kerangka Pemikiran

1.5. Hipotesis

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

1. Aplikasi zinc (zn) berpengaruh terhadap pertumbuhan, hasil dan kandungan zinc tanaman kedelai (*Glycine max L.*).
2. Perbedaan varietas berpengaruh terhadap pertumbuhan, hasil dan kandungan zinc tanaman kedelai (*Glycine max L.*).
3. Terdapat pengaruh interaksi antara aplikasi zinc dan varietas terhadap pertumbuhan, hasil dan kandungan zinc tanaman kedelai (*Glycine max L.*).
4. Pengaruh aplikasi zinc prapanen terhadap daya simpan dugaan benih kedelai dengan metode pengusangan cepat (MPC) tergantung varietas kedelai.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Kedelai

Berdasarkan United Stated Departement of Agriculture (2023) klasifikasi tanaman kedelai adalah sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Sub Kingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Super Divis	: <i>Spermatophyta</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Sub Kelas	: <i>Rosidae</i>
Ordo	: <i>Fabales</i>
Famili	: <i>Fabaceae</i>
Genus	: <i>Glycine</i>
Spesies	: <i>Glycine max</i> (L.) Merr.

Tanaman kedelai memiliki morfologi berupa akar, batang, daun, bunga, polong, dan biji. Akar kedelai berupa akar tunggang dengan akar sekunder berupa akar serabut yang tumbuh pada akar tunggang dan akar cabang yang tumbuh dari akar sekunder (Adisarwanto, 2009). Akar kedelai muncul dari belakang kulit biji di sekitar mesofil menjadi calon akar yang kemudian tumbuh kedalam tanah. Akar kedelai mampu bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium japonicum* dan membentuk bintil akar. Bintil akar berperan dalam proses fiksasi N₂ udara menghasilkan N yang dibutuhkan untuk pertumbuhan kedelai.

2.1.1. Morfologi Tanaman Kedelai

Pertumbuhan kedelai dibagi dalam fase vegetatif dan fase generatif. Fase vegetatif diawali dengan perkecambahan, kemudian fase kotiledon, fase pembentukan buku ke1, Fase generatif ditandai dengan muncul bunga, pembentukan polong, pengisian polong, hingga polong masak penuh. Suhu optimum pertumbuhan vegetatif kedelai 23-26 °C. Suhu yang panas mampu menghambat pertumbuhan kedelai dikarenakan enzim RuBisCO mengikat banyak oksigen dengan semakin meningkatnya suhu sehingga memacu fotorespirasi yang menyebabkan kehilangan karbon dan nitrogen sehingga mampu menghambat pertumbuhan (Taufiq dan Sundari, 2012).

2.1.2. Fase Vegetatif

a. Akar

Sistem perakaran pada kedelai memiliki ciri khas dimana akar kedelai bersimbiosis dengan bakteri akar *Rhizobium japonicum* yang menyebabkan terbentuknya bintil akar. Bintil akar berperan penting dalam proses fiksasi nitrogen. Nitrogen yang dihasilkan ini dibutuhkan oleh tanaman kedelai untuk pertumbuhan dan perkembangannya (Sumarno, 2016). Sistem perakaran kedelai terdiri dari dua macam, yaitu akar tunggang dan akar sekunder (serabut) yang tumbuh dari akar tunggang. Pada cekaman tertentu seperti kadar air tanah yang terlalu tinggi, kedelai akan membentuk akar adventif yang tumbuh dari bawah hipokotil. Perkembangan akar kedelai dipengaruhi oleh kondisi kimia dan fisik tanah, cara pengolahan tanah, jenis tanah, kecukupan unsur hara, serta ketersediaan air di dalam tanah. Bintil akar dapat terbentuk pada tanaman kedelai muda setelah ada akar rambut pada akar utama atau akar cabang. Bintil akar dibentuk oleh *Rhizobium japonicum*. Akar mengeluarkan triptofan dan substansi lain yang menyebabkan perkembangan pesat dari populasi bakteri dan mikroba tanah lainnya di sekitar akar (Wijayanto dkk., 2022).

b. Batang

Kedelai memiliki batang yang tidak berkayu, berjenis perdu, berbulu, berbentuk bulat, berwarna hijau dan memiliki panjang yang bervariasi berkisar 30-100 cm. Tanaman kedelai membentuk 3-6 cabang. Percabangan tanaman kedelai mulai tumbuh saat tinggi tanaman kedelai sudah mencapai 20 cm. Batang tanaman kedelai merupakan batang lunak. Pertumbuhan batang tanaman kedelai dibedakan atas dua tipe yaitu tipe determinate dan indeterminate (Fachruddin, 2000). Pertumbuhan batang tipe determinate ditunjukkan dengan batang yang tidak tumbuh lagi pada saat tanaman mulai berbunga. Sementara pertumbuhan batang tipe indeterminate dicirikan bila pucuk batang tanaman masih bisa tumbuh daun, walaupun tanaman sudah mulai berbunga. Batang tanaman kedelai ada yang bercabang dan ada yang tidak bercabang bergantung varietas. Rata-rata tanaman kedelai memiliki 1-5 cabang.

c. Daun

Daun kedelai memiliki tipe trifoliate atau bertangkai tiga. Daun tanaman kedelai ada dua bentuk yaitu bulat (oval) dan lancip (lanceolate), Daun kedelai mempunyai bulu dengan warna cerah dan jumlah yang bervariasi (Adisarwanto, 2005). Setiap daun kedelai memiliki sepasang *stipula* pada dasar daun yang menempel dengan batang. Jenis daun lain yang terbentuk pada batang utama dan cabang lateral adalah daun *trifoliate* yang terletak selang-seling (Adie dan Krisnawati, 2007).

2.1.3. Fase Generatif

a. Bunga

Pembungaan kedelai membutuhkan suhu optimum 24-25°C. Jika suhu pembungaan terlalu tinggi akan menyebabkan bunga mudah rontok sedangkan suhu terlalu rendah dapat menghambat proses pembungaan sehingga berdampak menurunnya produksi polong. Tanaman kedelai merupakan tanaman menyerbuk sendiri yang bersifat *kleistogami*. Tanaman kedelai umumnya akan mulai berbunga pada umur 5-7 minggu. Bunga tanaman kedelai terletak di ketiak daun, berbentuk menyerupai kupu-kupu, berwarna putih hingga ungu tergantung

varietas, dan dalam satu tanaman bisa terdapat hingga 25 bunga tergantung kondisi lingkungan dan varietas kedelai. Bunga pertama akan terbentuk pada buku kelima, keenam, atau pada bunga yang lebih tinggi (Adisarwanto, 2008).

Bunga kedelai memiliki warna putih atau ungu, merupakan bunga sempurna, memiliki alat reproduksi jantan dan betina dalam satu tempat (Suhartina dkk., 2012). Bunga kedelai disebut bunga kupu-kupu karena mempunyai dua mahkota dan dua kelopak bunga. Bunga kedelai pada umumnya muncul pada ketiak daun yaitu setelah buku kedua, tetapi dapat juga pada cabang tanaman yang mempunyai daun (Adisarwanto, 2009). Setiap ketiak umumnya terdapat 3 kuntum bunga, namun sebagian besar bunga mengalami kerontokan dan biasanya hanya 60% yang menjadi polong (Andrianto dan Indarto, 2004).

b. Polong dan Biji

Pembentukan biji optimum pada suhu 21-23 °C dan pematangan biji pada suhu 20-25 °C. Suhu tinggi menyebabkan aborsi polong sedangkan terlalu rendah menyebabkan terhambatnya pembentukan polong (Sumarno, 2016). Tanaman kedelai memiliki biji yang berbentuk polong, pada setiap polong berisi 1-4 biji. Biji kedelai berbentuk bulat, bulat pipih, hingga bulat lonjong. Ukuran biji berkisar 6-30 gr/100 biji. Ukuran biji kedelai dapat diklasifikasikan menjadi 3 kelas yaitu biji kecil (6-10 gr/100 biji), biji sedang (11-12 gr/100 biji), dan biji besar (>12 gr/100 biji) (Fachruddin, 2000). Biji- biji kedelai berkeping dua terbungkus kulit biji (*lesta*).

Polong kedelai mulai muncul sekitar 10-14 hari setelah bunga pertama muncul. Awalnya warna polong adalah hijau dan selanjutnya akan berubah menjadi kuning atau cokelat ketika dipanen. Pada setiap kelompok bunga di ketiak daun akan terbentuk 2-10 polong. Pada satu tanaman kedelai bisa menghasilkan 20-200 polong tergantung varietas dan kondisi lingkungan (Adisarwanto, 2008). Polong kedelai terbentuk 7-10 hari setelah munculnya bunga pertama. Warna polong masak dan ukuran biji antara posisi polong paling bawah dan paling atas akan sama selama periode pemasakan polong optimal berkisar 50-75 hari. Periode waktu tersebut dianggap optimal untuk proses pengisian biji dalam polong yang

terletak di sekitar pucuk tanaman (Rachman dkk., 2013). Setiap polong terdapat 2-3 biji yang memiliki ukuran bervariasi. Bentuk biji kedelai beragam bergantung pada kultivar, diantaranya berbentuk bulat, agak gepeng atau bulat telur (Adisarwanto, 2009). Biji kedelai dikelompokkan dalam ukuran biji besar (>14 g/100 biji), ukuran sedang (10-14 g/100 biji) dan ukuran kecil (<10 g/100 biji) (Adie dan Krisnawati, 2013).

Pertumbuhan tanaman kedelai dibagi menjadi dua fase yaitu fase vegetatif dan fase generatif (reproduktif). Berikut merupakan karakteristik fase pertumbuhan vegetatif dan generatif (reproduktif) yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. (Adie dan Krisnawati, 2013).

Tabel 1. Karakteristik Pertumbuhan Vegetatif pada Tanaman Kedelai

Fase	Fase Pertumbuhan	Keterangan
Ve	Kecambah	Tanaman baru muncul diatas tanah
Vc	Kotiledon	Daun keping (kotiledon terbuka dan dua daun tunggal diatasnya juga mulai terbuka)
V1	Buku ke satu	Daun tunggal pada buku pertama telah berkembang penuh dan daun bertangkai tiga pada buku diatasnya telah terbuka
V2	Buku ke dua	Daun bertangkai tiga pada buku kedua telah berkembang penuh, dan daun pada buku diatas telah terbuka
V3	Buku ke tiga	Daun bertangkai tiga pada ketiga buku telah berkembang penuh, dan daun pada buku keempat telah terbuka
V4	Buku ke empat	Daun bertangkai tiga pada buku keempat telah berkembang penuh, dan daun pada buku kelima telah terbuka
Vn	Buku ke n	Daun bertangkai tiga pada buku ke n telah berkembang penuh

Sumber : Adie dan Krisnawati (2007).

Tabel 2. Karakteristik pertumbuhan generatif pada tanaman kedelai

Fase	Fase Pertumbuhan	Keterangan
R1	Mulai berbunga	Terdapat satu bunga mekar pada batang utama
R2	Berbunga penuh	Pada dua atau lebih buku batang utama terdapat bunga mekar
R3	Pembentukan polong	Terdapat satu atau lebih polong sepanjang 5 mm pada batang utama
R4	Polong berkembang penuh	Polong pada batang utama mencapai panjang 2 cm atau lebih
R5	Polong mulai berisi	Polong pada batang utama berisi biji dengan ukuran 2 mm x 1 mm
R6	Biji penuh	Polong pada batang berisi berwarna hijau atau biru yang telah memenuhi rongga polong
R7	Polong mulai kuning coklat matang	Satu polong pada batang utama menunjukkan warna matang (abu-abu atau kehitaman)
R8	Polong matang penuh	95% telah matang (kuning kecoklatan atau kehitaman)

Sumber : Adie dan Krisnawati (2007)

2.2. Lingkungan Tumbuh untuk Tanaman Kedelai

Dalam pertumbuhan tanaman yang optimal, tanaman kedelai memerlukan kondisi lingkungan tumbuh yang optimal. Tanaman kedelai sangat peka terhadap perubahan faktor lingkungan tumbuh, khususnya tanah dan iklim. Kebutuhan air sangat tergantung pada pola curah hujan yang turun selama pertumbuhan, pengelolaan tanaman, serta umur varietas yang ditanam. Tanaman kedelai dapat tumbuh pada kondisi suhu yang beragam. Suhu tanah yang optimal dalam proses perkecambahan yaitu 30°C. Bila tumbuh pada suhu tanah yang rendah (<15°C), proses perkecambahan menjadi sangat lambat, bisa mencapai 2 minggu. Hal ini dikarenakan perkecambahan biji tertekan pada kondisi kelembaban tanah tinggi.

Sementara pada suhu tinggi ($>30^{\circ}\text{C}$), banyak biji yang mati akibat respirasi air dari dalam biji yang terlalu cepat.

Disamping suhu tanah, suhu lingkungan juga berpengaruh terhadap perkembangan tanaman kedelai. Bila suhu lingkungan sekitar 40°C pada masa tanaman berbunga, bunga tersebut akan rontok sehingga jumlah polong dan biji kedelai yang terbentuk juga menjadi berkurang. Suhu yang terlalu rendah (10°C), seperti pada daerah subtropik, dapat menghambat proses pembungaan dan pembentukan polong kedelai. Suhu lingkungan optimal untuk pembungaan bunga yaitu $24 - 25^{\circ}\text{C}$ (Adie dan Krisnawati.,2007)

2.3. Peran dan Dampak Kekurangan Zinc pada Tanaman

Zinc adalah salah satu mikronutrien esensial yang dibutuhkan tanaman dengan jumlah kecil, namun memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai proses fisiologis. Kekurangan unsur *zinc* pada tanaman berperan dalam sintesis berbagai protein dan hormon, termasuk hormon auksin yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. *Zinc* juga berperan dalam pembentukan klorofil, zinc juga sebagai kofaktor untuk banyak enzim yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat, protein dan lipid. Dalam mensintesis DNA dan RNA zinc sangat kontribusi dalam pembelahan dan pertumbuhan sel. Kegunaan seng sangat penting antara lain sebagai katalisator dalam pembentukan protein dan mengatur pembentukan asam yang berfungsi sebagai zat pengatur tumbuh tanaman. Ketersediaan seng dalam tanah 1-20 ppm, sedangkan kebutuhan normal tanaman 25-125 ppm (Rahayu M., 2011).

Kekurangan zinc pada kedelai yaitu menguningnya daun bagian bawah, kemudian menguningnya daun ini berubah menjadi warna perunggu dan coklat. Daunnya tampak berkarat. Gejala ini meliputi bercak interveinal atau klorosis. Tanaman kekurangan zinc akan berakibat tanaman tumbuh kerdil dengan daun yang lebih kecil dan lebih pendek. Selain itu terjadinya klorosis yaitu kekuningan pada daun muda ini terjadi karena gangguan pada pembentukan klorofil. Dalam kasus kekurangan zinc yang parah dapat menyebabkan nekrosis atau kematian jaringan

pada daun dan bagian tanaman lainnya. Kekurangan zinc juga dapat mengurangi jumlah dan kualitas biji yang dihasilkan tanaman serta ketahanan terhadap penyakit menurun. Unsur hara mikro yang dibutuhkan oleh tanaman dalam bentuk logam adalah Zn, selain itu Zn akan mempengaruhi kuantitas dan kualitas kedelai (Faezatiy dkk., 2023).

2.4. Dampak Kekurangan Zinc pada Kesehatan Manusia

Mikronutrien yang penting diperlukan oleh tubuh adalah zinc karena di berbagai fungsi biologi. Anak – anak yang mengalami gangguan pertumbuhan disebabkan kurangnya asupan makanan yang kurang memadai dan penyakit infeksi yang berulang (Komalasari dkk, 2020). Asupan unsur zinc yang tidak cukup untuk tubuh yang dapat menyebabkan stunting. Sekitar 30 persen penduduk dunia termasuk Indonesia terutama anak-anak beresiko kekurangan gizi Zn (*zinc*) yang sangat berguna untuk proses pertumbuhan. Salah satu faktor yang menyebabkan kekerdilan atau stunting yakni kurangnya konsumsi gizi *Zinc* yang terjadi di masyarakat, utamanya pada anak-anak. (Hartoyo, 2022).

Kesadaran masyarakat terhadap pangan fungsional semakin tinggi. Pangan fungsional merupakan kebutuhan yang terus meningkat seiring dengan kesadaran akan pentingnya kesehatan. Seiring dengan berkembangnya ilmu dan teknologi, fungsi kedelai dengan berbagai olahannya yaitu tempe, susu kedelai, tahu dan lain sebagainya. Biofortifikasi zinc pada kedelai diharapkan mampu berperan dalam fungsi kesehatan dengan terpenuhinya kebutuhan zinc dalam tubuh dapat mengatasi masalah stunting. Dengan demikian pengembangan biofortifikasi merupakan upaya dalam perbaikan nilai gizi. Kebutuhan *zinc* tubuh bervariasi yaitu berkisar 4 – 6 mg/hari. Menurut Angka Kecukupan Gizi (AKG), bayi memerlukan 5 mg/hari, anak usia 1–10 tahun memerlukan 10 mg/hari, dan anak di atas 10 tahun membutuhkan 15 mg/hari (Widya Karya Pangan dan Gizi, 1998). Biofortifikasi dapat memberikan sumbangan nyata dan berkelanjutan dengan biaya murah dalam upaya menanggulang mineral pada tanaman dan manusia karena dapat memperbaik gizi konsumen, meningkatkan daya adaptasi varietas

pada lingkungan tumbuh, dan menguntungkan dari segi agronomi dan ekonomi sehingga berpotensi dikembangkan secara luas.

Zinc dalam tumbuh manusia sangat berperan dalam sistem kekebalan tubuh, zinc juga mensintesis protein dan DNA yang penting untuk pertumbuhan dan pembelahan sel. *Zinc* dalam tubuh manusia sebagai kofaktor bagi lebih dari 300 enzim yang terlibat dalam berbagai proses biokimia termasuk metabolisme karbohidrat, protein dan lemak. Peran zinc sangat penting dalam pertumbuhan dan perkembangan normal pada masa kehamilan, masa kanak-kanak dan masa remaja. *Zinc* juga melindungi sel dari kerusakan akibat radikal bebas. Dampak dari kekurangan *zinc* terganggunya sistem kekebalan tubuh, membuat manusia lebih rentang terserang penyakit, pertumbuhan dan perkembangan terhambat.

2.5. Dugaan Penyimpanan dengan Penderaan Etanol

Kedelai memiliki kandungan lemak dan protein yang relatif tinggi sehingga mengakibatkan benih kedelai cepat mengalami kemunduran. Upaya untuk peningkatan viabilitas dilakukan dengan mengkondisikan penyimpanan yang sesuai. Dalam penyimpanan benih yang lama diharapkan memiliki kadar air yang rendah dengan lingkungan penyimpanan yang kedap udara untuk membatasi dalam menyerap oksigen. Kemunduran benih dalam penyimpanan kedap udara akan tetap terjadi akibat penuaan oleh waktu maupun kemunduran fisiologis. Dalam penanganan penyimpanan benih selain penyimpanan suhu ruang direndahkan, juga perlu teknologi dalam pengukur daya simpan yaitu dengan teknologi pengukuran daya simpan dugaan (DSD) dan dengan menggunakan daya simpan relatif DSR)

Menurut Copeland dan McDonald (2001), kemunduran benih dapat dicirikan dengan menurunnya daya berkecambah, menurunnya perkecambahan di lapang, meningkatnya jumlah kecambah abnormal, dan terhambatnya pertumbuhan serta perkembangan kecambah. Gejala fisiologis ditandai dengan perubahan warna benih, rendahnya pertumbuhan perkecambahan benih, dan meningkatnya kecambah abnormal. Gejala biokimia ditandai dengan terjadinya perubahan aktivitas enzim,

meningkatnya laju respirasi dan sintesa, perubahan kromosom dan membran sel, serta berkurangnya persediaan makanan.

Metode pengusangan cepat (MPC) merupakan metode untuk membuat benih dengan tingkat viabilitas yang berbeda. Metode pengusangan cepat (MPC) kimiawi dengan menggunakan larutan etanol 96% merupakan metode pengusangan yang efektif untuk mencapai viabilitas potensial pada benih kedelai (Anggraeni dan suwarno, 2013). Etanol merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk pengusangan cepat benih (Zanzibar, 2007). Etanol yang masuk ke dalam benih akan menurunkan cadangan makanan yang ada di dalam benih. Penurunan cadangan makanan tersebut diakibatkan karena etanol dapat mendenaturasi protein membran yang ada pada benih sehingga permeabilitas benih meningkat dan benih mengalami kemunduran (Rasyid, 2012).

Menurut Priestley and Leopold (1980) mengatakan bahwa mekanisme masuknya etanol kedalam benih apabila benih direndam dalam larutan etanol adalah sebagai berikut: pertama Etanol diduga dapat berpenetrasi kedalam komponen lipida dari membran setelah membran sel rusak, memutuskan ikatan lipida, bahkan dapat membuang fosfolipida dari membrane, kedua Etanol setelah masuk kedalam benih dapat menyebabkan teracaknya konfigurasi protein yang berasosiasi dengan membrane.

III. BAHAN DAN METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari dua percobaan penelitian yang saling terkait, yaitu :

1. Percobaan I: Pengaruh aplikasi Zinc (Zn) terhadap pertumbuhan, kandungan Zn dan hasil beberapa varietas kedelai (*Glycine max L.*)
2. Percobaan II: Pengaruh aplikasi Zinc (Zn) terhadap daya simpan dugaan varietas benih beberapa varietas kedelai (*Glycine max L.*) dengan metode pengusangan cepat (MPC)

3.1. Percobaan I: Pengaruh aplikasi Zinc (Zn) terhadap pertumbuhan, hasil dan kandungan Zn beberapa varietas kedelai (*Glycine max L.*)

3.1.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di kebun percobaan Politeknik Negeri Lampung, Bandar Lampung pada bulan Juli sampai dengan Oktober 2024.

3.1.2. Alat dan Bahan

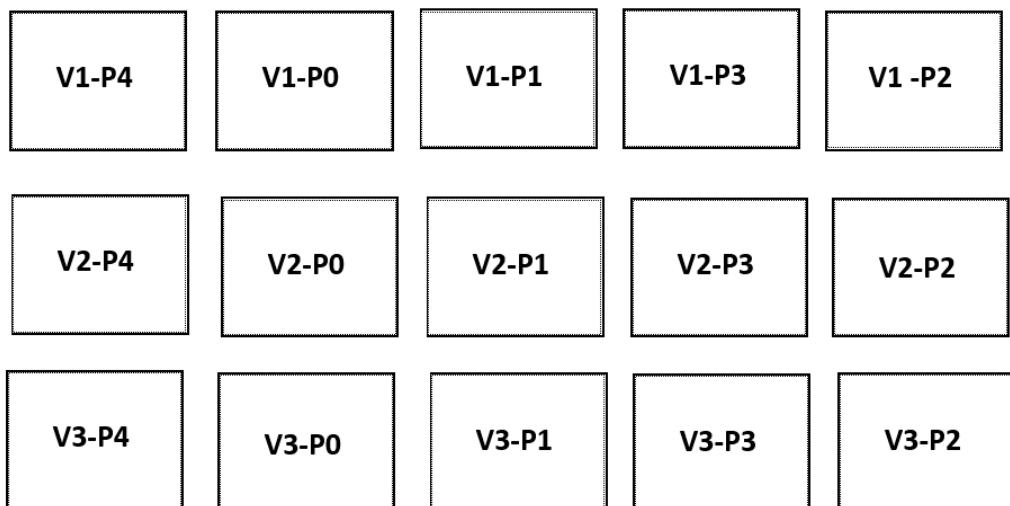
Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu derigen, cangkul, gelas ukur, meteran, tali rafia, *sprayer*, plastik klip, timbangan digital dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini larutan Zn sulfat heptahidrat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$), aquades, etanol, Benih kedelai 3 (tiga) varietas Deja 1, Detap 1 dan Grobogan yang berasal dari Balai Besar Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi) Malang yang telah *dipriming* dengan zinc 0,5%, pupuk urea, KCl, SP36, insektisida dan fungisida.

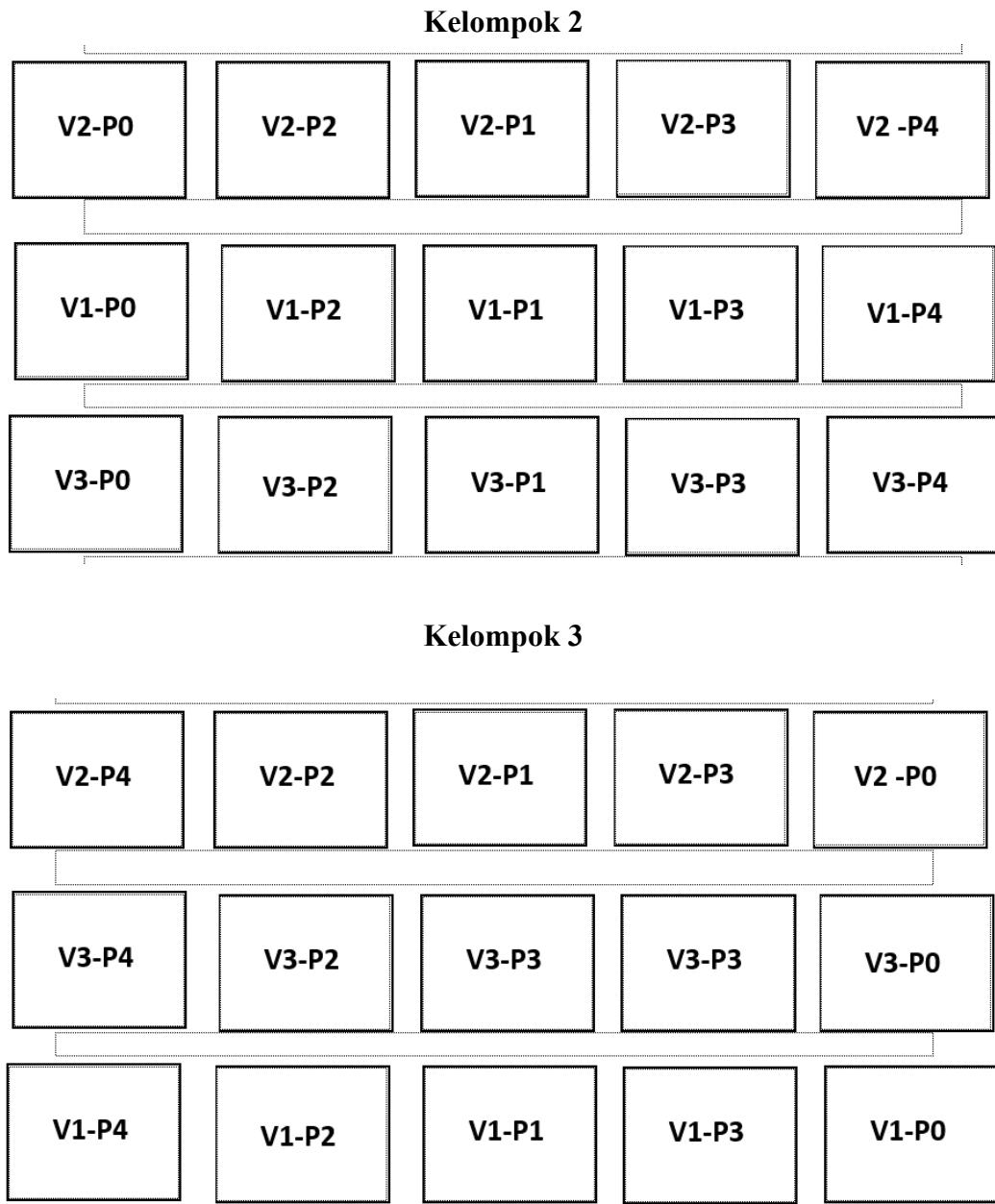
3.1.3. Rancangan Percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan petak jalur (RPJ) yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama adalah varietas kedelai yaitu varietas yang digunakan varietas kedelai Deja 1 (V1), varietas kedelai Detap 1 (V2) dan varietas kedelai Grobongan (V3). Faktor kedua adalah aplikasi *priming* zinc dan kontrol *priming* tanpa zinc menggunakan aquades. *Priming* yang digunakan meliputi *priming* dengan aquades perendaman separuh selama 12 jam (P0), *priming* Zn 0,5% perendaman separuh selama 12 jam (P1), *priming* Zn 0,5% perendaman separuh selama 12 jam + foliar spray fase vegetatif (P2), *priming* Zn 0,5% perendaman separuh selama 12 jam + foliar spray fase Generatif (P3), *priming* Zn 0,5% perendaman separuh selama 12 jam + foliar spray fase Vegetatif dan Generatif (P4). Konsentrasi Zn yang digunakan adalah 0,5 % (Yadav et al., 2021). Masing-masing perlakuan diulang tiga kali, sehingga terdapat 45 satuan percobaan.

Homogenitas ragam antar perlakuan diuji dengan Uji Bartlett dan aditivitas data diuji dengan Uji Tukey. Uji lanjut menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% menggunakan program R Studio. Berikut merupakan tata letak lahan percobaan 1 (Gambar 3).

Kelompok 1





Gambar 2. Tata letak percobaan 1

Keterangan: V1= Varietas Deja 1, V2= Varietas Detap 1, V3=Varietas Grobongan, P0=Priming Aquades selama 12 jam (perendaman separuh), P1= Priming Zn 0,5% selama 12 Jam (perendaman separuh), P2=: Priming Zn 0,5% selama 12 Jam (perendaman separuh) + Foliar Spray Fase Vegetatif , P3= Priming Zn 0,5% selama 12 Jam (perendaman separuh) + Foliar Spray Fase Generatif, P4=Priming Zn 0,5% selama 12 Jam (perendaman separuh) + Foliar Spray Fase Vegetatif dan Generatif

3.1.4. Pelaksanaan Penelitian

a. Pembuatan larutan dan Aplikasi priming Benih Kedelai

Pembuatan larutan dan aplikasi priming larutan 0,5 Zn SO₄.7H₂O dibuat dengan cara melarutkan 5 gram 0,5% Zn SO₄.7H₂O sampai 1000 ml aquades. Aplikasi priming dilakukan dengan cara merendam biji kedelai kedalam baqi dengan separuh permukaan perendaman selama 12 jam. Benih kedelai yang telah dipriming selama 12 jam, kemudian ditiriskan dan dikeringanginkan.

b. Pengolahan lahan

Persiapan lahan dilakukan untuk meningkatkan kualitas tanah serta menyediakan lahan dengan kondisi yang baik untuk pertumbuhan tanaman kedelai. Pengolahan tanah dilakukan dengan tujuan untuk menggemburkan tanah, sehingga perkecambahan benih pada tanah serta pertumbuhan tanaman menjadi baik dan mencegah biji-biji gulma tumbuh. Pengolahan tanah dilakukan dengan membajak tanah sebanyak dua kali kemudian dibuat petakan. Lahan dibuat petakan diplot dengan ukuran 3 m x 3 m (9 meter²) sebagai satu percobaan. Dengan tiga varietas kedelai yang diterapkan dengan 5 perlakuan yang diulang tiga kali sehingga seluruh petak percobaan sebanyak 45 petak yaitu 405 meter² dengan jarang antar perlakuan 75 cm.

c. Penanaman

Penanaman kedelai dilakukan pada saat pagi hari dilakukan penyiraman menggunakan *rotary sprinkler* agar lahan tidak mengalami kekeringan. Penanaman kedelai dilakukan dengan membuat lubang tanam menggunakan tugal, dengan kedalaman lebih kurang 3 cm. Benih kedelai yang telah dipriming dengan aplikasi kontrol priming aquades dan priming larutan 0,5 Zinc SO₄.7H₂O dengan konsentrasi 0,5% ditanam dengan 2 biji/lubang tanam kemudian lubang ditutup tanah kembali. Penanaman kedelai dengan jarak tanam pada pertanaman kedelai dengan menggunakan jarak 20 x 40 cm, sehingga satuan percobaan per petak tanaman terdapat 128 lubang tanam.

d. Pemupukan

Tanaman kedelai membutuhkan hara untuk pertumbuhannya perlu nutrisi untuk pertumbuhannya unsurnya terdiri dari unsur makro dan mikro. Usaha dalam meningkatkan unsur hara dilakukan dengan pemupukan. Pemupukan yang dapat diberikan pada tanaman dapat berupa bahan organik maupun bahan non organik untuk mengganti kehilangan unsur hara di dalam tanah dan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara bagi tanaman sehingga produksi tanaman meningkat (Mansyur, dkk., 2020).

Pemupukan diberikan pada saat tanaman berumur 15 HST pada tanggal 10 Agustus 2024. Pupuk yang diberikan satu kali pemupukan, pupuk anorganik dengan konsentrasi pupuk 75 kg/ hektar Urea, 100 kg/hektar SP-36, dan 100 kg/hektar KCL untuk lahan kering (Balitkabi, 2013). Kebutuhan pupuk berdasarkan konsentrasi tersebut adalah 3 kg Urea, 4 kg SP-36 dan 4 Kg KCL untuk keseluruhan percobaan dengan luas 405 meter². Kebutuhan pupuk yang diberikan untuk setiap petak percobaan luas 3 X 3 meter adalah 67,5 g Urea, 90 g SP-36 dan 90 g KCL. Aplikasi pupuk diberikan dengan cara memasukkan pupuk ke dalam lubang tugal atau larikan diantara barisan tanaman kedelai.

e. Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan tanaman kedelai diantaranya meliputi penyiraman, penyirangan gulma, dan pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman pada kedelai dibutuhkan mulai perkecambahan, dengan terjadinya penyerapan air oleh biji. Penyiraman tanaman kedelai bertujuan untuk mencukupi kebutuhan air tanaman di lahan. Tanaman kedelai memerlukan kelembaban tanah yang cukup sejak awal masa pertumbuhan, sehingga penyiraman dimulai pada saat masa perkecambahan yaitu sejak 0 hari setelah tanam (HST). Penyiraman dilakukan pada pagi hari dengan menggunakan *rotary sprinkler* yang terdapat di lahan percobaan.

Pertanaman kedelai apabila kekurangan air akan mempengaruhi pertumbuhan dan dari kedelai yang dihasilkan. Kekurangan air pada setiap periode pertumbuhan,

dengan pengaruh yang paling besar yakni ketika periode pengisian polong. Ketika masa pembungaan kekurangan air, maka dapat mengakibatkan banyak bunga serta polong yang luruh. Kekurangan air ketika masa pengisian polong dapat mengakibatkan biji atau polong kedelai yang dihasilkan memiliki ukuran yang kecil. Pengairan yang kurang pada pertanaman kedelai juga akan mempercepat gugurnya daun serta memperpendek periode pengisian polong. Kelebihan air pada saat budidaya kedelai juga memberikan dampak yang buruk. Kedelai yang ditanam pada tanah yang basah dapat menghambat perkecambahan dan pertumbuhan pada masa awal dikarenakan terjadinya kekurangan oksigen. Penyiraman gulma dilakukan dengan cara membersihkan gulma disekitar tanaman. Rumput – rumput yang berada disekitar tanaman dibersihkan dengan menggunakan koret atau arit. Penyiraman dilakukan 3 kali yaitu 15 HST, 45 HST dan 60 HST

Dalam pencegahan hama dan penyakit dilakukan untuk menekan serangan hama dan penyakit penting tanaman kedelai seperti ulat bibit, ulat grayak, belalang, kepik daun dan karat daun. Pengaplikasian insektisida dan fungisida diaplikasikan dengan frekuensi 4-7 hari sekali pada sore hari untuk mencegah serangan hama dan penyakit pada tanaman kedelai. Aplikasi insektisida dan fungisida *knapsack sprayer*.

f. Aplikasi Penyemprotan Zinc (Zn) Konsentrasi 0,5% Zn SO₄

Aplikasi penyemprotan larutan dilakukan sesuai dengan perlakuan yang diuji, yaitu fase vegetatif dilakukan dua kali penyemprotan fase vegetatif pertama pada 24 HST dan fase vegetatif kedua penyemprotan pada 31 HST. Pada fase generatif dilakukan penyemprotan dua kali yaitu 42 HST dan fase generatif kedua 58 HST. Penyemprotan dilakukan dengan metode *foliar spray* pada permukaan atas dan bawah daun tanaman kedelai. Sebelum penyemprotan *foliar* pada tanaman kedelai, dilakukan kalibrasi pada tangki semprot untuk menentukan kebutuhan air dan *zinc* (Zn) yang diperlukan, sehingga aplikasi dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Aplikasi zinc ini dengan menggunakan *knapsack sprayer*.

g. Panen dan pascapanen

Panen tanaman kedelai dapat dilakukan pada saat sebagian besar daun sudah menguning dan gugur, buah berwarna kuning kecoklatan, polong sudah terlihat tua, batang berwarna kuning kecoklatan dan gundul. Umur panen kedelai ditentukan oleh jenis varietas, musim tanam, serta perlakuan agronomis umumnya kedelai dipanen pada umur 70 – 90 hari. Kedelai masak ditandai dengan 95% polong berwarna coklat atau daun sudah berwarna kuning. Pemanenan kedelai sebaiknya dilakukan pada saat pagi hari sekitar jam 09.00, saat air embun sudah hilang dan cuaca dalam keadaan baik. Panen dilakukan dengan memotong pangkal batang tanaman menggunakan sabit atau dengan mencabut tanaman secara hati- hati. Tanaman kedelai yang telah disabit atau dicabut kemudian dijemur sinar matahari untuk proses pengeringan dan perontokan biji kedelai. Perontokan dilakukan dengan cara manual atau mekanis dengan cara memukul-mukul tumpukan brangkasan kedelai. Biji kedelai yang sudah terpisah dari brangkasan kemudian dibersihkan dari kotoran seperti potongan batang, cabang tanaman dan tanah. Pembersihan dengan cara ditampi kemudian biji kedelai dikeringkan dijemur dibawah sinar matahari.

3.1.5. Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan pada penelitian ini dilakukan pada fase pertumbuhan dan fase reproduktif tanaman kedelai. Pengamatan dilakukan di lokasi lahan percobaan tanaman kedelai dan diambil sampel tanaman menggunakan alat analisis dilapangan dan ada yang dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

Pengujian Laboratorium

a. Analisis Tanah

Analisis tanah dilakukan dengan mengumpulkan lima sampel tanah secara acak dari lima lokasi berbeda pada lokasi pertanaman dengan kedalaman sekitar 10-15 cm dari permukaan tanah. Kelima sampel digabungkan menjadi satu sampel

komposit. Sampel tersebut selanjutnya dianalisis di Laboratorium Analisis Politeknik Negeri Lampung (POLINELA).

b. Analisis Kandungan Zn dalam kedelai

Analisis serapan zinc dalam biji kedelai dilakukan dengan mengumpulkan biji kedelai dari setiap sampel perlakuan. Hasil sampel biji kedelai kemudian dianalisis dilaboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk dan Air Badan Standarisasi Intrumen Pertanian Cimanggu, Jawa Barat.

Fase Vegetatif

a. Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diamati dengan mengukur tinggi tanaman menggunakan meteran dari permukaan tanah sampai batas titik pertumbuhan tanaman kedelai dinyatakan dalam centimeter (cm). Pengamatan tinggi tanaman dimulai pada minggu ke 2 setelah tanam dan selanjutnya sampai minggu ke 6 setelah tanam pada tanaman yang sama. Pengukuran dilakukan dengan mengukur 5 sampel tanaman pada setiap ulangan.

b. Jumlah daun (helai)

Jumlah daun diamati dengan cara menghitung keseluruhan daun tanaman. Pengukuran jumlah daun tanaman setiap petak percobaan dilakukan terhadap 5 tanaman sampel dengan 45 petak percobaan. Jumlah daun tanaman merupakan salah satu variabel utama dalam pertumbuhan tanaman.

Fase Generatif

a. Tingkat Kehijauan daun

Tingkat kehijauan daun diukur menggunakan alat pengukur kehijauan daun SPAD. Pengukuran dilakukan terhadap 5 sampel daun dalam setiap petaknya. Dalam satu tanaman 3 daun dengan 1 daun tiga titik yaitu atas, tengah dan pangkal daun. variabel dilakukan pada saat fase berbunga.

b. Laju Fotosintesis, Laju Transpirasi dan Konduksi Stomata

Tingkat laju fotosintesis diukur menggunakan alat pengukur Li-cor LI 6800 milik laboratorium LTSIT. Pengukuran dilakukan terhadap 75 sampel daun (petak percobaan 1 dan 2 diukur masing-masing 2 ulangan dan petak percobaan 3 hanya 1 ulangan) kemudian dirata-ratakan per petak percobaan (1,2,3) menjadi 45 sampel percobaan pada saat fase generatif.

c. Jumlah polong per tanaman

Polong isi kedelai dalam satu tanaman dihitung secara manual saat polong masih berada ditanaman kedelai. Jumlah polong per tanaman pada setiap petak percobaan terhadap 5 tanaman sampel dengan 45 petak percobaan

d. Jumlah biji

Jumlah biji per tanaman dihitung secara manual setelah biji dipisahkan dengan polongnya setelah dipanen.

e. Bobot 100 Butir biji (gram)

Bobot 100 butir biji dihitung dengan cara memisahkan 100 butir biji yang diambil secara acak dari seluruh biji tanaman sampel dalam petak perlakuan. 100 butir biji kedelai tersebut kemudian ditimbang bobotnya. Perhitungan bobot 100 butir biji dilakukan pada tingkat kadar air 10 %.

f. Bobot biji per tanaman (gram)

Bobot biji pertanaman dihitung dari jumlah keseluruhan biji dalam setiap tanaman sampel kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan elektrik.

Bobot biji per tanaman dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Bobot biji per tanaman (gram)} = \frac{\text{Jumlah biji} \times \text{bobot 100 butir}}{100}$$

3.2. Percobaan II: Pengaruh aplikasi Zinc (Zn) terhadap daya simpan dugaan varietas benih beberapa varietas kedelai (*Glycine max* L.) dengan metode pengusangan cepat (MPC)

3.2.1 Tempat dan Waktu

Benih hasil percobaan I digunakan untuk uji daya simpan dugaan benih pada percobaan II. Daya simpan dugaan benih kedelai dilakukan dengan menggunakan dengan Metode Pengusangan Cepat (MPC) yang telah dilaporkan sebelumnya pada penelitian Pramono dkk., 2020. Pelaksanaan percobaan dilaboratorium Benih dan UPTD PBSB TPH Provinsi Lampung Desember 2024 sampai dengan Januari 2025.

3.2.2. Alat dan Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Benih Kedelai Varietas Deja 1, Detap 1 dan Grobogan hasil dari pemanenan dilahan Politeknik Negeri Lampung, Aquades, etanol 96 %, air, tissue, plastik wrapping, plastik klip, karet gelang, kertas CD (buram), dan plastik.

Alat -alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gunting, pipet ukur, label sampel, cawan petri, timbangan elektrik, germinator IPB tipe 73 2A/2B, mistar, conductivity meter, sprayer, oven, nampan, alat pengempa kertas, gelas plastik dan alat tulis.

3.2.3 Rancangan Percobaan

Percobaan ini menggunakan rancangan strip plot yang terdiri dari dua faktor seperti pada percobaan I. Faktor pertama adalah aplikasi Zn dan faktor kedua adalah varietas kedelai, yaitu Deja 1, Detap 1 dan Grobogan. Aplikasi Zinc seperti pada percobaan I, yang terdiri dari P0 Priming Aguades selama 12 jam (Perendaman separuh) , P1 Priming Zn 0,5% selama 12 jam (Perendaman separuh), P2 Priming Zn 0,5% selama 12 jam (Perendaman separuh) + Foliar Spray Fase Vegetatif, P3 Priming Zn 0,5% selama 12 jam (Perendaman separuh) + Foliar Spray Fase Generatif, P4 Priming Zn 0,5% selama 12 jam (Perendaman

separuh) + Foliar Spray Fase Vegetataif, + Generatif. Namun demikian pada percobaan II, perlakuan (aplikasi) Zn tidak dilakukan. Benih yang digunakan dalam percobaan II merupakan hasil panen dari percobaan I, sehingga telah mendapat perlakuan Zn sebelumnya, yaitu saat pelaksanaan percobaan I. Benih dari hasil percobaan I digunakan untuk uji daya simpan dugaan menggunakan metode MPC, benih kedelai diusangkan secara cepat dengan cara menderanya dengan menggunakan uap jenuh etanol 96% selama 60 menit. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali, sehingga terdapat 45 satuan percobaan. Homogenitas ragam antar perlakuan diuji Bartlett dan aditivitas data diuji dengan Uji Tukey. Uji lanjut menggunakan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% menggunakan program R Studio. Dibawah ini merupakan tata letak percobaan daya simpan dugaan (Gambar 4)

Kelompok 1

V1-P4	V1-P0	V1-P1	V1-P3	V1-P2
V2-P4	V2-P0	V2-P1	V2-P3	V2-P2
V3-P4	V3-P0	V3-P1	V3-P3	V3-P2

Kelompok 2

V2-P0	V2-P2	V2-P1	V2-P3	V2-P4
V1-P0	V1-P2	V1-P1	V1-P3	V1-P4
V3-P0	V3-P2	V3-P1	V3-P3	V3-P4

Kelompok 3

V2-P4	V2-P2	V2-P1	V2-P3	V2-P0
V3-P4	V3-P2	V3-P3	V3-P3	V3-P0
V1-P4	V1-P2	V1-P1	V1-P3	V1-P0

Gambar 3. Tata Letak Percobaan 2

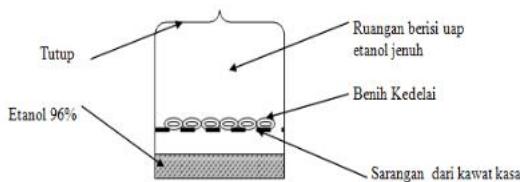
Keterangan: V1= Varietas Deja 1, V2= Varietas Detap 1, V3=Varietas Grobogan, P0=Priming Aquades selama 12 jam (perendaman separuh), P1= Priming Zn 0,5% selama 12 Jam (perendaman separuh), P2=: Priming Zn 0,5% selama 12 Jam (perendaman separuh) + Foliar Spray Fase Vegetatif , P3= Priming Zn 0,5% selama 12 Jam (perendaman separuh) + Foliar Spray Fase Generatif, P4=Priming Zn 0,5% selama 12 Jam (perendaman separuh) + Foliar Spray Fase Vegetatif dan Generatif

3.2.4. Pelaksanaan Penelitian

a. Pengusangan cepat

Pengusangan cepat dilakukan dengan cara benih diusangkan secara cepat dengan cara menderanya menggunakan uap jenuh etanol 96%. Etanol merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan untuk pengusangan cepat benih (Zanzibar, 2007). Penderaan benih dengan uap etanol jenuh dengan mengisi toples dengan larutan etanol 96% sampai setinggi 1,5 cm dengan benih sebanyak 50 butir benih kedelai, lalu diatas larutan diletakkan sarangan dari kawat. Benih sebelum telah diimbibisikan selama 12 jam dalam gulungan kertas CD lembab air. Benih kedelai yang sudah berimbibisi tersebut dimasukan kedalam toples ditutup rapat sehingga kedap udara. Toples penderaan disiapkan sesuai perlakuan dengan lama penderaan 60 menit, ini menurut salah satu metode yang telah dilakukan Pramono dkk., 2020. Benih kedelai yang telah didera menggunakan uap etanol dengan konsentrasi 96 % tersebut selanjutnya ditirikan/ dikeringkan menggunakan kertas tissue kemudian dikecambahkan pada media perkecambahan disimpan pada

germinator dan diamati. Berikut tata cara penderaan benih dengan uap jenuh etanol.



Gambar 4 Skema tata cara penderaan benih dengan uap jenuh etanol
(Pramono *et al.*, 2020)

b. Penyiapan media perkecambahan

Media yang digunakan berupa kertas CD berukuran 35x20 cm yang dilembabkan dengan air sampai air tidak menetes dari kertas dibasahi. Untuk setiap gulung sampel digunakan dua lapis untuk masing-masing sisi media, sehingga terdapat empat lapis kertas untuk setiap gulung sampel uji serta ditulis identitas dari sampel penyujian.

c. Pengujian daya berkecambah

Viabilitas benih diukur dengan uji perkecambahan, menggunakan 50 butir yang diletakkan secara zig-zig diatasnya. Benih kedelai disusun diatas dua lapis kertas merang lembab kemudian ditutup dengan dua lembar kertas CD lembab berbeda, lalu kertas merang digulung dengan plastik (UKdP), kemudian gulungan diletakkan pada germinator tipe IPB 73 2A/2B. Pengamatan dilakukan pada hari ke 3, dan 5 setelah perkecambahan, dari UKP dapat diukur kecambah normal total (KNT), kecambah abnormal (KAN), dan benih mati (BM). Benih kedelai yang telah mendapatkan perlakuan pengusangan cepat kemudian diuji viabilitasnya. Pengujian viabilitas benih dilakukan dengan pengecambahan menggunakan metode uji kertas digulung dilapisi plastik (UKDdp)

Pada uji kecepatan perkecambahan, disiapkan kertas merang atau kertas CD yang lembab yang dilapisi plastik lalu diletakkan 50 butir benih kedelai secara zig zag dan digulung lalu diletakkan di dalam germinator tipe IPB 73 2A/2B. Pengamatan UKP dilakukan pada hari ke 3 dan 5 setelah perkecambahan

3.2.5. Variabel Pengamatan

a. Persentase Kecambah Normal

Persentase kecambah normal dihitung dengan melihat rasio jumlah kecambah normal yang didapat dari pengamatan 50 butir benih yang diuji. Kecambah normal didefinisikan sebagai kecambah yang memiliki akar primer dan sekunder, hipokotil yang panjang atau pendek, serta satu daun primer atau tunas yang sempurna. Untuk menghitung persentase kecambah normal (PKN), digunakan rumus sebagai berikut:

$$PKN (\%) = \frac{\sum KNi}{100} \times 100\%$$

Keterangan: PKN = Persentase Kecambah Normal, (%)KN= kecambah Normal, n= Jumlah benih yang ditanam pada media perkecambahan, i= Hari pengamatan pada hari ke- 3 dan 5

b. Benih Tidak berkecambah

Benih yang tidak berkecambah menunjukkan bahwa tidak ada pertumbuhan yang baik. Benih yang tidak berkecambah dapat dilihat pada hari ke-5 setelah tanam dengan menghitung jumlah benih yang tidak berkecambah. Persentase benih tidak berkecambah dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$KAN (\%) = \frac{\text{jumlah benih tidak berkecambah}}{\text{jumlah benih contoh yang diujikan (50)}} \times 100\%$$

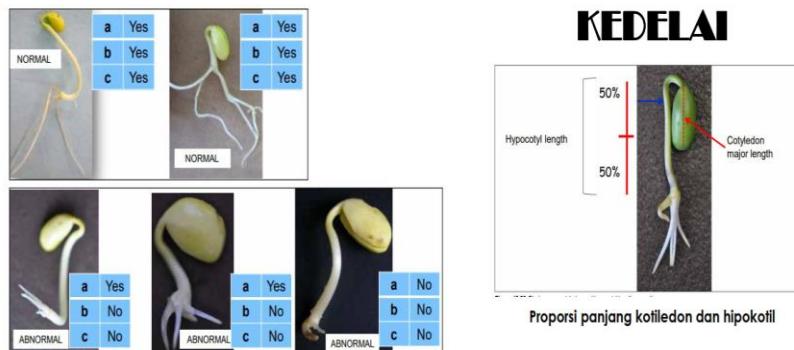
c. Kecambah Abnormal (KAN)

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-5 setelah tanam dengan menghitung seluruh jumlah kecambah abnormal.

Persentase kecambah abnormal dapat dihitung menggunakan rumus:

$$KAN (\%) = \frac{\text{jumlah kecambah abnormal}}{\text{jumlah benih contoh yang diujikan (50)}} \times 100\%$$

Berikut merupakan gambar kriteria perkecambahan pada kedelai



Evaluasi Pertumbuhan Kecambah :

- Sedikitnya terdapat tiga akar sekunder yang tidak menunjukkan cacat apa pun, menggantikan akar primer yang seharusnya ada atau abnormal
- Panjang akar sekunder harus sama atau lebih panjang dari setengah panjang hipokotil
- Pada kecambah dengan hipokotil yang kurang berkembang, hipokotil dan setiap akar sekunder setidaknya harus memiliki panjang yang sama dengan sumbu utama kotiledon)

Gambar 5. Kriteria Perkecambahan pada Kedelai

Sumber : Balai Besar Pengembangan Pengujian Mutu Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura (2023)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini antara lain:

1. Aplikasi Zn, terutama dalam bentuk kombinasi priming Zn 0,5% dan foliar spray pada fase vegetatif maupun generatif (P2 dan P4), terbukti meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan hasil tanaman kedelai pada variabel tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah polong, jumlah biji, dan bobot 100 butir.
2. Perbedaan varietas Grobongan menunjukkan pertumbuhan dan hasil bobot per biji dan tingkat kehijauan daun tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya
3. Terdapat pengaruh interaksi yang nyata dan signifikan antara aplikasi Zn dan varietas pada variabel tinggi tanaman 3–6 MST, jumlah daun 2–6 MST, jumlah polong dan jumlah biji, dan bobot 100 butir. Hasil terbaik terjadi pada varietas Deja 1 dan Detap 1, khususnya pada perlakuan P4 dan P2, yang menghasilkan peningkatan pertumbuhan vegetatif dan hasil paling besar.
4. Aplikasi Zn dengan priming foliar spray 0,5% fase vegetatif dan generatif meningkatkan persentase kecambah normal pada Varietas Detap 1 atau Grobogan mampu meningkatkan persentase kecambah normal dari 60 % meningkat hingga 84%.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini antara lain:

1. Penelitian saat ini menggunakan 0,5% sebagai konsentrasi tunggal. Untuk memperkaya data, disarankan menyertakan beberapa konsentrasi seperti

- 0,25%; 0,75%; dan 1% guna mengetahui ambang optimal dan titik toksisitas Zn
2. Perlu penelitian lanjutan untuk menguji efektivitas aplikasi Zn pada kondisi defisiensi Zn dan membandingkan dengan lahan yang memiliki kandungan Zn yang cukup.

DAFTAR PUSTAKA

- Adie, M dan A. Krisnawati. 2013. *Biologi Tanaman Kedelai. Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian* (BALITKABI). Malang.
- Adisarwanto, T., 2009. *Budidaya Kedelai Tropika*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Adu, M. O., Asare, P. A., Yawson, D. O., Nyarko, M. A., and Osei-Agyeman, K. 2018. Agronomic biofortification of selected underutilised solanaceae vegetables for improved dietary intake of potassium (K) in Ghana. *Heliyon*.
- Ali Khan, K., Shoaib, A., Arshad Awan, Z., Basit, A., and Hussain, M. 2018.
- Amiroh, A. 2017. Kajian Perendaman Benih Dan Macam Pupuk Daun Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kedelai (Glycine Max. L. Merril). *Agroradix: Jurnal Ilmu Pertanian*, 1(1), 1-15.
- Anggraeni, N. D., dan Suwarno, F. C. 2013. Kemampuan benih kedelai (Glycine max L.) untuk mempertahankan viabilitasnya setelah didera dengan etanol. *Buletin Agrohorti*, 1(4), 34-44.
- Ardian, A., Deviona, D., dan Nathisa, D. 2024. Pengujian Beberapa Varietas Kedelai (Glycine max L.) Pada Kondisi Cekaman Kekeringan. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(1), 5245-5262.
- Badan pangan nasional <https://badanpangan.go.id/blog/post/kepala-nfa-arieff-prasetyo-adi-tegaskan-ketersediaan-dan-stabilitas-kedelai-butuh-sinergi-stakeholder>
- Balitkabi (Balai Penelitian Tanaman kacang-kacangan dan ubi-umbian). 2003. Perkembangan dan varietas unggul kedelai 1918 -2002. <https://repository.pertanian.go.id/bitstreams/44da3673-8d90-48e6->
- Balitkabi (Balai Penelitian Tanaman kacang-kacangan dan ubi-umbian). 2013. Teknologi Budidaya Kedelai. Kementerian Pertanian
- Balitkabi (Balai Penelitian Tanaman kacang-kacangan dan ubi-umbian). 2017. Varietas unggul kedelai <http://wwwlitbang.deptan.go.id/ varietas/>
- Bhardwaj, A. K., Chejara, S., Malik, K., Kumar, R., Kumar, A., dan Yadav, R. K. 2022. Agronomic biofortification of food crops: An emerging opportunity for global food and nutritional security. *Frontiers in Plant Science*, 13(December), 1–23.

- Cakmak, I., Kalayci, M., Kaya, Y., Torun, A. A., Aydin, N., Wang, Y., and Horst, W. J. 2010. Biofortification and localization of zinc in wheat grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(16), 9092-9102.
- Chaparro, E.H.O., Cruz, J.J.P., Mendoza, C.C., Páez, J.C.A., Álvarez, S.P., Esparza, L.U.C., Márquez, E.M., and Sánchez, E. 2025. Seed nanoprimering with ZnO and SiO₂ enhances germination, seedling vigor, and antioxidant defense under drought stress. *Plants*. 14:1-24.
- Copeland, L.O. and McDonald, M.B. 2001. *Principles of Seed Science and Technology*. Kluwer Academic Publisher. London. 321.
- Dhaliwal, S. S., Sharma, V., Shukla, A. K., Kaur, J., Verma, V., Kaur, M., ... & Hossain, A. 2022. Biofortification of soybean (*Glycine max* L.) through FeSO₄· 7H₂O to enhance yield, iron nutrition and economic outcomes in sandy loam soils of India. *Agriculture*, 12(5), 586.
- Dimkpa, C.O., Singh, U., Bindraban, P.S., Adisa, I.O., Elmer, W.H., Gardea-Torresdey, J.L., and White, J.C. 2019. Addition-omission of zinc, copper, and boron nano and bulk parti-cles demonstrate element and size -specific response of soybean to micronutrients exposure. *Sci. Total Environ.* 665, 606–616.
- Dola, D.B. and Mannan, M.A. 2022. Foliar application effects of zinc oxide nanoparticles on growth, yield and drought tolerance of soybean. *Bangladesh Agron Journal*. 25(2): 73-82.
- Donia, D.T., and Carbone, M. 2023. Seed priming with zinc oxide nanoparticles to enhance crop tolerance to environmental stresses. *International Journal and Molecular Science*. 24(24):1-20.
- Fachrudin, L. 2000. *Budidaya Kacang-Kacangan*. Kanisius. Yogyakarta. 118 hal.
- Faezatiy, L. A. 2023. Pengaruh Interaksi P-Zn Terhadap Serapan P-Zn, Pertumbuhan, Dan Kualitas Kedelai Di Inceptisol Berbah, Sleman (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Fageria, N.K. 2002. Influence of micronutrients on dry matter yield and interaction with other nutrients in annual crops. *pesquisa agropecuariabrasileira*. 37.1765- 1772
- Fahri, R., dan Khairani, S. 2023. Pengaruh pemberian kalium terhadap fisiologis dan morfologis kedelai pada cekaman kekeringan. *AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, 6(2), 45-49.
- Han, S., Iker, L., Sönmez, Qureshi, M., Güden, B., Sunil, S., Gangurde and Yol, E. 2024 "The effects of foliar amino acid and Zn applications on agronomic traits and Zn biofortification in soybean (*Glycine max* L.)." *Frontiers in Plant Science* 15 (2024): 1382397.
- Hartoyo, B. 2022. Perbaikan Mutu Gizi Bahan Pangan Melalui Biofortifikasi Kandungan Mineral Improving the Nutritional Quality of Food Ingredients Through Biofortification of Mineral Content. *Jurnal Agrifoodtech*, 1(1), 12-20.

- Huang, W., Lin, M., Liao, J., Li, A., Tsewang, W., Chen, X. 2022. *Effects of K deficiency on the growth of tea (Camellia sinensis) and strategies for optimizing K levels in soil: A critical review*. *Horticulturae* 8, 660. doi: 10.3390/horticulturae8070660.
- Kamal, M., Hadi, M.S., dan Setiawan, K. 2023. *Nitrogen dan Produktivitas Tanaman Pangan*. Aura Publishing. Bandar Lampung.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. 2022. Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) tahun 2022. Badan penelitian dan pengembangan kesehatan Kementerian kesehatan Republik Indonesia: Jakarta
- Komalasari, K., Supriati, E., Sanjaya, R., dan Ifayanti, H. 2020. Faktor-faktor penyebab kejadian stunting pada balita. *Majalah Kesehatan Indonesia*, 1(2), 51-56.
- Kumar, S., Palve, A., Joshi, C., and Srivastava, R. K. 2019. Crop biofortification for iron (Fe), zinc (Zn) and vitamin A with transgenic approaches. *Helion*, 5(6).
- Li, M., Liu, Y., Wang, C., Yang, X., Li, D., Zhang, X., Xu, C., Zhang, Y., Li, W. and Zhao, L. 2020. Identification of traits contributing to high and stable yields in different soybean varieties across three chinese latitudes. *Frontiers in Plant Science*. 10:1-14.
- Macrophomina phaseolina alters the biochemical pathway in Vigna radiata chastened by Zn 2+ and FYM to improve plant growth*. Taylor Fr 13, 131–140.
- Mansyur, N. I., E. H. Pudjiwati, dan A. Murtilaksono. 2020. Pupuk dan Pemupukan. Banda Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Marliah, A., Hidayat, T., dan Husna, N. 2012. Pengaruh varietas dan jarak tanam terhadap pertumbuhan kedelai [*Glycine Max (L.) Merrill*]. *Jurnal Agrista*, 16(1), 22-28.
- Morais, K.L., Cantão, V.C.G., Guilherme, L.R.G., Oliveira, A.M.O., Neta, A.D., Wanessa Duarte, T.F., Santos, E.Z. 2025. Foliar fertilization with zinc in reproductive stages of soybean cultivars for grain biofortification. *Scientia Agricola*. 82:1-8.
- Moreira, A., Moraes, L.A.C., dos Reis, A.R., 2018. Chapter 5 - the molecular genetics of zinc uptake and utilization efficiency in crop plants. In: Hossain, Mohammad Anwar, Kamiya, Takehiro, Burritt, David J., Tran, Lam-Son Phan, Fujiwara, Toru (Eds.), *Plant Micronutrient Use Efficiency*. Academic Press , pp. 87–108 ISBN 9780128121047. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812104-7.00006-X>.
- Mulyaningsih, T. R. 2013. Kandungan unsur Fe dan Zn dalam bahan pangan produk pertanian, peternakan dan perikanan dengan metode k0-AANI. *Jurnal Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia (Indonesian Journal of Nuclear Science and Technology)*, 10(2).

- Perelman, A., Imas, P., and Bansal, S. K. 2022. *Potassium role in plants' response to abiotic stresses. Role of potassium in abiotic stress.*
- Pramono, E. Etanol, Metabolisme, dan Kemunduran Benih : Sebuah Ulasan. <http://repository.lppm.unila.ac.id/9877/>
- Pramono, E., Hadi, M. S., and Kamal, M. 2020. Viabilitas Benih Kedelai (*Glycine max* [L.] Merril) Sejalan dengan Penyimpanan Alamiah dan Pengusangan Cepat dengan Etanol. *Jurnal Agrotropika*, 19(1).
- Purnamasari, L., Pramono. E, dan Kamal. M. 2015. Pengaruh jumlah tanaman per lubang terhadap vigor benih tiga varietas sorgum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) dengan Metode Pengusangan Cepat (MPC). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 15 (2). 107-114 hlm.
- Puspitasari, A., and Elfarisna, E. 2018. Respon pertumbuhan dan produksi kedelai varietas grobogan dengan penambahan pupuk organik cair dan pengurangan konsentrasi pupuk anorganik. *Prosiding Semnastan*, 204-212.
- Rahayu, M dan Fitratunisa.2011. Kekahatan Unsur Hara, Hama Dan Penyakit Penting Pada Tanaman Kedelai. Buku Panduan Lapang. BALAI Pengkajian Teknologi Pertanian Nusa Tenggara Barat (Bptp Ntb)
- Rasyid, H. 2012. Model pendugaan daya simpan benih kedelai (*Glycine max* [L.] merrill) biji besar dengan pengusangan cepat sebagai teknologi penentu mutu benih. *Jurnal Gamma*. 7 (2): 34-52 hlm.
- Saleem, M.H., Usman, K., Rizwan, M., Jabri, H.A., and Alsafran, M. 2022. Functions and strategies for enhancing zinc availability in plants for sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 1-13.
- Sari, H. M. 2019. Pengaruh Pengusangan Cepat Dengan Larutan Etanol Dan Pengaruh Periode Simpan Dalam Ruang Suhu Kamar Pada Viabilitas Benih Kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill). [Digilib unila.ac.id](http://digilib.unila.ac.id).
- Singh, A. K. 2022. Effect of zinc sources on nutrient content and uptake in soybean [*Glycine max* (L.) merril] under the acidic soil conditions of Nagaland. *Legume Research-An International Journal*, 45(4), 502-506.
- Singh, A., Singh, NB, Afzal, S., Singh, T., and Hussain, I., 2018. Nanopartikel seng oksida: sebuah re- melihat sintesis biologisnya, aktivitas antimikroba, serapan, translokasi dan biotransformasi pada tanaman. J.Materi. Sains. 53 (1), 185–201.<https://doi.org/10.1007/s10853-017-1544-1>.
- Sumarno, M. 2016. *Persyaratan Tumbuh Dan Wilayah Produksi Kedelai Di Indonesia*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Taufiq, Abdullah, and Titik Sundari. 2012. Respons tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh. *Buletin Palawija*.
- Thai, C. P.-u, Rerkasem, R., Yazici, A., and Cakmak, I. 2012. Zinc priming promotes seed germination and seedling vigor of rice. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 175:482–488.
- 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*. 12:1-15.
- Widyakarya Nasional Pangan Dan Gizi. 1998. Risalah Widya Karya Pangan dan Gizi. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Wijayanto, B., dkk. 2022. Analisis aplikasi penggunaan inokulan legin dan teknologi pangkas pada pertumbuhan dan hasil kedelai. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 1-10
- Yadav, S. L., K Rai, H., Yadav, I. R., Kumar, A., and Choudhary, M. (2021). Effect of zinc application strategies on growth and yield of soybean in central India. *International Journal of Plant & Soil Science*.
- Zanzibar, M. 2007. Pengaruh perlakuan pengusangan dengan uap etanol terhadap penurunan kualitas fisiologi benih akor (*Acacia auriculiformis*), Merbau (*Intsia bijuga*), and mindi (*Melia azedarach*) *Jurnal Penelitian Tanaman Hutan*. 4 (2): 199-106 hlm.