

**PENGARUH PENUNDAAN WAKTU TANAM TERHADAP FENOLOGI,
PERTUMBUHAN, DAN PRODUKSI TANAMAN KEDELAI (*Glycine max*
L.) DI DATARAN TINGGI: STUDI ADAPTASI TANAMAN TERHADAP
PERUBAHAN IKLIM**

(Skripsi)

Oleh

**SYIFA KARLIN
2114161008**



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH PENUNDAAN WAKTU TANAM TERHADAP FENOLOGI, PERTUMBUHAN, DAN PRODUKSI TANAMAN KEDELAI (*Glycine max L.*) DI DATARAN TINGGI: STUDI ADAPTASI TANAMAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

Oleh

SYIFA KARLIN

Perubahan iklim global, terutama peningkatan suhu dan ketidakpastian curah hujan, memengaruhi fenologi, pertumbuhan, dan produksi tanaman, termasuk kedelai (*Glycine max L.*). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penundaan waktu tanam terhadap fenologi, nilai Growing Degree Days (GDD), pertumbuhan, dan produksi tiga varietas kedelai (Grobogan, Dena 1, dan Deja 2) di dataran tinggi serta melihat peran bahan organik dalam mengatasi stres lingkungan. Penelitian dilaksanakan pada Februari–Juni 2025 di UPTD Balai Benih Induk Hortikultura, Sekincau, Lampung Barat (1100 m dpl) menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola strip plot. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penundaan waktu tanam memengaruhi tahapan fenologi, nilai GDD, dan hasil produksi tanaman. Terdapat perbedaan nyata antar varietas dalam respons terhadap suhu dataran tinggi. Pemberian bahan organik (pupuk kandang ayam) berpengaruh dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan hasil produksi. Varietas Grobogan dan Deja 2 menunjukkan adaptasi yang lebih baik dibanding Dena 1, dengan nilai GDD yang lebih optimal untuk mencapai fase generatif dan menghasilkan bobot brangkasan serta biji yang lebih tinggi. Penelitian ini merekomendasikan pemilihan varietas toleran serta penyesuaian waktu tanam dan pemanfaatan bahan organik sebagai strategi adaptasi terhadap perubahan iklim di dataran tinggi.

Kata kunci: kedelai, fenologi, perubahan iklim, dataran tinggi, growing degree days, bahan organik.

ABSTRACT

PENGARUH PENUNDAAN WAKTU TANAM TERHADAP FENOLOGI, PERTUMBUHAN, DAN PRODUKSI TANAMAN KEDELAI (*Glycine max L.*) DI DATARAN TINGGI: STUDI ADAPTASI TANAMAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM

Oleh

SYIFA KARLIN

Global climate change, particularly rising temperatures and uncertain rainfall patterns, has significant impacts on the phenology, growth, and productivity of crops, including soybean (*Glycine max L.*). This study aimed to evaluate the effects of delayed planting time on phenology, accumulated Growing Degree Days (GDD), growth, and yield performance of three soybean varieties (Grobogan, Dena 1, and Deja 2) in highland environments. In addition, the study examined the role of organic matter in mitigating environmental stress caused by climatic variability. The experiment was conducted from February to June 2025 at the UPTD Balai Benih Induk Hortikultura, Sekincau, West Lampung, at an altitude of 1100 m above sea level. A Randomized Complete Block Design (RCBD) with a strip plot arrangement was employed. Results showed that delayed planting significantly influenced phenological stages, GDD accumulation, and soybean yield. Significant differences among varieties were observed in their adaptive responses to highland temperatures. The application of organic matter in the form of poultry manure enhanced vegetative growth as well as seed yield. Grobogan and Deja 2 varieties demonstrated better adaptability compared to Dena 1, as indicated by more optimal GDD utilization to reach the generative phase and higher biomass and seed weight production. These findings suggest that selecting tolerant varieties, adjusting planting schedules, and applying organic amendments are effective adaptation strategies to cope with climate change in highland areas.

Keywords: soybean, phenology, climate change, highland, growing degree days, organic matter.

**PENGARUH PENUNDAAN WAKTU TANAM TERHADAP FENOLOGI,
PERTUMBUHAN, DAN PRODUKSI TANAMAN KEDELAI (*Glycine max*
L.) DI DATARAN TINGGI: STUDI ADAPTASI TANAMAN TERHADAP
PERUBAHAN IKLIM**

Oleh

SYIFA KARLIN

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Agronomi dan Hortikultura
Fakultas Pertanian, Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **PENGARUH PENUNDAAN WAKTU
TANAM TERHADAP FENOLOGI,
PERTUMBUHAN, DAN PRODUKSI
TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.)
DI DATARAN TINGGI: STUDI
ADAPTASI TANAMAN TERHADAP
PERUBAHAN IKLIM**

Nama Mahasiswa : **Syifa Karlin**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2114161008**

Jurusan : **Agronomi dan Hortikultura**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**



Prof. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc.
NIP 196302021987032001



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

2. **Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura**

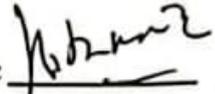


Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr. Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001

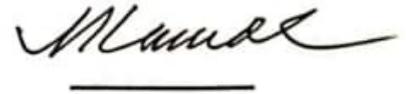
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc



Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 26 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PENGARUH PENUNDAAN WAKTU TANAM TERHADAP FENOLOGI, PERTUMBUHAN, DAN PRODUKSI TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L.) DI DATARAN TINGGI: STUDI ADAPTASI TANAMAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil Salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 September 2025
Penulis,



Syifa Karlin
2114161008

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Syifa Karlin yang lahir pada tanggal 07 Februari 2003 di Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Ahmad Kafrawi Passa dan Ibu Linda Lestari. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN 02 Palapa pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama di MTsN 01 Bandar Lampung pada tahun 2018, dan Sekolah Menengah Atas di MAN 02 Bandar Lampung pada tahun 2021. Tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan akademik maupun non akademik. Penulis memiliki pengalaman menjadi Asisten Dosen pada mata kuliah Teknologi Benih semester ganjil 2024/2025. Penulis juga aktif dalam organisasi HIMAGRHO sebagai anggota Bidang Dana dan Usaha Periode Kepengurusan 2023 dan sebagai Bendahara Bidang Dana dan Usaha Periode Kepengurusan 2024.

Penulis memiliki kegiatan di luar kampus seperti melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kecapi, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan pada bulan Januari hingga Februari tahun 2024. Kemudian penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Badan Standarisasi Instrumen Pertanian (BSIP) Lampung pada bulan Juli hingga Agustus 2024.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Tiada kata yang lebih indah selain mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat-Nya selama ini.

Dengan penuh rasa syukur, Penulis mempersembahkan skripsi ini untuk:

Kedua Orangtua Penulis

Alm. Bapak Ahmad Kafrawi Passa dan Ibu Linda Lestari yang selalu melangitkan doa-doa baik dan menjadikan motivasi untuk penulis menyelesaikan skripsi ini.

Adik Penulis

Syaqinata Riskia Karlin

Keluarga besar penulis yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.

Ibu dan Bapak Dosen Jurusan Agronomi yang telah memberikan ilmu dan mengarahkan penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

sahabat seperjuangan penulis yang memberikan semangat kepada penulis yang selalu menemani dalam suka maupun duka.

Almamater yang penulis banggakan

Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

MOTTO

“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa sesungguhnya Bersama kesulitan ada kemudahan.”
(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Barang siapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, Allah akan mudakan baginya jalan menuju surga.”
(HR. Bukhari dan Muslim)

Kalau mimpimu tidak membuatmu takut, berarti mimpimu belum cukup besar.”
(Najwa Shihab)

“Ingat bahagia (bahagia) meski kadang hidup tak baik saja)
(Selalu Ada di Nadimu-Prince & Quinn)

“It will pass, everything you’ve gone through it will pass”
(Rachel Vennya)

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang selalu memberikan kelimpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan masa studi dan penulisan skripsi ini yang berjudul **”Pengaruh Penundaan Waktu Tanam Terhadap Fenologi, Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) di Dataran Tinggi: Studi Adaptasi Tanaman Terhadap Perubahan Iklim”** dengan lancar. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan sebagai pembuktian kepada diri penulis bahwa penulis dapat menyelesaikannya dengan baik. Selama proses penulisan skripsi ini penulis banyak menerima bantuan, saran, dan arahan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian sekaligus Dosen Penguji yang telah banyak memberikan arahan, kritik, dan saran yang membangun penulis agar dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Tumiar Katarina B. Manik, M.Sc selaku Pembimbing Pertama yang telah banyak membantu, mengarahkan, meluangkan waktu, memberikan ide, ilmu, saran, motivasi, nasihat serta masukan-masukan dengan penuh kesabaran kepada Penulis dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc., selaku Pembimbing Kedua yang telah banyak memberikan waktu, arahan, saran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Yohannes Cahya Ginting, M.S. dan Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak memberikan

arahan, saran, dan juga nasihat sejak awal masa studi hingga penyusunan skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.

5. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
6. Cinta pertama dan panutan penulis, Alm. Bapak Ahmad Kafrawi Passa terimakasih atas segala pengorbanan, kasih sayang, dan segala bentuk tanggung jawab yang telah diberikan semasa beliau hidup. Terimakasih telah menjadi alasan penulis untuk tetap semangat dan berjuang meraih gelar sarjana yang beliau inginkan.
7. Pintu surga, Ibu Linda Lestari terimakasih atas segala doa dan dukungan yang tidak pernah putus. Memberikan kasih sayang dan pengorbanan yang mengiringi setiap langkah untuk menyelesaikan pendidikan ini. Terimakasih sudah banyak berjuang, membesarkan, dan mendidik sampai mendapat gelar sarjana ini. Sehat selalu dan panjang umur karena ibu harus selalu ada disetiap perjuangan penulis.
8. Adik adik penulis Syaquinata Rizqia, Alby Yudhira, Alfatih Razqa, Razqia Monera dan juga seluruh keluarga besar yang selalu kebersamai penulis, memberikan doa, dukungan dan nasihat kepada penulis.
9. Sahabat dan teman terkasih, Adinda Nurhaliza dan Anandhita Nailah Putri yang telah kebersamai dan berjuang bersama penulis sedari masa Mts, MA, masa awal perkuliahan dan sampai saat ini. Terimakasih atas segala bantuan, waktu yang diluangkan, memberikan dukungan, semangat, motivasi, menjadi pendengar yang baik, dan menemani penulis dalam keadaan sulit dan senang.
10. Sahabat sedari masa sekolah, Almira Alda, Martha Dillar, Haniifah , Isty Raffi, Zulfa Harda, Lintang Adira, Qonita Leony, Zahiyah Tika, Najwa Safinkan, Putri Khairunnisa yang selalu kebersamai penulis. Terima kasih atas kebersamaan dan dukungan kalian yang sangat berarti dalam perjalanan ini. Persahabatan ini adalah salah satu hal terbaik yang saya miliki.
11. Sahabat sejak masa kecil penulis, Anzoya Annisa, Aisyah Putri Utami, Lavia Budi Satriani, Anisa Zalwa, Laura Agustin yang selalu kebersamai penulis dalam suka dan duka. Terima kasih atas segala bentuk dukungan,

semangat, motivasi, canda tawa, dan tangis air mata yang kita lalui bersama-sama sejak kecil hingga saat ini.

12. Sahabat kuliah penulis, Griselda Aufa, Mira Berby, Destiana Veranti, Maria Okta, Helda Roudiatul dan Sandra Gusmia. Terima kasih atas segala bentuk dukungan, bantuan, canda tawa yang dilalui bersama-sama dalam menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
13. Teman teman perjuangan Penelitian Sekincau, Fharaz dan Nadhilla yang telah kebersamai penulis dalam penelitian ini. Terima kasih atas bantuan, kebersamaan serta kerjasamanya dalam melaksanakan penelitian.
14. Do Kyungsoo, Byun Baekhyun, Oh Sehun, Park Chanyeol, Kim Jun Myeon, Kim Jongin, Kim Minseok, Kim Jongdae dan Zhang Yixing sebagai member EXO terima kasih telah mengisi masa muda penulis menjadi lebih bewarna, memberikan inspirasi dan motivasi kepada penulis secara tidak langsung melalui karya-karyanya.

Semoga Allah SWT yang membalas kebaikannya dan selalu diberikan kelimpahan rahmat, nikmat dan lindungan-Nya atas seluruh bantuan dan dukungan kepada penulis. *Aamiin Ya Robbal Alamin.*

Bandar Lampung, 30 September 2025

Syifa Karlin

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 4 |
| 1.4 Landasan Teori | 4 |
| 1.5 Kerangka Pemikiran | 8 |
| 1.6 Hipotesis..... | 11 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 12 |
| 2.1 Klasifikasi dan Jenis Tanaman Kedelai | 12 |
| 2.2 Morfologi Tanaman Kedelai..... | 12 |
| 2.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai..... | 14 |
| 2.4 Fase Perumbuhan Tanaman Kedelai | 14 |
| 2.5 Dampak Perubahan Iklim Terhadap Tanaman Kedelai | 17 |
| 2.6 Pengaruh Iklim Terhadap Tanaman Kedelai..... | 18 |
| 2.7 Fenologi Tanaman | 18 |
| 2.8 Kualitas Benih dan Perubahan Iklim Terhadap Tanaman Kedelai | 19 |
| 2.9 Pengaruh Bahan Organik..... | 20 |
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 22 |
| 3.1 Waktu dan Tempat..... | 22 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 22 |
| 3.3 Metode Penelitian | 23 |
| 3.3.1 Rancangan Percobaan..... | 23 |
| 3.3.2 Tata Letak Percobaan | 23 |
| 3.3.3 Pelaksanaan Penelitian | 24 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.4 Variabel Pengamatan | 26 |
| 3.3.5 Pengolahan Data..... | 27 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 28 |
| 4.1 Hasil..... | 28 |
| 4.1.1 Fenologi dan Growing Degree Days..... | 28 |
| 4.1.2 Pertumbuhan dan Produksi Tanaman..... | 32 |
| 4.1.3 Tinggi Tanaman..... | 32 |
| 4.1.4 Jumlah Daun..... | 33 |
| 4.1.5 Bobot Basah Brangkasan..... | 33 |
| 4.1.6 Bobot Kering Brangkasan..... | 34 |
| 4.1.7 Kadar Air Benih..... | 34 |
| 4.2 Pembahasan..... | 34 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 41 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 42 |
| LAMPIRAN..... | 46 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|---|----------------|
| 1. Vase vegetatif tanaman kedelai | 15 |
| 2. Vase generatif tanaman kedelai | 16 |
| 3. Suhu Maksimum dan minimum dalam Rumah Kaca di Lokasi Penelitian | 28 |
| 4. Fenologi 3 varietas tanaman kedelai yang ditanam di dataran tinggi tanpa (P) dan dengan bahan organik tanah | 30 |
| 5. Growing Degree days (GDD) 3 varietas tanaman kedelai yang ditanam di dataran tinggi tanpa (P) dan dengan bahan organik tanah | 31 |
| 6. Rekapitulasi analisis ragam setiap variabel pengamatan..... | 32 |
| 7. Pengaruh media tanam dan varietas terhadap rata rata tinggi tanaman kedelai berumur 8 MST | 32 |
| 8. Pengaruh media tanam dan varietas terhadap rata rata jumlah daun kedelai berumur 8 MST | 33 |
| 9. Pengaruh media tanam dan varietas terhadap rata rata bobot basah brangkasan tanaman kedelai | 30 |
| 10. Pengaruh media tanam dan varietas terhadap rata rata bobot kering brangkasan tanaman kedelai. | 34 |
| 11. Pengaruh media tanam dan varietas terhadap kadar air benih tanaman kedelai. | 34 |
| 12. Perbandingan Fenologi dan Growing Degree Days dari tahap tahap pertumbuhan kedelai antara media tanam pupuk NPK dan Pupuk ditambah bahan organik tanah..... | 37 |
| 13. Deskripsi tanaman kedelai berkaitan dengan fenologi tanaman perbandingan dengan penanaman dataran tinggi | 38 |
| 14. Perbandingan waktu yang diperlukan pada tahap tumbuh kedelai antara penanaman bulan Februari dan Januari | 39 |
| 15. Perbandingan besaran GDD yang diperlukan pada tahap tumbuh kedelai antara penanaman bulan Februari dan Januari | 39 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|----------------|
| 1. Diagram Alir Kerangka Pemikiran | 8 |
| 2. Tata Letak Tanaman Kedelai | 23 |
| 3. Lamanya (hari setelah tanam) tahap tahap pertumbuhan 3 varietas kedelai penanaman di dataran tinggi tanpa penambahan bahan..... | 35 |
| 4. Lamanya (hari setelah tanam) tahap tahap pertumbuhan 3 varietas kedelai penanaman di dataran tinggi dengan pemberian bahan organik..... | 35 |
| 5. Nilai Growing days pada setiap tahap pertumbuhan 3 varietas kedelai pada penanaman di dataran tinggi | 36 |
| 6. Perbandingan suhu maksimum dan minimum antara penanaman pertama Januari dan penanaman ke 2 | 40 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan iklim merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman dan pada akhirnya menurunkan produktivitas hasil pertanian (Soeparno et al., 2013). Perubahan iklim adalah perubahan dalam periode waktu yang panjang dalam unsur iklim terutama unsur suhu dan distribusi curah hujan. Pengaruh perubahan iklim khususnya yang berpengaruh kuat terhadap tanaman yaitu curah hujan dan suhu karena mempengaruhi keadaan fisiologis tanaman yang akhirnya mempengaruhi pertumbuhan, dan produksi tanaman. Penelitian tentang pengaruh tingkat ketersediaan air terhadap tanaman sudah lebih banyak dilakukan dibandingkan dengan penelitian tentang pengaruh perubahan suhu terhadap tanaman. Seperti telah banyak dipahami, perubahan iklim ditandai dengan kenaikan suhu udara, sehingga penelitian pengaruh perubahan iklim terhadap tanaman lebih tepat dimulai dengan mempelajari bagaimana pengaruh kenaikan suhu udara terhadap proses dalam tanaman dan pada produksi, sehingga dapat dikembangkan teknik bagaimana tanaman beradaptasi terhadap perubahan iklim.

Kedelai merupakan komoditas tanaman terpenting ketiga setelah padi dan jagung di Indonesia. Kebutuhannya terus meningkat dengan tingginya pertumbuhan penduduk dan juga bahan baku industri olahan pangan di Indonesia. Kedelai juga merupakan tanaman yang berperan penting dalam mencukupi kebutuhan pangan dan meningkatkan gizi masyarakat. Sebagai sumber protein nabati yang lebih terjangkau dibandingkan dengan daging, susu, dan ikan, kedelai mengandung sekitar 35% protein, 35% karbohidrat, dan 15% lemak. Selain itu, kedelai juga kaya akan mineral seperti kalsium, fosfor, dan besi, serta mengandung vitamin A

dan B. Dalam neraca pangan nasional tahun 2023 kebutuhan kedelai nasional sepanjang tahun mencapai 2.591.617 ton atau 215.968 per bulan (Nglamu, 2015).

Secara nasional, rata-rata produktivitas kedelai tahun 2023 adalah 14,56 ku/ha. Untuk sebaran rata-rata produktivitas kedelai di seluruh provinsi di Indonesia. Rata-rata produktivitas kedelai tertinggi, yaitu di atas 20,00 ku/ha terdapat hanya pada 1 provinsi, yakni Kalimantan Tengah. Rata-rata produktivitas kedelai yang dihasilkan oleh provinsi merata pada setiap kelompok nilai produktivitas. Untuk rata-rata produktivitas kedelai 15,00 ku/ha sampai dengan 20,00 ku/ha adalah Sulawesi Tenggara, Jambi, Lampung, Sulawesi Barat, Jawa Timur Jawa Tengah, dan Bali. Kemudian, rata-rata produktivitas kedelai terendah, terdapat pada 4 provinsi, antara lain Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Tengah, Nusa Tenggara Timur, dan Kalimantan Utara (Rahmasari., dkk, 2016).

Kedelai tumbuh dengan baik pada suhu tertentu (sekitar 20- 30°C), ketinggian kurang dari 600 m dpl.. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan stres termal, yang menghambat fotosintesis dan pertumbuhan tanaman (Wuye, 2016). Kedelai tergolong tanaman hari pendek, yaitu tidak mampu berbunga bila panjang hari (lama penyinaran) melebihi 16 jam, dan mempercepat pembungaan bila lama penyinaran kurang dari 12 jam. Tanaman hari pendek pada kedelai bermakna bahwa hari (panjang penyinaran) yang semakin pendek akan merangsang pembungaan lebih cepat. Lamanya periode gelap (tanpa sinar) menentukan dan mengatur faktor induksi pembungaan. sehingga setiap wilayah dengan perbedaan panjang hari satu jam atau lebih, memerlukan varietas yang spesifik bagi wilayah itu. Panjang hari di Indonesia hampir seragam dan konstan sekitar 12 jam. Varietas kedelai dari wilayah subtropika yang sesuai untuk panjang hari 14-16 jam, apabila ditanam di Indonesia yang panjang harinya 12 jam, akan mempercepat pembungaan, pada umur 20-22 hari walaupun batang tanaman masih pendek, tanaman sudah berbunga. Di tempat aslinya varietas asal subtropika berbunga pada umur tanaman sekitar 50 hari, pada saat batang kedelai sudah tumbuh setinggi 60-70 cm.

Fenologi tanaman didefinisikan sebagai studi tentang fenomena siklik dan musiman tumbuhan yang berhubungan dengan faktor lingkungan biotik dan abiotik yang secara visual adalah tahap pertumbuhan tanaman seperti munculnya kuncup, keluarnya daun, penuaan daun dan munculnya pembungaan dan kematangan buah. Setiap tanaman memiliki informasi tahapan perkembangan fenologi seperti kemunculan buah, pembungaan, pembuahan, pematangan, yang sangat penting untuk pengawasan produksi tanaman dan prediksi hasil pada bidang pertanian. Kaitan antara fenologi dan perubahan iklim adalah bagaimana perubahan iklim dapat mengubah waktu atau pola fenologi. Contohnya suhu yang lebih hangat dapat mempercepat berbunga tanaman atau memengaruhi waktu migrasi burung (Canisius dkk., 2018). Fenologi tanaman yang merupakan deskripsi fase tumbuh tanaman dapat dikuantifikasikan melalui konsep yang disebut *Growing Degree Days* (GDD). GDD adalah hubungan antara suhu udara dengan laju pertumbuhan tanaman; sebuah hubungan yang linier yang berasumsi bahwa laju pertumbuhan tanaman proporsional dengan suhu udara. GDD juga dapat digunakan untuk memprediksi umur tanaman sehingga waktu panen tidak lagi hanya berdasarkan hari setelah tanam tetapi memperhitungkan faktor cuaca.

Penelitian ini mempelajari bagaimana fenologi tanaman kedelai berubah ketika ditanam di dataran tinggi yang bukan merupakan habitat penanaman kedelai dan juga untuk mengetahui bagaimana pertumbuhan dan produksi kedelai pada penanaman di dataran tinggi. Dengan demikian penelitian ini juga bertujuan menghitung GDD pada setiap fase tumbuh kedelai yang ditanam di dataran tinggi. Penanaman kedelai dalam penelitian ini merupakan penanaman kedua sehingga akan dapat dipelajari bagaimana fenologi tanaman dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, panjang hari, dan ketersediaan air. Waktu tanam yang berbeda pasti memiliki kondisi lingkungan terutama suhu yang berbeda sehingga akan terjadi perbedaan fenologi, pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai yang berbeda.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapat dari penelitian ini adalah berikut:

1. Apakah terjadi perbedaan pada tahap fenologi, laju pertumbuhan dan hasil produksi antara 3 varietas kedelai yang ditanam di dataran tinggi?
2. Berapakah nilai *growing degree days* 3 varietas kedelai yang ditanam di dataran tinggi?
3. Apakah pemberian bahan organik akan mempengaruhi tahap fenologi, laju pertumbuhan dan hasil pada 3 varietas kedelai yang ditanam di dataran tinggi?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dikemukakan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi tahap fenologi, laju pertumbuhan dan hasil produksi pada 3 varietas tanaman kedelai yang ditanam di dataran tinggi pada penanaman kedua.
2. Mengetahui dan menghitung nilai Growing Degree Days pada 3 varietas tanaman kedelai.
3. Mengetahui apakah pemberian bahan organik yang mempengaruhi kelembaban tanah akan mempengaruhi tahap fenologi, laju pertumbuhan dan hasil pada 3 varietas tanaman kedelai yang ditanam di dataran tinggi

1.4 Landasan Teori

Perubahan iklim didefinisikan sebagai perubahan pola distribusi cuaca yang terjadi dalam rentang waktu yang sangat panjang, bahkan hingga jutaan tahun yang lalu. Sementara itu, istilah perubahan iklim dan pemanasan global digunakan untuk menggambarkan peningkatan suhu yang teramati di permukaan bumi. Dari sudut pandang waktu, perubahan iklim dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti variasi radiasi matahari yang disebabkan oleh perubahan parameter orbit bumi

serta fluktuasi aktivitas matahari yang diamati melalui jumlah bintik matahari.

Dalam beberapa dekade terakhir, perubahan iklim telah diidentifikasi sebagai akibat utama dari aktivitas manusia, terutama pembakaran bahan bakar fosil dan polusi yang ditimbulkan oleh pertumbuhan populasi serta industrialisasi, yang sering disebut sebagai pemanasan global (Haunschild., dkk, 2016).

Salah satu tanaman yang rentan terhadap perubahan iklim adalah kedelai. Kedelai (*Glycine max* L.) dikategorikan sebagai tanaman polong-polongan dan dikenal sebagai sumber utama protein serta minyak nabati di dunia. Namun, sekitar 40% dari kebutuhan domestik hanya dapat dipenuhi oleh produksi kedelai dalam negeri, sementara sisanya, sekitar 60%, harus dipenuhi melalui impor kedelai (Carolina, 2016). Selain itu adanya pengaruh perubahan iklim menjadi salah satu faktor yang sulit dikontrol dan berdampak terhadap perubahan produksi kedelai. Fenologi adalah studi tentang hubungan antara perkembangan tanaman dengan perubahan iklim dan musim, seperti suhu dan lamanya pencahayaan per hari, terutama terhadap perubahan dalam bentuk fenomena yang periodik seperti proses pembentukan daun, bunga dan dormansi. Fenologi tanaman dapat diartikan sebagai studi mengenai pola siklus dan perubahan musiman pada tumbuhan yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan biotik maupun abiotik. Secara visual, fenologi tanaman terlihat dari perubahan seperti munculnya kuncup, pertumbuhan daun, penuaan daun, pembungaan, serta pematangan buah. Setiap tanaman memiliki tahapan perkembangan fenologi, termasuk kemunculan buah, pembungaan, pembuahan, dan pematangan. Informasi ini sangat penting dalam pemantauan produksi tanaman serta perkiraan hasil panen di bidang pertanian (Rizkyma, 2023).

Fenologi tanaman semakin dipengaruhi oleh perubahan iklim yang ditandai dengan peningkatan suhu, perubahan pola curah hujan, serta pergeseran musim, sehingga berbagai fase pertumbuhan seperti perkecambahan, pembungaan, dan pembuahan telah mengalami percepatan atau keterlambatan yang tidak sesuai dengan kondisi lingkungan alami, di mana perubahan ini telah menyebabkan ketidakseimbangan antara tanaman dengan organisme lain. Pengaruh perubahan

iklim khususnya suhu yang berpengaruh kuat terhadap fisiologis tanaman yang akhirnya mempengaruhi pertumbuhan, dan produksi tanaman (Timotiwu., et al, 2021).

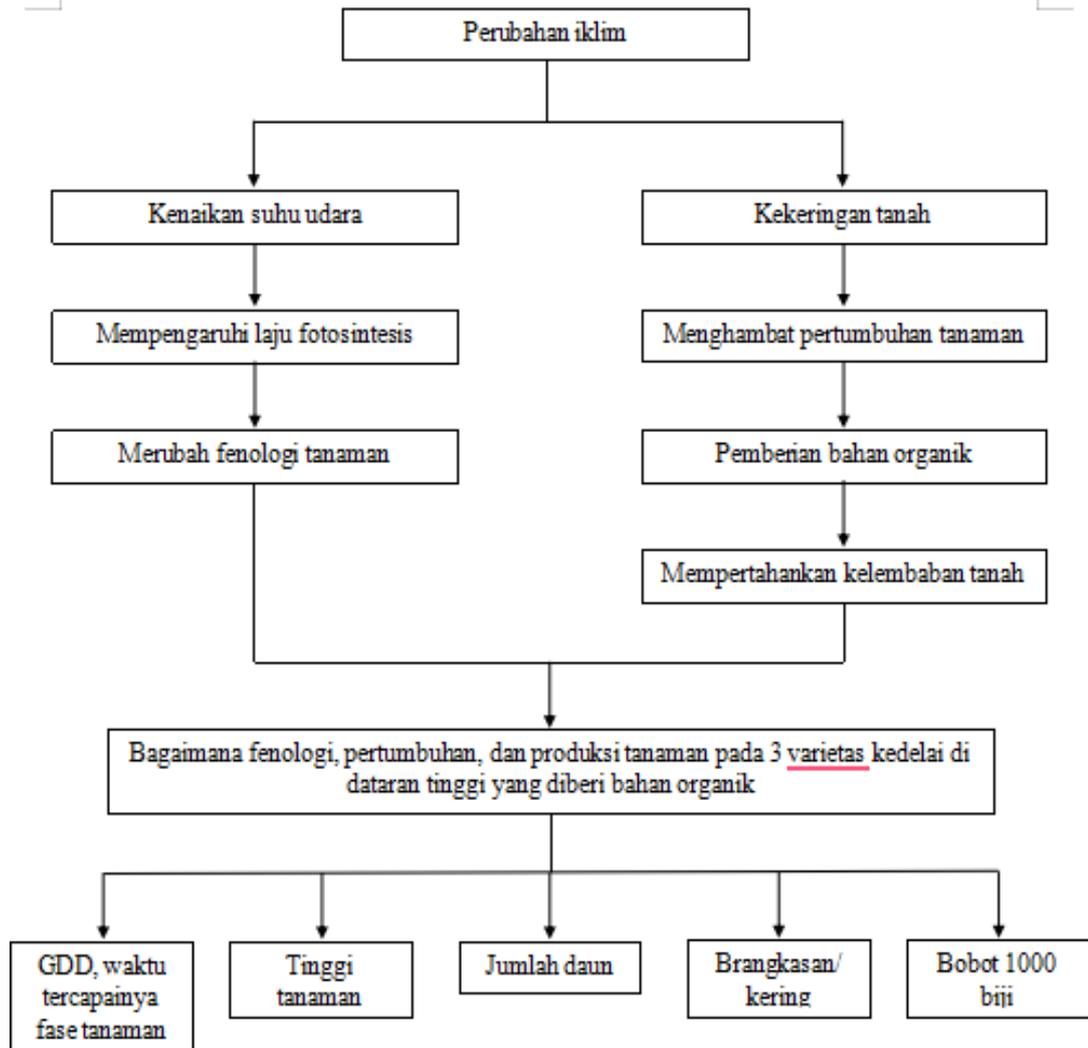
Fenologi tanaman, yang merupakan deskripsi fase tumbuh tanaman, dapat dikuantifikasikan melalui konsep yang disebut *Growing Degree Days* (GDD). *Growing Degree Days* (GDD) telah digunakan untuk mengukur pengaruh suhu terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman (fenologi), yang juga dikenal sebagai Heat Unit. Dalam perhitungan GDD, akumulasi panas yang diperlukan untuk mencapai fase-fase pertumbuhan tertentu telah dihitung berdasarkan suhu harian yang melebihi ambang batas tertentu. Melalui konsep ini, perkiraan waktu panen dapat dilakukan dengan lebih akurat, sehingga efisiensi produksi pertanian dapat ditingkatkan. Dengan menggunakan GDD, variabilitas dalam perkembangan tanaman akibat perubahan suhu telah dapat diprediksi, sehingga tindakan agronomis yang tepat dapat diterapkan. Selain itu, perencanaan budidaya telah disesuaikan dengan pola perubahan iklim agar hasil panen dapat dioptimalkan (Pertiwi, 2018).

Menurut Sumarno dan Mashuri (2016), suhu rata-rata yang ideal untuk pertumbuhan kedelai berkisar antara 20–30 °C, sementara suhu tahunan dan bulanan rata-rata di Malang bagian Selatan berada di kisaran 25–26 °C. Utomo (2011) menyebutkan bahwa suhu memengaruhi fotorespirasi tanaman, di mana peningkatan suhu di sekitar tanaman dapat memengaruhi konsentrasi CO₂ dan O₂ di permukaan daun. Prawoto (2007) dalam Utomo (2011) menjelaskan bahwa suhu tinggi dan intensitas cahaya berlebihan dapat menyebabkan pelepasan O₂ dari H₂O, sehingga konsentrasi O₂ di permukaan daun lebih tinggi dibandingkan CO₂, yang mengakibatkan terjadinya fotorespirasi. Sebagai tanaman C₃, kedelai mengalami fotorespirasi yang mengurangi hasil bersih fotosintesis dibandingkan tanaman C₄ (Ramadhani et al., 2013).

Dalam menghadapi tantangan ini, penerapan strategi adaptasi dan mitigasi menjadi hal yang sangat penting (Wahyuanto, 2024). Upaya adaptasi mencakup pengembangan serta pemanfaatan varietas tanaman yang lebih tahan terhadap

kondisi iklim ekstrem, seperti varietas kedelai yang memiliki ketahanan terhadap kekeringan maupun suhu tinggi (Perdinan et al., 2018). Selain itu, inovasi dalam teknik budidaya, seperti sistem irigasi yang lebih efisien dan pengelolaan tanah yang berkelanjutan, juga berperan dalam meningkatkan ketahanan sektor pertanian terhadap perubahan iklim. Penggunaan varietas tahan iklim ini tidak hanya bertujuan untuk menjaga produktivitas pertanian di tengah perubahan lingkungan yang tidak menentu, tetapi juga untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, seperti air dan pupuk. Dengan memilih varietas yang mampu bertahan dalam kondisi lingkungan yang kurang optimal, petani dapat meminimalkan risiko gagal panen serta mengurangi ketergantungan pada input eksternal, seperti irigasi tambahan dan pupuk sintetis (Sari, 2015).

1.5 Kerangka Pemikiran



Gambar 1. Diagram Alir Kerangka Pemikiran.

Perubahan iklim adalah sebuah persoalan penting yang menjadi ancaman bagi seluruh manusia di bumi. Seperti diketahui, pemanasan global yang semakin meningkat telah menyebabkan adanya perubahan iklim yang berdampak buruk bagi kehidupan manusia. Perubahan iklim berupa peningkatan suhu dan perubahan pola curah hujan dapat mempengaruhi kondisi fisik dan biologi lingkungan, yang demikian secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi sektor pertanian. Dampak tersebut telah dirasakan oleh para petani, di mana hasil panen mereka terpengaruh oleh perubahan cuaca .

Kenaikan suhu udara telah menyebabkan perubahan signifikan dalam proses fisiologis tanaman. Laju fotosintesis dipengaruhi oleh suhu yang semakin tinggi, di mana enzim-enzim yang berperan dalam proses tersebut mengalami gangguan aktivitas. Akibatnya, efisiensi penyerapan karbon dioksida oleh daun menurun, sehingga produksi energi dan biomassa yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman menjadi berkurang. Selain itu, perubahan suhu juga telah menyebabkan fenologi tanaman mengalami pergeseran. Waktu berbunga dan berbuah pada berbagai jenis tanaman telah berubah akibat paparan suhu yang tidak sesuai dengan kebutuhan fisiologisnya. Pada beberapa tanaman, fase pertumbuhan generatif terjadi lebih cepat, yang berpotensi menurunkan kualitas dan kuantitas hasil panen. Sebaliknya, ada pula tanaman yang mengalami keterlambatan dalam perkembangan karena terganggunya mekanisme adaptasi terhadap suhu yang semakin ekstrem.

Lahan pertanian mengalami kekeringan akibat meningkatnya suhu, sementara banjir dan curah hujan yang tidak teratur juga telah menyebabkan kerusakan pada tanaman. Selain itu, produktivitas pertanian juga telah menurun akibat terganggunya siklus tanam dan panen. Namun, tantangan besar masih harus dihadapi agar ketahanan pangan tetap terjaga di tengah perubahan iklim yang terus terjadi kekeringan yang berkepanjangan menyebabkan tanah kehilangan kelembaban secara drastis, sehingga kemampuan tanah dalam menyerap dan menyimpan air berkurang. Akibatnya, struktur tanah menjadi lebih keras dan retak, yang pada akhirnya menghambat pertumbuhan akar tanaman. Selain itu, ketersediaan air irigasi juga semakin menipis akibat berkurangnya sumber air alami, seperti sungai dan waduk yang mengalami penyusutan debit air. Kondisi ini memaksa petani untuk menyesuaikan pola tanam mereka atau bahkan menunda musim tanam demi menghindari gagal panen.

Produktivitas pertanian juga telah menurun akibat terganggunya siklus tanam dan panen. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi dampak perubahan iklim ini, termasuk penerapan teknologi pertanian yang lebih adaptif dan ramah lingkungan, seperti sistem irigasi tetes, penggunaan varietas tanaman tahan

kekeringan, serta penerapan metode konservasi tanah dan air. Namun, tantangan besar masih harus dihadapi agar ketahanan pangan tetap terjaga di tengah perubahan iklim yang terus terjadi. Gangguan ini juga berdampak pada fase reproduksi tanaman. Banyak tanaman mengalami penurunan produksi bunga dan buah akibat suhu yang tidak sesuai dengan kebutuhan fisiologisnya. Serangan hama dan penyakit pun semakin meningkat karena perubahan suhu dan kelembaban yang mendukung perkembangbiakan organisme pengganggu tanaman.

Pemberian bahan organik dilakukan untuk mempertahankan kelembapan tanah di lahan pertanian. Melalui proses dekomposisi, bahan organik diubah menjadi humus, yang kemudian meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air. Dengan adanya humus, pori-pori tanah menjadi lebih stabil, sehingga air dapat diserap dan disimpan lebih lama di dalam tanah. Selain itu, struktur tanah juga diperbaiki dengan penambahan bahan organik, sehingga aerasi dan drainase tanah dapat diatur dengan lebih baik. Proses penguapan air dari permukaan tanah dikurangi, sehingga kelembapan tanah dapat dipertahankan dalam jangka waktu yang lebih lama. Akar tanaman lebih mudah menyerap air dan nutrisi yang tersedia, sehingga pertumbuhan tanaman tetap terjaga meskipun dalam kondisi cuaca yang tidak menentu. Dengan pemberian bahan organik secara rutin, ketahanan tanah terhadap kekeringan dapat ditingkatkan, dan risiko degradasi tanah akibat perubahan iklim dapat diminimalkan.

Dalam menghadapi tantangan yang ditimbulkan oleh perubahan iklim, pengujian fenologi, pertumbuhan, dan produksi tanaman kedelai telah dianggap sebagai langkah yang sangat penting. Melalui pengujian ini, pengaruh berbagai faktor lingkungan terhadap perkembangan tanaman kedelai dari fase perkecambahan hingga panen dapat dievaluasi secara menyeluruh. Data yang diperoleh dari pengujian tersebut digunakan untuk memahami bagaimana suhu, curah hujan, dan kondisi tanah mempengaruhi setiap tahapan pertumbuhan kedelai. Peningkatan produktivitas kedelai dapat diupayakan melalui penerapan metode budidaya yang lebih adaptif. Tidak hanya itu, keberlanjutan pertanian juga dapat didukung

dengan pengembangan teknik pengelolaan lahan dan pemilihan varietas unggul yang lebih tahan terhadap stres lingkungan. Oleh karena itu, pengujian fenologi dan pertumbuhan kedelai terus dilakukan sebagai bagian dari langkah strategis dalam menjaga ketahanan pangan di tengah tantangan perubahan iklim.

1.6 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, maka hipotesis untuk penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Terdapat perbedaan tahapan fenologi, laju pertumbuhan dan hasil pada 3 varietas kedelai yang berbeda.
2. Terdapat perbedaan tahapan fenologi, laju pertumbuhan dan hasil produksi pada media tanam yang berbeda.
3. Terdapat interaksi antara varietas dan media tanam terhadap tahapan fenologi, laju pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kedelai.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Tanaman Kedelai

Menurut Adisarwanto (2014), klasifikasi ilmiah tanaman kedelai adalah sebagai berikut:

Kingdom: Plantae

Divisi: Spermatophyta

Kelas: Dicotyledonea

Ordo: Rosales

Famili: Leguminosae

Genus: *Glycine*

Spesies: *Glycine max* (L.) Merr.

2.2 Morfologi Tanaman Kedelai

1. Akar

Akar tanaman kedelai mulai tumbuh dari bagian kulit biji yang terbelah di sekitar mikrofil. Sementara itu, dua keping kotiledon terangkat ke atas permukaan tanah karena pertumbuhan hipokotil yang cepat dan berwarna ungu. Sistem perakaran kedelai terdiri atas akar utama (tunggang) dan akar samping (sekunder). Di samping itu, tanaman kedelai juga sering menghasilkan akar adventif yang tumbuh dari bagian bawah hipokotil. Tanaman kedelai memiliki bintil akar yang berperan dalam mengikat nitrogen dari udara dengan bantuan bakteri *Rhizobium japonicum*. Biasanya, bintil akar ini mulai aktif mengikat nitrogen dari atmosfer pada usia sekitar 10 hingga 12 hari setelah penanaman (Adisarwanto, 2014).

2. Batang

Pertumbuhan batang pada tanaman kedelai terbagi menjadi dua jenis, yaitu tipe determinate dan indeterminate. Perbedaan antara keduanya didasarkan pada keberadaan bunga di ujung batang. Pada tipe determinate, pertumbuhan batang akan berhenti saat tanaman mulai berbunga. Sebaliknya, pada tipe indeterminate, ujung batang masih terus menghasilkan daun meskipun proses pembungaan sudah dimulai (Nur, 2014).

3. Daun

Daun pada tanaman kedelai tumbuh secara berselang-seling dan terdiri atas tiga helai daun (trifoliate). Tangkainya berbentuk silindris, memanjang, dan meruncing di ujung. Daun penumpunya (stipula) berukuran kecil dan berbentuk runcing menyerupai lanset, dengan stipel yang juga kecil. Helai daun memiliki bentuk oval dan menyirip, biasanya berwarna hijau muda, dengan pangkal daun yang membulat. Ujung daunnya bisa tajam atau tumpul, dan daun di sisi samping cenderung agak miring. Umumnya, daun pada sebagian besar varietas kedelai akan rontok ketika polong mulai memasuki fase pematangan (Septiatin, 2012).

4. Polong

Polong kedelai mulai terbentuk sekitar 7 hingga 10 hari setelah bunga pertama muncul. Jumlah polong yang tumbuh pada setiap ketiak daun bervariasi, berkisar antara 1 hingga 10 buah dalam satu kelompok. Dalam satu tanaman, total polong bisa mencapai lebih dari 50 bahkan hingga ratusan. Ukuran dan bentuk polong akan mencapai titik maksimal saat awal tahap pematangan biji. Pada tahap ini, biasanya terjadi perubahan warna polong dari hijau menjadi kuning kecokelatan saat memasuki fase kematangan (Yulien, 2014). Dalam satu tanaman, total polong bisa mencapai lebih dari 50 bahkan hingga ratusan. Ukuran dan bentuk polong akan mencapai titik maksimal saat awal tahap pematangan biji. Pada tahap ini, biasanya terjadi perubahan warna polong dari hijau menjadi kuning kecokelatan saat memasuki fase kematangan (Yulien, 2014).

5. Biji

Bentuk biji kedelai bervariasi tergantung pada varietasnya, bisa berbentuk

bulat, agak pipih, atau menyerupai bulat telur. Umumnya, biji kedelai memiliki bentuk bulat telur. Biji terdiri atas dua komponen utama, yaitu kulit biji dan embrio (janin). Pada bagian kulit biji terdapat pusar (hilum) yang warnanya bisa coklat, hitam, atau putih. Di ujung hilum terdapat mikrofil, yaitu lubang kecil yang terbentuk selama proses perkembangan biji (Fernando, 2021)

2.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kedelai

Agar tumbuh optimal, kedelai memerlukan tanah yang subur, kaya humus, dan memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dengan pH antara 6-7.

Keberadaan bahan organik dalam jumlah cukup akan meningkatkan kualitas tanah, mendukung aktivitas mikroorganisme, dan membantu pelepasan unsur hara yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman. Pertumbuhan dan hasil tanaman dapat ditentukan oleh tiga faktor utama, ketiga faktor tersebut adalah tanah, iklim/cuaca dan tanaman (Herry, 2020).

Faktor iklim yang menentukan pertumbuhan tanaman kedelai adalah: lama dan intensitas sinar matahari (panjang hari), suhu, kelembaban udara dan curah hujan. Kedelai lebih cocok tumbuh di iklim kering dibandingkan dengan iklim yang sangat lembap. Tanaman ini umumnya ditemukan di wilayah beriklim tropis dan subtropis. Suhu ideal untuk pertumbuhan kedelai berkisar antara 21-34 °C, dengan suhu optimal antara 23-27 °C. Sementara itu, pada tahap perkecambahan, benih kedelai memerlukan suhu sekitar 30 °C (Y Rante, 2013).

2.4 Fase Perumbuhan Tanaman Kedelai

Pertumbuhan tanaman kedelai terbagi dalam dua fase yakni fase vegetatif (V) dan generatif (R). Fase vegetatif dimulai sejak tanaman tumbuh hingga munculnya bunga pertama pada batang utama. Sedangkan fase generatif dimulai dengan terbentuknya bunga hingga 95% polong telah matang, meliputi pembentukan polong, perkembangan biji dan pemasakan biji (Adisarwanto, 2007).

| Sandi Fase | Fase Pertumbuhan | Keterangan |
|------------|------------------|---|
| Ve | Kecambah | Tanaman baru muncul di atas tanah |
| Vc | Kotiledon | Daun keping (kotiledon) terbuka dan dua daun tunggal di atasnya juga mulai terbuka |
| V1 | Buku kesatu | Daun tunggal pada buku pertama telah berkembang penuh, dan daun berangkai tiga pada buku di atasnya telah terbuka |
| V2 | Buku kedua | Daun berangkai tiga pada buku kedua telah berkembang penuh, dan daun pada buku di atasnya telah terbuka |
| V3 | Buku ketiga | Daun berangkai tiga pada buku ketiga telah berkembang penuh, dan daun pada buku keempat telah terbuka |
| V4 | Buku keempat | Daun berangkai tiga pada buku keempat telah berkembang penuh, dan daun pada buku kelima telah terbuka |
| Vn | Buku ke n | Daun herangkai tiga pada buku ke n telah berkembang penuh |

Tabel 1. Vase Vegetatif Tanaman Kedelai.

Sumber: adisarwanto, 2007.

Fase perkecambahan (VE) ditunjukkan dengan kemunculan kotiledon ke permukaan tanah. Fase kotiledon (VC) ditandai dengan berkembangnya daun unfoliolat. Hal yang terjadi fase ke-1 (V1) dicirikan oleh terbukanya daun secara penuh pada buku unfoliolat. Periode dari fase perkecambahan hingga fase buku ke-1 rata-rata berlangsung selama 14 hari. Fase buku ke-2 (V2) ditandai dengan terbukanya daun trifoliolat secara penuh pada buku ke-2 di atas buku unfoliolat. Perkembangan fase buku ke-1 berlangsung dalam waktu rata-rata 7 hari. Fase buku ke-3 (V3) dicirikan oleh keberadaan daun yang terbuka sempurna pada buku ketiga batang utama. Perkembangan dari fase buku ke-2 hingga buku ke-3 berlangsung dalam waktu rata-rata 5 hari (Pedersen, 2016).

| Sandi 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 | Mulai 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 utama berisi biji bewarna hijau atau biru yang telah memenuhi rongga polong (besar biji mencapai maksimum) |
| R7 | Polong mulai kuning, coklat matang | Satu polong pada batang utama menunjukkan warna matang (bewarna abu-abu atau kehitaman) |
| R8 | Polong matang penuh | 95% telah matang (kuning kecoklatan atau kehitaman) |

Tabel 2. Vase Generatif Tanaman Kedelai.

Sumber: adisarwanto, 2007.

Pertumbuhan generatif adalah fase pertumbuhan yang dimulai sejak tanaman mulai berbunga hingga proses pembentukan polong, perkembangan biji, dan pemasakan biji (Adisarwanto, 2007). Pada tanaman, pertumbuhan generatif bertujuan untuk mempertahankan keturunannya, dengan fase perkembangan generatif yang bervariasi pada setiap jenis tanaman. Pengetahuan tentang fase pertumbuhan kedelai sangat penting karena terkait dengan jenis keputusan yang akan diambil untuk memperoleh pertumbuhan yang optimal dengan tingkat

produksi yang maksimal dari tanaman kedelai, misalnya waktu pemupukan, penyiangan, pengendalian hama dan penyakit, serta penentuan waktu panen.

Tanah dan iklim merupakan komponen lingkungan tumbuh yang berpengaruh pada pertumbuhan tanaman kedelai. Di antara faktor kesuburan fisik kimia tanah yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kedelai yakni tekstur, struktur, drainase, kedalaman lapisan olah, pH, kandungan hara, kandungan bahan organik, dan kemampuan tanah menyimpan kelembaban (Salwa, 2013).

Tanaman kedelai dapat tumbuh pada kondisi suhu yang beragam. Suhu tanah yang optimal untuk proses perkecambahan adalah 30° C, bila suhu kurang dari 15° C maka proses perkecambahan akan lambat bisa mencapai 2 minggu (Adisarwanto, 2005). Suhu yang dikehendaki tanaman kedelai antara 21-34° C, suhu optimum untuk pertumbuhan kedelai adalah 23-27° C (Sumarno, 2016). Tanaman hari pendek seperti kedelai bermakna apabila hari (panjang penyinaran) yang semakin pendek akan merangsang pembungaan lebih cepat. Secara umum persyaratan panjang hari untuk tanaman kedelai berkisar 11-16 jam dengan panjang hari optimal untuk produktivitas tinggi 14-15 jam. Di Indonesia panjang hari relatif konstan yaitu sekitar 12 jam sehingga seluruh wilayah Indonesia secara geografis sesuai untuk budidaya kedelai (Sumarno, 2016).

2.5 Dampak Perubahan Iklim Terhadap Tanaman Kedelai

Dampak perubahan suhu yang terjadi pada perkecambahan dan pertumbuhan tanaman kedelai sangat berpengaruh terhadap proses tersebut. Perkecambahan dan pertumbuhan bibit benih kedelai merupakan tahap pertumbuhan kritis yang terjadi dalam kondisi suhu yang berbeda. Suhu merupakan salah satu faktor kunci yang mempengaruhi perkecambahan benih kedelai dan pertumbuhan bibit. Suhu yang sesuai dapat meningkatkan laju perkecambahan dan kecepatan benih kedelai, bermanfaat bagi pertumbuhan bibit yang sehat.

Namun, suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat berdampak buruk pada

perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit. Selama tahap perkecambahan, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan benih kehilangan kelembaban terlalu cepat, mempengaruhi tingkat dan kecepatan perkecambahan; Padahal, suhu yang terlalu rendah dapat menunda proses perkecambahan. Selama tahap pertumbuhan bibit, suhu yang sesuai mendukung pertumbuhan bibit yang kuat, tetapi suhu tinggi atau rendah dapat mengakibatkan pertumbuhan yang lambat, kerusakan, atau bahkan kematian bibit (Zhu *et al*, 2024).

2.6 Pengaruh Iklim Terhadap Tanaman Kedelai

Suhu yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kedelai berkisar antara 22- 27°C. Suhu berinteraksi dengan lama penyinaran dalam menentukan waktu berbunga dan pembentukan polong. Pada suhu kardinal (23-36°C), pertumbuhan organ vegetatif dan generatif tanaman kedelai maksimal, sedangkan pada suhu rendah dan tinggi terjadi penghambatan pertumbuhan. Suhu dibawah 15°C menghambat pembentukan polong, dan suhu diatas 30°C berpengaruh negatif terhadap kualitas biji dan daya tumbuh benih. Kelembapan udara yang optimal bagi tanaman kedelai berkisar antara RH 75-90% selama periode tanaman tumbuh hingga stadia pengisian polong, dan kelembapan udara rendah (RH 60-75%) saat pematangan polong hingga panen. Kelembapan udara terutama berpengaruh terhadap proses pematangan biji dan kualitas benih. Kedelai tumbuh baik pada tanah yang sedikit masam sampai mendekati netral, yaitu pada pH 5,5-7,0 dengan pH optimalnya adalah 6,0-6,5 (Diana, 2016).

Suhu optimum dalam perkecambahan kedelai yaitu 20-23°C. Suhu yang terlalu rendah, akan menyebabkan perkecambahan menjadi lambat. Sedangkan pada suhu terlalu tinggi akan menyebabkan banyak biji tidak berkecambah karena mati akibat respirasi yang terlalu tinggi (Yunita dkk., 2017). Kedelai dapat tumbuh dan berproduksi baik didaerah tropis. Tanaman ini dapat tumbuh di daerah yang memiliki ketinggian tempat 0 - 900 m dpl. Kondisi curah hujan yang ideal bagi pertanaman kedelai lebih dari 1500 mm/tahun dan curah hujan optimal antara 100-200 mm/bulan.

2.7 Fenologi Tanaman

Fenologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang periode fase-fase penting yang terjadi secara alami pada tumbuhan. Terjadinya fase-fase tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar, seperti lamanya paparan cahaya, suhu, dan kelembaban (Fewless, 2006). Tumbuhan memiliki perilaku yang berbeda-beda dalam pembentukan dan perkembangan bunga dan buah, namun secara umum diawali dengan munculnya kuncup bunga dan diakhiri dengan pematangan buah (Tabla dan Vargas, 2004).

Memahami fenologi tanaman berguna untuk mempelajari biologi reproduksi yang berperan penting dalam program konservasi spesies tanaman, yaitu untuk mendapatkan benih generasi baru (Baskorowati *et al.*, 2018). Studi fenologi juga bermanfaat untuk mengamati perubahan pola dan waktu reproduksi sebagai respon terhadap perubahan iklim (Bradley *et al.*, 1999). Fenologi tanaman juga didefinisikan sebagai studi tentang fenomena siklik dan musiman tumbuhan yang berhubungan dengan faktor lingkungan biotik dan abiotik yang secara visual adalah perubahan tanaman seperti munculnya kuncup, keluarnya daun, penuaan daun dan munculnya pembungaan dan kematangan buah (Fenner, 2017.).

2.8 Kualitas Benih dan Perubahan Iklim Terhadap Tanaman Kedelai

Perubahan iklim telah berdampak luas dan mendalam pada pertanian. Pertama, pemanasan global telah menyebabkan kenaikan suhu, memengaruhi musim tanam tanaman dan distribusi regional. Hal ini dapat membuat beberapa area penanaman tradisional tidak cocok untuk tanaman tertentu. Kedua, perubahan pola curah hujan dan peningkatan peristiwa curah hujan ekstrem berdampak negatif pada pertumbuhan dan panen tanaman, berpotensi menyebabkan penurunan hasil panen atau bahkan gagal panen total, yang mempengaruhi ketahanan pangan dan mata pencaharian produsen pertanian.

Selain itu, suhu yang lebih hangat dan peningkatan kelembaban menciptakan

kondisi yang menguntungkan bagi perkembangbiakan hama dan penyakit, menyebabkan infestasi yang lebih parah yang membutuhkan peningkatan penggunaan pestisida dan upaya pengendalian hama. Terakhir, perubahan iklim mempengaruhi distribusi dan ketersediaan sumber daya air, yang berpotensi menyebabkan kekurangan air dan kekeringan, yang sangat berdampak pada pertanian irigasi.

Dampak suhu pada perkecambahan dan pertumbuhan kedelai. Perkecambahan dan pertumbuhan bibit benih kedelai merupakan tahap pertumbuhan kritis yang terjadi dalam kondisi suhu yang berbeda. Suhu merupakan salah satu faktor kunci yang mempengaruhi perkecambahan benih kedelai dan pertumbuhan bibit. Suhu yang sesuai dapat meningkatkan laju perkecambahan dan kecepatan benih kedelai, bermanfaat bagi pertumbuhan bibit yang sehat. Namun, suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat berdampak buruk pada perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit.

Selama tahap perkecambahan, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan benih kehilangan kelembaban terlalu cepat, mempengaruhi tingkat dan kecepatan perkecambahan; Padahal, suhu yang terlalu rendah dapat menunda proses perkecambahan. Selama tahap pertumbuhan bibit, suhu yang sesuai mendukung pertumbuhan bibit yang kuat, tetapi suhu tinggi atau rendah dapat mengakibatkan pertumbuhan yang lambat, kerusakan, atau bahkan kematian bibit (Li T *et al.*, 2024).

2.9 Pengaruh Bahan Organik

Bahan organik tanah berperan dalam pembentukan agregat tanah dengan berfungsi sebagai perekat yang menyatukan partikel-partikel tanah, sehingga berkontribusi dalam pembentukan struktur tanah. Pengaruh bahan organik terhadap struktur tanah sangat bergantung pada tekstur tanah yang diberi perlakuan (Stevenson, 2018) Bahan organik berperan sebagai sumber energi bagi makro dan mikrofauna dalam tanah. Penambahannya ke dalam tanah

dapat meningkatkan aktivitas serta populasi mikroorganisme, terutama yang terlibat dalam proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik.

Ketersediaan unsur hara menjadi faktor utama dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Jika tanaman tidak mendapatkan hara yang cukup, pertumbuhannya akan terhambat. Sesuai dengan fisiologi tanaman, unsur hara diserap oleh akar melalui mekanisme pertukaran ion atau difusi, kemudian masuk ke jaringan tanaman dan berperan dalam proses metabolisme untuk mendukung pertumbuhan. Jika jumlah atau jenis hara yang tersedia tidak mencukupi, tanaman akan mengalami pertumbuhan yang kurang optimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap faktor pembatas ini agar dapat diterapkan strategi perbaikan yang efektif, salah satunya melalui pemberian bahan organik yang efisien (Subowo, 2010).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Februari 2025 sampai Juni 2025 di UPTD Balai Benih Induk (BBI) Tanaman Hortikultura dan Pengembangan Lahan Kering, Unit Produksi Benih Tanaman Sayuran. UPTD BBI terletak di Kecamatan Sekincau, Kabupaten Lampung Barat dengan ketinggian tempat 1100 m dpl. Kabupaten Lampung Barat merupakan salah satu Kabupaten di Provinsi Lampung, dengan Ibu Kota Liwa. Secara astronomis Kabupaten Lampung Barat terletak antara 104°31' Bujur Timur dan 05° 05' Lintang Selatan.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu data logger model GM1365, timbangan, penggaris, sprayer, alat tulis, drum air 200 L, gembor, selang air, polybag, cangkul, gelas ukur.

Sedangkan bahan-bahan yang digunakan, benih tanaman kedelai 3 varietas (Varietas Grobogan, Varietas Dena 1, Varietas Deja 2), Ken-fas 100 EC, Regent 50 SC, bahan organik (pupuk kandang kotoran ayam), pupuk NPK mutiara 16-16-16.

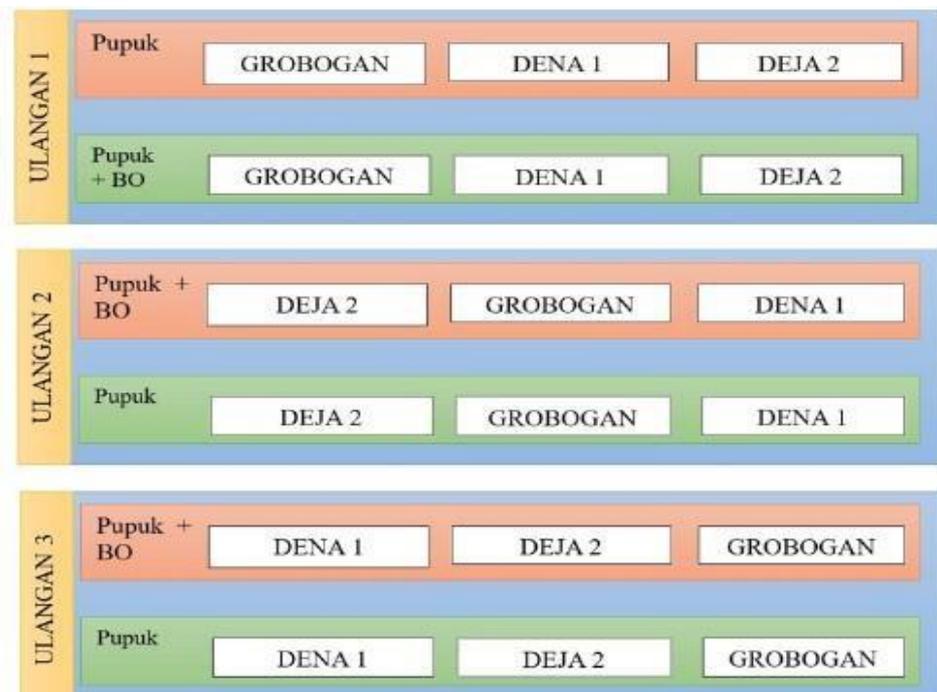
3.3 Metode Penelitian

3.3.1. Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan Strip-Plot dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua perlakuan (varietas kedelai dan bahan organik) yang diulang sebanyak 3 kali pengulangan sehingga memiliki $((2 \times 3) \times 4) \times 3 = 72$ satuan percobaan. Tiga varietas kedelai yang digunakan pada penelitian ini adalah Varietas Grobogan, Varietas Dena 1, dan Varietas Deja 2. Analisis data yang digunakan adalah uji Bartlett yang dilanjutkan dengan uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) menggunakan taraf 5%.

3.3.2 Tata Letak Percobaan

Berikut ini tata letak antar perlakuan yang diterapkan pada tanaman kedelai.



Gambar 2. Tata Letak Tanaman Kedelai.

3.3.3. Pelaksanaan Penelitian

3.3.3.1 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan mengambil sampel tanah pada tanggal 21 Februari 2025 secara komposit. Pengambilan sampel tanah dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan kimia tanah seperti kadar nutrisi, pH, dan kelembaban.

3.3.3.2 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan berupa tanah yang diambil menggunakan cangkul di sekitar lahan pertanian UPB BBI Sekincau. Sebagian tanah yang sudah diambil kemudian dicampurkan dengan bahan organik (kotoran ayam) serta perbandingan antara bahan organik dan tanah yaitu 1:4 untuk digunakan sebagai media perlakuan penambahan bahan organik. Media tanam disiapkan 10 hari sebelum penanaman dan dilakukan penjemuran agar memastikan tidak ada hama dan gulma dalam tanah.

3.3.3.3 Penanaman

Penanaman dilakukan secara serempak di dalam polybag berukuran 50x50 cm yang berisi 18 kg media tanam dengan jumlah bibit yang ditanam sebanyak 3 benih untuk setiap polybag. Penanaman dilakukan pada pagi hari tanggal 22 Februari 2025 di rumah kaca UPB BBI Sekincau.

3.3.3.4 Dosis Pemupukan

Dosis pupuk yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 kg NPK mutiara/200 L air. Waktu pengaplikasian dilakukan sebanyak 3 kali yaitu saat memasuki fase daun ke- 3/4 (10-15 HST), fase P1 (30-35 HST), dan fase pembungaan (60-65 HST).

Pemupukan dilakukan dengan cara dikocor dan diaplikasikan pada saat sore hari. Pemupukan pada masing-masing petak percobaan dilakukan dengan perhitungan

persamaan dibawah ini.

a. Dosis pupuk per kg Tanah

- Diasumsikan berat tanah lapisan olah tanah 1 ha = 2.000.000 kg (dari volume tanah $10.000 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} \times 1,0 \text{ t/m}^3$)
- Dosis per kg tanah = = 0,6 g/kg

b. Dosis Pupuk per polybag

$$\text{Dosis pupuk per polybag (g)} = 0,06 \frac{\text{g}}{\text{kg}} \times 18 \text{ kg} = 10,8 \text{ g/polybag}$$

c. Perhitungan Dosis Pupuk Semua Polybag

- Dosis sekali aplikasi:

$$\text{Dosis per polybag (g)} = 10,8 \times 72 \text{ polybag} = 777 \text{ gram}$$

$$\text{Dosis per polybag (g)} = \left(\frac{772}{72} \right)$$

$$\text{Dosis per polybag (g)} = 10,79 \text{ liter/polybag}$$

Sehingga aplikasi pemupukan untuk setiap tanaman kedelai dalam polybag berukuran 50x50 cm memerlukan sekitar 10,79 L larutan pupuk NPK mutiara 16-16-16 untuk mencapai dosis yang optimal.

3.3.3.5 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan untuk tanaman kedelai pada penelitian ini adalah penyiraman, penyiangan gulma, serta penanganan hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan sebanyak 2 kali sehari yaitu saat pagi hari dan sore hari. Penyiangan gulma akan dilakukan secara mekanis setelah tanaman berumur 1 MST dan selanjutnya akan dilakukan tergantung banyaknya populasi gulma per polybag. Hama yang menyerang tanaman kedelai umumnya adalah lalat batang, lalat pucuk, kutu kebul dan kutu daun yang dapat diatasi dengan menggunakan insektisida Ken- fas 100 EC dan Regent 50 SC. Sedangkan untuk penyakit umumnya adalah antraknosa, penyakit bulai, dan bercak coklat yang dapat diatasi dengan pestisida Devtop.

3.3.3.6 Pemanenan

Tanaman kedelai dapat dipanen ketika sebagian besar daun (90-95%) sudah menguning kecoklatan lalu gugur, tetapi bukan karena serangan hama atau penyakit. Batang-batangnya sudah kering, demikian juga buah mulai berubah warna dari hijau menjadi kuning kecoklatan dan retak-retak, atau polong sudah kelihatan tua, batang berwarna kuning agak coklat dan gundul.

3.4 Variabel Pengamatan

3.4.1 Unsur Cuaca

Unsur cuaca yang diamati pada penelitian ini yaitu suhu dan kelembaban udara harian yang diukur setiap selang 1 jam dengan menggunakan alat pengukur suhu dan kelembaban yang disertai dengan Flash USB temperature & humidity data logger model GM1365.

3.4.2. Pengamatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman

Tanaman diamati setiap hari untuk mengetahui kapan tanaman tersebut mencapai setiap fase pertumbuhan dan perkembangannya. Pengamatan fenologi ini dilakukan dengan mendokumentasikan foto perkembangan tanaman setiap hari sebagai data deskriptif. Selain itu, terdapat juga variabel pengamatan budidaya yang diamati yaitu sebagai berikut:

1. Jumlah daun

Perhitungan jumlah daun dihitung pada setiap tanaman. Perhitungan jumlah daun dilakukan pada setiap sampel tanaman. Pengamatan dilakukan pada saat 1 MST-8 MST.

2. Tinggi tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan pada setiap sampel tanaman dan diukur setiap minggunya, tepatnya pada 1 MST-8 MST. Pengukuran tinggi tanaman, diukur dari permukaan atas media tanam daun terpanjang lalu diukur menggunakan mistar.

3. Bobot Basah Brangkasan

Bobot basah brangkasan diambil dari bobot akar, bobot batang, bobot daun, dan bobot polong secara keseluruhan. Bobot basah brangkasan di timbang langsung menggunakan timbangan analitik dengan kondisi tanaman baru selesai dipanen (dalam kondisi segar).

4. Bobot Kering Brangkasan

Bobot kering brangkasan ditimbang setelah bagian batang dan daun dalam kondisi kering (dijemur selama 5 hari) dan sudah dioven pada suhu 80°C selama 3 hari (72 jam).

5. Kadar Air Benih

Pengukuran kadar air dilakukan dengan mengambil sampel pada setiap varietas benih tersebut. Pengukuran kadar air benih dilakukan dengan menggunakan oven, benih dioven pada 105°C selama 1 hari (24 jam).

6. Pengamatan Fenologi

Pengamatan dilakukan dengan mengamati waktu perubahan fase-fase yang terjadi pada tanaman kedelai baik itu fase vegetatif maupun fase generatif, mulai dari tanaman berkecambah hingga menghasilkan biji.

3.5. Pengolahan Data

3.5.1. Perhitungan Growing Degree Days

Perkembangan fenologi tanaman sangat bergantung pada suhu yang diterima tanaman dan indeks suhu yang umum digunakan untuk menduga fase perkembangan tanaman adalah nilai *Growing Degree Days* (GDD) yang dihitung dari suhu maksimum dan minimum harian dengan rumus sebagai berikut.

$$GGD (^{\circ}C) = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_{base}$$

Keterangan:

T_{max} : suhu maksimum ($^{\circ}C$)

T_{min} : suhu minimum ($^{\circ}C$)

T_{base} : suhu dasar ($^{\circ}C$)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak terdapat perbedaan yang jelas pada tahapan fenologi, laju pertumbuhan dan hasil produksi pada 3 varietas kedelai yang berbeda yang ditanam di dataran tinggi dengan perbedaan waktu tanam.
2. Media tanam yang diberi bahan organik tanah membuat tanaman tumbuh lebih cepat dan besaran GDD lebih rendah tetapi tidak terdapat perbedaan tahapan fenologi, laju pertumbuhan dan hasil produksi pada media tanam yang berbeda.
3. Interaksi antara varietas dan media tanam hanya terlihat pada variabel kadar air benih tidak terdapat interaksi terhadap tahapan fenologi, laju pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kedelai.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan pada penelitian selanjutnya untuk evaluasi pada musim dan lokasi yang berbeda dikarenakan penelitian ini dilakukan pada satu musim tanam dan lokasi dataran tinggi tertentu (Sekincau, Lampung Barat). Untuk meningkatkan akurasi dan generalisasi hasil, disarankan agar penelitian selanjutnya dilakukan pada musim tanam yang berbeda dan di berbagai lokasi dataran tinggi lainnya dengan kondisi iklim dan tanah yang bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto T dan Wudianto R. 2005. *Meningkatkan Hasil Panen Kedelai di Lahan Sawah-Kering-Pasang Surut*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Adisarwanto T. 2007. *Kedelai*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Adisarwanto, T. 2014. *Kedelai Tropika Produktivitas 3 ton/ha*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Baskorowati LR, Umiyati N, Kartikawati A, Rimbawanto dan Susanto M. 2018. Pembungaan dan pembuahan *melaleuca cajuputi* di Kebun Benih Semai Paliyan, Gunungkidul, Yogyakarta. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*. 2(2): 189 – 202.
- Bradley NL, Leopold AC, Ross J, and Huffaker, W. 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *PNAS*. 96(17): 9701-9704.
- Canisius., Shang., Huang., and Kovacs. 2018. Tracking crop phenological development using multi-temporal polarimetric Radarsat-2 data. *Jurnal American of Obstetrics and Gynecology*. 20(3): 88-98.
- Carolina, R.A., S. Mulatsih., dan L. Anggraeni. 2016. Analisis volatilitas harga dan integrasi pasar kedelai Indonesia dengan pasar kedelai dunia. *Jurnal Agro Ekonomi*. 34(1): 46-48.
- Diana, M. 2016. *Persyaratan Tumbuh dan Wilayah Produksi Kedelai di Indonesia*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Fenner, M. 2017. The phenology of growth and reproduction in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 1(1): 78-91.
- Fewless G. 2006. *Phenology Archive*. 2000-2015.
- Fernando, S. 2021. Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair (POC) Tanaman Apu – Apu (*Pistia stratiotes* L.) Dan Berbagai Pembenh Tanah Pada Media Tanah Ultisol. *Skripsi*. Universitas Medan Area. Medan.

- Haunschild, R., L. Bornmann, and W. Marx. 2016. *Climate Change Research in View of Bibliometrics*. Plos One. 1-19
- Herry, N. 2020. *Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai Terhadap Iklim Mikro*. Seminar Nasional. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jambi.
- K. Kaushik, S.R. Patel, S.K. Chandrawanshi, R. Khavse and J.L. Chaudhary. 2015. Study on agrometeorological indices for soybean crop under different sowing dates in Chhattisgarh region of India. *India Journal Agricultural Research*. 4(2): 284-285
- Li T, Yu J and Qiao Y. 2024. Effect of short-term low temperature on seedling growth and nodule nitrogen fixation in soybean. *Chinese Journal of Agrometeorology*. 45(2): 159-169.
- Ngalamu, T., M. Ashraf, dan S. Meseka. 2015. Soybean (*Glycine max* L.) genotype and environment interaction effect on yield and other related traits. *American J. Exp. Agric.* (3): 977-987.
- Nur, M. 2014. Identifikasi Tingkat Toleransi Terhadap Cekaman Cahaya Pada Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max* L.) *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Teuku Umar
- Pedersen, P. 2016. Soybean growth and development response to rotation sequence and tillage system. *Journal Agronomy*. 96(4): 1005-1012.
- Perdinan., Tri A, dan Ryco. 2018. Adaptasi perubahan iklim dan ketahanan pangan: telaah inisiatif dan kebijakan. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*. 5(1): 60-87.
- Pertiwi, N. 2018. Kajian Pertumbuhan, Hasil dan Growing Degree Days (GDD) Beberapa Varietas Sorgum Di Lahan Tadah Hujan. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Gresik. Gresik.
- Rahmasari, Sudiarso dan Husni, T. S. 2016. Pengaruh jarak tanam dan waktu tanam kedelai terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.) pada baris antar tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal produksi tanaman*. 4(5): 392-398.
- Ramadhani F, Putri L A P, dan Hasyim H. 2013. Evaluasi karakteristik beberapa varietas kedelai (*Glycine max* L.) hasil mutasi kolkisin M2 pada kondisi naungan. *Jurnal Agroekoteknologi*. 1(3): 453-466.
- Rizkyma, N. F., Ariyanti, N. S., dan Dorly. 2023. Fenologi fase pembungaan dan perbuahan serta produksi polen pada tanaman kacang panjang kultivar sabrina. *Jurnal Sumberdaya Hayati*. 9(2): 87-95.

- Salwa L. 2013. Pengaruh media tanam organik terhadap pertumbuhan dan perakaran pada fase awal benih teh di pembibitan. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*. 16(1): 1-11.
- Sari dan Putri Meliza. 2015. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi kedelai di Indonesia. *Journal of Economic and economic Education*. 4(1): 30-41.
- Septiatin, A. 2012. *Meningkatkan Produksi Kedelai di Lahan Kering, Sawah, dan Pasang Surut*. Yrama Widya, Bandung.
- Soeparno H, Pasandaran E, Syarwani M, Dariah A, Pasaribu S M, dan Saad N S. 2013. *Politik Pembangunan Pertanian Menghadapi Perubahan Iklim*. IAARD Press. Jakarta.
- Subowo. 2010. Strategi efisiensi penggunaan bahan organik untuk kesuburan dan produktivitas tanah melalui pemberdayaan sumber daya hayati tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 4(1): 14-15.
- Sumarno, Manshuri A G. 2016. *Persyaratan Tumbuh dan Wilayah Produksi Kedelai Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang.
- Stevenson, F.J dan Alanah Fitch. 2018. *Kimia Pengkomplekan Ion Logam Dengan Organik larutan tanah. Interaksi Mineral Tanah dengan Bahan Organik Dan Mikrobial*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tabla VP, and Vargas CF, 2004. Phenology and phenotypic natural selection on the flowering time of a deceit-pollinated tropical orchid. *Myrmecophila christinae*. *Annals of Botany*. 94(2): 243 250.
- Timotiwu, P. B., Manik, T. K., Agustiansyah, A., dan Pramono, E. 2021. Fenologi dan pertumbuhan tanaman strawberry di dataran rendah sebagai kajian awal dampak perubahan iklim terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman. *Jurnal Agrotropika*. 20(1): 1-5.
- Utomo S. B. 2011. Dinamika Suhu Udara Siang-Malam Terhadap Fotorespirasi Fase Generatif Kopi Robusta Dibawah Naungan Yang Berbeda pada Sistem Agroforestri. *Skripsi*. Universitas Jember. Jember.
- Wahyuanto. 2024. Strategi adaptasi perubahan iklim: faktor yang mempengaruhi dan manfaat penerapannya. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*. 5(4): 14-20.
- Wuye R. 2016. *Pengembangan Produksi Kedelai Sebagai Upaya Kemandirian Pangan di Indonesia*. Witra Wacana Media. Jakarta.

- Y., Rante. 2013. Strategi pengembangan tanaman kedelai untuk pemberdayaan ekonomi rakyat di Kabupaten Keerom Provinsi Papua. *Jurnal Manajemen Keuangan*. 5(1): 75-88.
- Yulien. 2014. Pengaruh Pemberian Pupuk N, P, K dan Kompos Terhadap P Tersedia, Serapan P Tanaman, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* L) Pada Ultisol. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sriwijaya.
- Yunita, S. R., Sutaryo, S., dan Fuskhah, E. 2017. Respon beberapa varietas Kedelai (*Glycine max* L.) terhadap tingkat salinitas air penyiraman (Doctoral dissertation). *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 2(1): 23-28.
- Zhu, W., Li, J and Xie, T. 2024. Impact of climate change on soybean production: Research progress and response strategies. *Advances in Resources Research*. 4(3): 474-479.