

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu tanaman pangan penting bagi sebagian besar masyarakat dunia khususnya di Indonesia. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk setiap tahunnya menuntut peningkatan produksi padi agar dapat mencukupi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia (Herdiyanti dan Sulistyono, 2021). Ketersediaan benih bermutu tinggi menjadi salah satu faktor penentu dalam keberhasilan produksi padi. Kualitas benih tidak hanya ditentukan oleh tingkat viabilitasnya, tetapi juga ditentukan oleh vigor benih yang berperan dalam menentukan kemampuan tumbuh dan perkembangan awal tanaman. Benih dengan vigor tinggi akan menghasilkan pertumbuhan awal yang lebih cepat dan seragam, sehingga mampu membentuk populasi tanaman yang optimal sejak fase awal pertumbuhan (Rahayuningsih dan Ariyanto, 2025).

Tahap perkecambahan dan pertumbuhan awal merupakan fase kritis dalam siklus hidup tanaman padi karena fase tersebut sangat menentukan vigor awal tanaman dan keberhasilan pertumbuhan pada fase selanjutnya. Pertumbuhan awal tanaman yang tidak serempak dapat menyebabkan perbedaan vigor dan daya saing antar tanaman dalam satu populasi. Tanaman dengan pertumbuhan lebih lambat cenderung akan kalah bersaing dalam pemanfaatan unsur hara, air, dan cahaya, sehingga berpotensi menurunkan efisiensi pertumbuhan dan produktivitas tanaman secara keseluruhan (Wardani et al., 2023).

Benih sering mengalami hambatan dalam proses perkecambahan akibat berbagai faktor seperti kualitas benih, kondisi lingkungan dan perlakuan awal yang kurang optimal sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan awal suatu benih. (Zega, 2025). Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi kondisi tersebut yaitu diperlukan perlakuan yang mampu merangsang aktivitas fisiologis benih sehingga proses perkecambahan berlangsung lebih cepat dan seragam. Salah satu yang dapat dilakukan adalah penggunaan zat pengatur tumbuh (Efendi et al., 2025).

Pertumbuhan tanaman secara fisiologis, dipengaruhi oleh interaksi berbagai hormon seperti auksin, sitokinin, dan giberelin. Auksin berperan dalam pemanjangan sel serta pengaturan dominansi apikal, sedangkan sitokinin berfungsi dalam merangsang pembelahan sel dan pembentukan tunas. Berbeda dengan kedua hormon tersebut, giberelin memiliki peran spesifik dalam proses pematangan dormansi dan aktivasi metabolisme awal benih melalui induksi enzim α -amilase pada lapisan aleuron. Oleh karena itu, dalam fase perkecambahan dan pertumbuhan awal, giberelin menjadi hormon yang paling berperan secara langsung dibandingkan hormon pertumbuhan lainnya (Swandari dan Faisal, 2023).

Giberelin berperan dalam mobilisasi cadangan makanan dalam endosperma serta stimulasi pertumbuhan radikula dan plumula sehingga meningkatkan laju perkecambahan yang pada akhirnya dapat mempengaruhi pertumbuhan awal suatu benih (Wang et al., 2024). Giberelin mampu mengendalikan sintesis enzim hidrolitik pada perkecambahan benih. Senyawa-senyawa gula dan asam-asam amino, zat-zat yang dapat larut yang dihasilkan oleh aktivitas amilase dan protease ditransfer ke embrio untuk mendukung perkembangan embrio dan munculnya kecambah (Pertiwi et al., 2016). Giberelin juga meningkatkan potensi tumbuh dari embrio dan dapat mengatasi hambatan mekanik perkecambahan yang diakibatkan oleh lapisan penutup benih (Murrinie et al., 2021).

Giberelin termasuk dalam kelompok diterpenoid, dan terdapat lebih dari 130 jenis giberelin yang telah diidentifikasi, meskipun hanya beberapa yang bersifat aktif secara fisiologis, seperti GA_1 , GA_3 , GA_4 , dan GA_7 . Tidak semua jenis giberelin bersifat aktif secara fisiologis. Beberapa bentuk seperti GA_1 dan GA_4 berperan dalam pemanjangan batang, sedangkan GA_7 lebih banyak dikaitkan dengan perkembangan bunga dan buah. Di antara berbagai jenis tersebut, GA_3 (gibberellic acid) merupakan bentuk giberelin yang paling stabil dan paling banyak digunakan dalam penelitian maupun aplikasi pertanian (Betari dan Maulana, 2023).

GA_3 bersifat stabil dan mampu memacu pertumbuhan, meminimalisasi kerontokan bunga. Pengaplikasian GA_3 mampu dalam meningkatkan tinggi pada tanaman, eksersi malai, eksersi stigma dan durasi pembukaan bunga dibanding kontrol. GA_3 diketahui sangat efektif dalam merangsang sintesis enzim α -amilase pada lapisan aleuron benih setelah proses imbibisi. Enzim ini berperan dalam menghidrolisis pati menjadi gula sederhana yang digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan embrio. Selain itu, GA_3 relatif mudah diperoleh secara komersial dan konsentrasinya dapat diatur secara presisi, sehingga banyak digunakan dalam perlakuan benih (Karyawati dan Cahya, 2023).

Beberapa penelitian terdahulu pada padi (*Oryza sativa* L.) menunjukkan bahwa hormon giberelin (GA_3) berpengaruh terhadap perkecambahan dan pertumbuhan awal benih. Penelitian oleh Hadi (2014), menunjukkan pengaruh konsentrasi GA_3 yang berbeda terhadap perkecambahan beberapa varietas padi sawah. Selanjutnya, Mubarak et al. (2021), menemukan bahwa kombinasi konsentrasi GA_3 dan lama perendaman secara signifikan meningkatkan persentase perkecambahan benih padi varietas Ciherang. Penelitian lainnya pada padi gogo varietas Situ Bagendit juga menunjukkan bahwa aplikasi GA_3 mempengaruhi pertumbuhan kecambah secara positif. Penelitian-penelitian tersebut mendukung perlunya kajian lebih lanjut mengenai konsentrasi GA_3 yang tepat untuk meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan awal pada benih padi. Berbagai penelitian telah melaporkan pengaruh positif GA_3 terhadap perkecambahan benih padi, hasil yang diperoleh menunjukkan adanya variasi respon antar varietas dan perbedaan konsentrasi optimum yang digunakan. Selain itu, belum semua varietas yang dibudidayakan secara luas memiliki informasi yang jelas mengenai konsentrasi GA_3 yang paling efektif dalam meningkatkan vigor awal benih.

Setiap varietas padi memiliki karakteristik genetik yang berbeda-beda, termasuk dalam hal kemampuan perkecambahan dan pertumbuhan awal tanaman,

sehingga kebutuhan serta respon terhadap hormon giberelin juga tidak sama. Varietas tertentu dapat menunjukkan respon optimal pada konsentrasi giberelin yang relatif rendah, sementara varietas lainnya memerlukan konsentrasi yang lebih tinggi untuk menghasilkan pertumbuhan awal yang optimal. Perbedaan respon antar varietas terhadap pemberian giberelin menunjukkan pentingnya penelitian yang mengkaji efektivitas hormon giberelin pada beberapa varietas padi. Informasi mengenai konsentrasi giberelin yang tepat dan sesuai dengan karakter varietas diharapkan dapat menjadi dasar dalam penerapan teknologi perlakuan benih untuk meningkatkan keserempakan perkecambahan, vigor awal tanaman, serta mendukung peningkatan produktivitas pa di secara berkelanjutan (Arisandi et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas hormon giberelin terhadap perkecambahan dan pertumbuhan awal tiga varietas benih padi, sehingga dapat memperoleh konsentrasi giberelin yang paling efektif serta memahami perbedaan respon antar varietas pada fase awal pertumbuhan tanaman.

1.2. Landasan Teori

1.2.1 Padi (*Oriza sativa* L.)

Padi merupakan sumber makanan pokok hampir 40% dari populasi penduduk dunia dan makanan utama dari penduduk Asia Tenggara (Rembang et al., 2018). Padi memiliki sifat-sifat yang berbeda-beda, tergantung pada varietasnya. Sebagai tanaman sereal, padi memiliki peranan penting dalam menunjang ketahanan pangan dan stabilitas ekonomi di berbagai negara berkembang. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas dan kualitas benih padi menjadi fokus utama dalam pengembangan pertanian modern.

Sifat tanaman padi dapat dibedakan menjadi sifat morfologis, fisiologis, dan agronomis. Sifat morfologis meliputi tinggi tanaman, jumlah anakan, bentuk dan ukuran daun, sistem perakaran, serta bentuk dan panjang malai. Sifat fisiologis mencakup kapasitas fotosintesis, efisiensi penggunaan air, aktivitas enzimatis, serta respons terhadap hormon tumbuhan (Sutopo, 2019). Adapun sifat agronomis berkaitan dengan potensi hasil, ketahanan terhadap hama dan penyakit, toleransi terhadap cekaman lingkungan, serta umur panen (Akbar, 2022). Perbedaan sifat-sifat tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor genetik varietas dan kondisi lingkungan tumbuh.

Tanaman padi mengalami perkembangan akar, tunas, dan daun pertama yang sangat menentukan vigor tanaman selanjutnya pada fase pertumbuhan awal. Pertumbuhan awal padi membutuhkan faktor genetik dan lingkungan termasuk ketersediaan air, suhu, serta hormon tumbuh (Megasari, 2022). Hormon giberelin berperan penting dalam merangsang pemanjangan sel, aktivasi enzim α -amilase, serta mobilisasi cadangan makanan dari endosperma ke embrio. Pertumbuhan awal yang optimal akan menghasilkan bibit padi yang sehat, berakar kuat, dan mampu beradaptasi dengan baik setelah pindah tanam, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif dan produktivitas tanaman (Meriem et al., 2023).

Padi memiliki berbagai varietas dimana varietas tersebut memiliki karakteristik genetik yang berbeda, yang menyebabkan perbedaan dalam tingkat viabilitas dan vigor

benih. Perbedaan tersebut berkaitan dengan kemampuan fisiologis benih dalam menyerap air, mengaktifkan enzim perkecambahan, serta memanfaatkan cadangan makanan selama fase awal pertumbuhan. Varietas tertentu mungkin memiliki viabilitas lebih tinggi dan daya simpan benih yang lebih baik dibandingkan varietas lainnya. Oleh karena itu, pemilihan varietas padi dengan viabilitas benih yang baik menjadi faktor penting dalam menunjang keberhasilan perkecambahan dan pertumbuhan awal tanaman padi.

1.2.2 Pekecambahan Benih

Perkecambahan benih didefinisikan sebagai serangkaian proses fisiologis dan biokimia yang dimulai ketika benih kering menyerap air (imbibisi) dan berakhir dengan munculnya radikula, sebagai tanda awal pertumbuhan tanaman. Pada fase ini, benih keluar dari kondisi dorman dan mulai mengaktifkan metabolisme yang sebelumnya tidak aktif, termasuk sintesis protein baru, respirasi, dan mobilisasi cadangan makanan untuk mendukung pertumbuhan embrio. Proses ini sangat penting karena menentukan tingkat keberhasilan pembentukan bibit dan produktivitas tanaman secara keseluruhan (Ali dan Elozeiri, 2017).

Proses perkecambahan benih sangat dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor lingkungan. Faktor internal meliputi kondisi fisiologis benih, seperti viabilitas, tingkat kemasakan embrio, dan cadangan makanan, sedangkan faktor lingkungan meliputi air, suhu, oksigen, dan cahaya. Air sangat berperan dalam proses metabolisme benih dan pelarutan enzim, suhu mempengaruhi aktivitas enzim metabolik, oksigen diperlukan untuk respirasi aerob, sedangkan cahaya dapat menjadi pemicu atau penghambat perkecambahan pada benih tertentu. Jika salah satu faktor tersebut tidak sesuai maka dapat menghambat proses perkecambahan suatu benih (Diyanti, 2026).

Dormansi benih adalah kondisi di mana benih tidak mampu berkecambah meskipun berada pada lingkungan yang mendukung. Dormansi dapat disebabkan oleh faktor fisik, seperti kulit benih yang keras dan impermeabel terhadap air dan oksigen, serta faktor fisiologis, seperti ketidakseimbangan hormon pertumbuhan di dalam benih. Salah satu penyebab dormansi fisiologis adalah tingginya kadar hormon penghambat, seperti asam absisat (ABA), yang menekan aktivitas metabolisme embrio.

Hormon tumbuhan khususnya, hormon giberelin berperan dalam pematangan dormansi dan merangsang perkecambahan benih. Pada benih padi, giberelin disintesis di embrio setelah imbibisi air dan kemudian ditranslokasi ke lapisan aleuron. Giberelin menstimulasi sintesis enzim hidrolitik, terutama α -amilase, yang berfungsi menghidrolisis pati menjadi gula sederhana. Gula hasil hidrolisis tersebut digunakan sebagai sumber energi bagi embrio untuk respirasi dan pertumbuhan sel (Murrnie et al., 2021).

1.2.3 Hormon Giberelin

Giberelin merupakan salah satu zat pengatur tumbuh (ZPT) yang berperan penting dalam mengatur berbagai proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hormon ini berfungsi dalam pembentangan dan pembelahan sel, pemecahan dormansi benih dan tunas, mobilisasi cadangan makanan selama pertumbuhan awal embrio, pemanjangan batang, serta perkembangan bunga dan buah (Asra, 2014; Murrinnie et

al., 2021). Pada tumbuhan roset, giberelin mampu memperpanjang ruas (internodus) sehingga tanaman tumbuh memanjang. Peran fisiologis tersebut menjadikan giberelin sebagai salah satu hormon utama dalam pengaturan pertumbuhan vegetatif tanaman.

Secara fisiologis, giberelin bekerja dengan merangsang ekspresi gen yang terlibat dalam sintesis protein pengatur pertumbuhan. GA_3 (gibberellic acid) diketahui mampu meningkatkan aktivitas gen seperti *basic helix-loop-helix* (bHLH) yang berperan dalam pemanjangan sel (Li et al., 2022). Selain itu, giberelin juga menginduksi pembelahan sel melalui regulasi enzim dan faktor pertumbuhan tertentu, sebagaimana terlihat pada peningkatan pertumbuhan akar sekunder pada beberapa tanaman (Hong et al., 2021). Dengan demikian, giberelin berperan tidak hanya dalam pemanjangan sel, tetapi juga dalam peningkatan jumlah sel pada jaringan tanaman.

Proses perkecambahan benih, giberelin berfungsi dalam mematahkan dormansi dan merangsang sintesis enzim hidrolitik, terutama α -amilase, pada lapisan aleuron. Enzim ini menghidrolisis pati dalam endosperma menjadi gula sederhana yang digunakan sebagai sumber energi bagi embrio untuk tumbuh. Giberelin juga berinteraksi dengan hormon lain, seperti auksin, dalam mengatur metabolisme dan pemanjangan ruas tanaman (Suhendra, 2021). Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi giberelin pada konsentrasi tertentu dapat meningkatkan persentase dan kecepatan perkecambahan pada berbagai tanaman, termasuk padi (Kumar et al., 2020).

GA_3 merupakan bentuk giberelin yang paling banyak digunakan dalam penelitian dan aplikasi pertanian karena efektivitasnya dalam mematahkan dormansi, meningkatkan sintesis enzim α -amilase, serta merangsang pemanjangan sel pada fase awal pertumbuhan. Selain itu, GA_3 relatif mudah diaplikasikan melalui perendaman benih dengan konsentrasi tertentu sehingga memungkinkan pengaturan dosis yang lebih terkontrol. Dengan karakteristik tersebut, GA_3 menjadi pilihan yang tepat untuk menguji respons perkecambahan dan pertumbuhan awal berbagai varietas padi guna menentukan konsentrasi optimum yang memberikan hasil terbaik.

Pada tanaman padi, keberhasilan perkecambahan sangat menentukan pertumbuhan awal dan produktivitas akhir. Benih padi sering mengalami dormansi dan ketidakserempakan tumbuh, yang dapat diatasi melalui aplikasi giberelin (Zani dan Anhar, 2021). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemberian GA_3 pada konsentrasi optimum mampu meningkatkan daya kecambah, panjang kecambah, serta vigor benih. Namun demikian, penggunaan konsentrasi yang tidak tepat dapat menyebabkan pertumbuhan tidak seimbang dan berpotensi meningkatkan kerentanan terhadap cekaman biotik maupun abiotik.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh berbagai konsentrasi hormon giberelin (GA_3) terhadap daya kecambah benih tiga varietas padi (*Oryza sativa* L.).
2. Mengetahui respon pertumbuhan awal (tinggi kecambah dan jumlah daun) benih padi dari tiga varietas terhadap perlakuan hormon giberelin.

3. Menentukan konsentrasi hormon giberelin yang paling efektif dalam meningkatkan perkecambahan dan pertumbuhan awal benih padi pada masing-masing varietas

Manfaat dari penelitian ini yaitu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai peran dan efektivitas hormon giberelin dalam merangsang perkecambahan dan pertumbuhan awal benih padi. Informasi ini dapat menjadi acuan bagi petani, penangkar benih, serta peneliti dalam menentukan perlakuan hormon yang optimal untuk meningkatkan vigor benih dan produktivitas tanaman padi. Selain itu, penelitian ini juga bermanfaat bagi pengembangan ilmu fisiologi benih, khususnya dalam memahami perbedaan respon antar varietas terhadap aplikasi hormon pertumbuhan.

1.4. Hipotesis

1. Pemberian hormon giberelin dengan berbagai konsentrasi berpengaruh nyata terhadap perkecambahan dan pertumbuhan awal benih padi.
2. Setiap varietas padi menunjukkan respon yang berbeda terhadap pemberian berbagai konsentrasi hormon giberelin.
3. Terdapat konsentrasi hormon giberelin tertentu yang paling efektif dalam meningkatkan daya kecambah dan pertumbuhan awal benih padi pada masing-masing varietas.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian skala laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Pemuliaan dan Benih, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Lokasi penelitian terletak pada koordinat 5°05'36" LS dan 119°29'34" BT. Penelitian skala lapangan dilaksanakan di Kelurahan Buntu La'bo', Kecamatan Sanggalangi, Kabupaten Toraja Utara, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi penelitian terletak pada koordinat 3°01'25" LS dan 119°56'00" BT dengan ketinggian ± 809 meter di atas permukaan laut. Wilayah ini termasuk daerah dataran tinggi dengan suhu udara rata-rata berkisar antara 18°C hingga 26°C.

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dari bulan Juli sampai agustus 2025.

2.2. Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas ukur, timbangan analitik, cawan petri, kertas saring, penggaris, oven, pipet tetes dan wadah.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah benih padi Varietas Inpari 32, Varietas Mekongga, Varietas Cakra Buana, hormon giberelin (GA_3), aquades, dan media perkecambahan.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian ini disusun dalam rancangan RAL pola faktorial dengan dua faktor (F2F) yaitu konsentrasi GA_3 yang terdiri atas 4 taraf dan varietas benih padi yang terdiri dari 3 taraf, dengan setiap perlakuan 3 ulangan dan sebagai pembanding terhadap perlakuan digunakan kontrol.

Faktor 1. Konsentrasi GA_3 (A)

A_0 = Kontrol (Tanpa GA)

A_1 = GA Konsentrasi 25 ppm

A_2 = GA Konsentrasi 50 ppm

A_3 = GA Konsentrasi 100 ppm

A_4 = GA Konsentrasi 150 ppm

Faktor 2. Varietas Benih Padi

V_1 = Varietas Inpari 32

V_2 = Varietas Mekongga

V_3 = Varietas Cakra Buana

Kedua faktor di atas menghasilkan 15 kombinasi percobaan, dengan menggunakan 50 butir benih setiap satuan percobaannya dan masing-masing kombinasi diulang sebanyak tiga kali ulangan.

a1v1	a1v2	a1v3
a2v1	a2v2	a2v3
a3v1	a3v2	a3v3
a4v1	a4v2	a4v3

2.4. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan dua tahap utama, yaitu tahap perkecambahan benih dan tahap penanaman untuk pengamatan pertumbuhan awal. Tahap pertama dilakukan di laboratorium untuk mengamati pengaruh pemberian berbagai konsentrasi hormon giberelin (GA_3) terhadap daya kecambah benih padi dari tiga varietas yang digunakan. Sedangkan tahap kedua dilaksanakan di lapangan untuk menilai pengaruh perlakuan yang sama terhadap pertumbuhan awal bibit padi, meliputi parameter tinggi tanaman dan jumlah daun.

2.4.1 Pelaksanaan Laboratorium

a. Persiapan Benih

Benih padi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih Varietas Inpari 32, Mekongga, dan Cakra buana. Benih padi dari tiga varietas diseleksi berdasarkan ukuran dan kondisi fisik yang seragam, kemudian disterilisasi menggunakan larutan NaOCl 1% selama beberapa menit dan dibilas dengan air destilasi steril untuk menghindari kontaminasi sebelum diberi perlakuan hormon giberelin (GA_3).

b. Penyiapan Larutan GA_3

Larutan hormon giberelin (GA_3) disiapkan sesuai dengan konsentrasi perlakuan yang telah ditetapkan, yaitu 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm, dengan cara melarutkan GA_3 murni ke dalam satu liter air suling hingga mencapai konsentrasi yang diinginkan. Larutan yang telah dibuat kemudian disimpan dalam wadah tertutup dan terlindung dari cahaya hingga digunakan.

c. Pemberian Perlakuan

Benih yang telah disterilisasi direndam dalam larutan hormon giberelin (GA_3) sesuai dengan konsentrasi perlakuan selama satu jam pada suhu ruang, sedangkan benih kontrol direndam dalam air suling tanpa penambahan GA_3 . Setelah perendaman, benih dikering anginkan dan siap digunakan untuk tahap perkecambahan.

d. Pindahkan Benih pada Kertas Saring

Benih yang telah diberi perlakuan direndam kemudian dipindahkan secara hati-hati ke dalam cawan petri yang telah dilapisi kertas saring lembap, dengan jumlah benih sesuai satuan percobaan pada setiap perlakuan. Kertas saring dijaga tetap lembap selama proses perkecambahan berlangsung.

2.4.2 Pelaksanaan Lapangan

a. Persiapan Media Tanam

Media tanam disiapkan dengan cara tanah sawah dicampur dengan kompos dengan perbandingan 2:1 dan dimasukkan ke dalam wadah ember sampai penuh.

b. Penanaman

Benih yang telah melalui proses perkecambahan dipilih secara seragam, kemudian ditanam pada media dalam wadah ember dengan kedalaman sekitar 2 cm. Benih yang dipindahkan adalah benih yang berasal dari benih yang berkecambah normal pada satuan percobaan penelitian. Benih yang dipindahkan ke wadah diambil 10 sampel setiap satuan percobaan dengan tinggi bibit yang hampir sama, kemudian media dijaga dalam kondisi lembab agar mendukung pertumbuhan awal bibit secara optimal.

2.5. Pengamatan dan Pengukuran

2.5.1 Pengamatan Laboratorium

1. Persentase Perkecambahan

Persentase benih berkecambah di kertas saring dihitung setelah berumur 7 Hari setelah pemberian hormon GA₃. Formula yang digunakan untuk menghitung presentase perkecambahan, sebagai berikut:

$$\text{Persentase Perkecambahan (\%)} = \frac{\text{Jumlah benih yang berkecambah}}{\text{Jumlah total benih yang ditanam}} \times 100\%$$

2. Kecepatan Perkecambahan

Mencatat waktu pertama benih berkecambah dan menghitung rata-rata waktu perkecambahan untuk setiap perlakuan, dengan rumus:

$$\text{MGT} = \frac{\sum(n_i \times t_i)}{\sum(n_i)}$$

Keterangan:

n_i = jumlah benih berkecambah pada waktu t_i

t_i = hari pengamatan ke- i

3. Keseragaman Perkecambahan

Analisis variasi waktu perkecambahan dilakukan untuk mengevaluasi perbedaan waktu munculnya kecambah antar benih dalam satu kelompok perlakuan, dengan rumus:

$$KP = \frac{n_1}{t_1} + \frac{n_2}{t_2} + \frac{n_3}{t_3} + \dots + \frac{n_k}{t_k}$$

Keterangan:

n_k = Jumlah benih yang berkecambah pada hari ke- i

t_k = Hari ke- i

4. Jumlah Kecambah Normal

Perhitungan kecambah benih normal dilakukan dengan mengidentifikasi kecambah yang memiliki akar primer lengkap serta menunjukkan pertumbuhan yang seimbang.

5. Indeks Vigor Benih (FCT)

Vigor benih dihitung melalui uji di atas kertas (UKD). Nilai indeks vigor dihitung dengan menjumlahkan hasil pembagian antara jumlah benih yang berkecambah pada setiap hari pengamatan dengan waktu (hari) sejak awal pengujian. Pengamatan dilakukan setiap hari mulai hari pertama hingga hari ke-7 setelah tanam. Perhitungan indeks vigor menggunakan rumus sebagai berikut:

$$IV = \frac{G_1}{D_1} + \frac{G_2}{D_2} + \dots + \frac{G_n}{D_n}$$

Keterangan:

G_n = Jumlah benih yang berkecambah pada hari ke-n

D_n = Hari ke-n sejak awal pengujian

6. Panjang Akar

Pengukuran panjang hipokotil dan akar utama dilakukan pada hari ke-14 setelah tanam menggunakan penggaris. Tanaman yang diukur sebanyak 10 tanaman per perlakuan yang dipilih secara acak dari tanaman yang tumbuh normal.

7. Panjang Plumula

Pengukuran panjang plumula dilakukan pada hari ke-14 setelah tanam sebagai indikator vigor benih dan keberhasilan perkecambahan, pengukuran dilakukan menggunakan penggaris dengan satuan sentimeter.

8. Panjang Radikula

Pengukuran panjang radikula dilakukan pada hari ke-14 setelah tanam untuk mengetahui perkembangan sistem perakaran awal, pengukuran dilakukan menggunakan bantuan benang yang mengikuti arah pertumbuhan akar, kemudian panjang benang diukur menggunakan penggaris agar diperoleh hasil yang lebih akurat, terutama jika akar tumbuh melengkung.

2.5.2 Pengamatan Lapangan**1. Jumlah daun**

Pengamatan jumlah daun dilakukan sebanyak dua kali selama satu bulan, yaitu pada umur 2 minggu setelah tanam (MST) dan 4 minggu setelah tanam (MST).

2. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman (cm) diukur dari pangkal batang hingga ke titik tumbuh, dilakukan sebanyak dua kali selama satu bulan, yaitu pada umur 2 minggu setelah tanam (MST) dan 4 minggu setelah tanam

2.6. Analisis Data

Uji statistik ANOVA (Analisis Ragam) digunakan untuk melihat apakah ada perbedaan nyata antar perlakuan, kemudian dilanjutkan dengan uji BNT 0,05% jika hasil sidik ragam menunjukkan berbeda nyata