

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kopi merupakan komoditas perkebunan yang berperan penting dalam industri pertanian dan perdagangan global. Di Indonesia, kopi arabika menjadi salah satu varietas yang paling terkenal dan dihargai di dunia karena memiliki kompleksitas rasa yang beragam (Tenri et al., 2021). Beberapa negara produsen utama kopi arabika, seperti Ethiopia, Kolombia, Brasil, Kenya, dan Indonesia, masing-masing menghasilkan biji kopi dengan karakteristik unik yang dipengaruhi oleh faktor iklim di setiap wilayahnya (Sunarharum et al., 2019). Kopi arabika dikenal memiliki profil cita rasa yang beragam dengan kandungan kafein yang relatif rendah, serta senyawa antioksidan seperti asam klorogenat yang berperan dalam menetralkan radikal bebas dan mendukung peningkatan metabolisme tubuh. Karakteristik ini menjadikan kopi arabika sebagai salah satu jenis yang paling diminati oleh konsumen (Nurhayati dan Nurahmi, 2019). Hal tersebut menciptakan peluang usaha yang menjanjikan bagi para petani, terutama pada saat petani mampu menghasilkan produksi kopi arabika dalam jumlah yang besar.

Produksi kopi di Indonesia tahun 2020–2023 mengalami fluktuasi, tahun 2020 produksi kopi sebesar 762,38 ribu ton naik menjadi 786,19 ribu ton pada tahun 2021 atau meningkat sebesar 3,12%. Namun, pada tahun 2022 produksi kopi mengalami penurunan menjadi 774,96 ribu ton atau sebesar 1,43%, dan kembali mengalami penurunan sebesar 756,1 ribu ton pada tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2023). Penurunan produksi kopi di Indonesia disebabkan oleh sebagian besar perkebunan rakyat memiliki populasi kopi yang sudah tua dan telah melewati usia 25 tahun (Amanda dan Rosiana, 2023). Selain itu, berdasarkan data *International coffee Organization* (ICO) (2023), konsumsi kopi dunia mengalami peningkatan pada tahun 2023 sebesar 2,2% dari tahun sebelumnya. Peningkatan konsumsi kopi dipengaruhi oleh gaya hidup masyarakat yang mengikuti perkembangan zaman, adanya kedai kopi yang mulai banyak ditemukan di setiap daerah menjadi salah satu penyebab jumlah permintaan kopi meningkat pesat (Amelia dan Sukasari, 2022). Agar kebutuhan kopi dapat terpenuhi, maka perlu diimbangi dengan upaya peningkatan produksi (Evizal dan Prasmatiwati, 2020). Namun, kendala mendasar yang menjadi permasalahan yang dihadapi petani Indonesia terutama Kabupaten Gowa, kebanyakan kebun kopi rakyat telah melewati usia produktif yaitu 20-30 tahun, sehingga diperlukan adanya penggantian tanaman dengan bibit unggul secara bertahap diimbangi dengan upaya peremajaan (Thamrin et al., 2023).

Pembibitan merupakan tahap awal dalam budidaya tanaman yang memerlukan perhatian yang besar, karena menentukan potensi produksi tanaman kopi di masa yang akan datang (Pramesti dan Pardian, 2022). Bibit tanaman yang dibudidayakan secara generatif memiliki genetik yang beragam sehingga membuka peluang dalam menentukan kualitas bibit dalam berproduksi, juga sistem perakaran yang kuat sehingga dapat digunakan dalam pemilihan bahan klon (sambung pucuk) untuk tujuan perbanyakan secara vegetatif (Banuwa et al., 2022). Kopi arabika merupakan tanaman C3 yang menghendaki adanya naungan sepanjang hidupnya. Pada fase pembibitan, tanaman kopi membutuhkan perlindungan dari intensitas cahaya yang tinggi sehingga diperlukan penggunaan naungan yang sesuai (Pida dan Ariska, 2022).

Pemanasan global menimbulkan perubahan kesesuaian syarat tumbuh kopi dengan iklim suatu tempat. Perubahan suhu global juga berdampak pada perubahan iklim secara regional sehingga suhu tidak lagi optimal bagi pertumbuhan kopi arabika (Gili dan Desa, 2020). Kopi arabika tumbuh baik pada suhu optimum 15–24°C dengan curah hujan optimum 2000 mm per tahun (Merga dan Alemayeh, 2019). Perubahan iklim menjadi tantangan petani kopi, terutama bagi para pengusaha bibit yang sangat bergantung pada syarat tumbuh dan suhu yang sesuai untuk perkecambahan dan pertumbuhan vegetatif kopi secara maksimal.

Pemberian naungan dengan persentase cahaya matahari yang terukur, diperlukan dalam budidaya tanaman kopi. Intensitas cahaya langsung pada fase pembibitan dapat merusak jaringan tanaman, terutama bagian daun sehingga dapat menyebabkan terganggunya fotosintesis. Selain itu, naungan dapat mengatur suhu dan kelembapan bibit kopi, sehingga suhu di sekitar bibit tidak terlalu panas atau terlalu dingin. Naungan yang tepat mampu meningkatkan kualitas bibit kopi dengan cara meningkatkan klorofil daun menjadi lebih banyak, juga berpengaruh dalam perkembangan sistem perakaran dan pembentukan tunas yang pada akhirnya berkontribusi terhadap pertumbuhan yang sehat dan mampu memaksimalkan produktivitas tanaman (Lumbanraja et al., 2021).

Penelitian Artina et al. (2021), disebutkan bahwa pemberian naungan 80% dengan media tanam tanah dan pupuk kandang berpengaruh dalam mempercepat pertumbuhan tinggi tanaman, intensitas naungan 50% menunjukkan perkembangan akar terbaik dan diameter terbaik. Sedangkan penelitian Damanik et al., (2023), penggunaan naungan 90% menunjukkan pengaruh terhadap tinggi dan klorofil daun bibit kopi arabika varietas sigarar utang. Kopi arabika cenderung tidak terlalu menyukai kelembapan yang sangat erat kaitannya dengan suhu. Pada saat suhu meningkat maka udara akan lebih banyak mengandung uap air, kondisi tersebut kurang menguntungkan bagi kopi arabika karena memicu munculnya penyakit dan jamur sehingga menyebabkan kerusakan pada tanaman kopi. Selain itu, kelembapan akan mempengaruhi rasa dan aroma dari buah kopi arabika (Agustiningsih et al., 2022).

Upaya perbaikan kualitas bibit, salah satunya dengan pengaplikasian zat pengatur tumbuh yang memiliki peranan krusial dalam merespon berbagai dinamika perubahan lingkungan termasuk pengaplikasian naungan pada tanaman (Trizayuni et al., 2022). Keberadaan zat pengatur tumbuh yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk tetap tumbuh baik pada kondisi yang suboptimal (Nurhadiyah et al., 2021). Petani kopi sangat perlu menggunakan ZPT dalam proses pembibitan sebagai upaya dalam menstimulasi pertumbuhan. ZPT mampu merangsang pertumbuhan akar, batang dan daun tanaman, sehingga lebih cepat dalam mencapai ukuran optimal. Zat pengatur tumbuh memberikan dampak bagi keberlanjutan tanaman kopi sampai berbuah dengan meningkatkan kadar kafein, rasa, dan aroma kopi arabika (Pamungkas dan Puspitasari, 2019).

Zat pengatur tumbuh giberelin memacu pertumbuhan tanaman dari pemanjangan sel, perkembangan luas daun yang lebih cepat sehingga laju fotosintesis meningkat dan mendorong perkembangan akar. Pengaplikasian 60 ppm giberalin dan 30 g pupuk kandang ayam berpengaruh terhadap jumlah daun, tinggi bibit, total luas daun, dan volume akar bibit kopi arabika (Sitanggang et al. 2015). Penelitian Manullang dan Sipayung (2022), memperlihatkan hasil bahwa perendaman benih kopi menggunakan

giberelin dengan konsentrasi tinggi, mampu mempercepat laju perkecambahan, meningkatkan persentase kecambah normal, menurunkan persentase benih mati, meningkatkan indeks vigor, panjang hipokotil, panjang akar, mempercepat waktu munculnya daun, dan menurunkan persentase kecambah abnormal. Sedangkan interaksi perendaman antara giberelin dan air hangat dengan suhu 50°C mampu meningkatkan viabilitas benih kopi yaitu 21,74 hari, persentase perkecambahan abnormal sebesar 0% dengan indeks vigor benih berkecambah sebesar 0,85/hari, dan panjang akar sebesar 8,78 cm.

Selain menggunakan zat pengatur tumbuh sintetis, juga ditemukan banyak jenis ZPT alami yang mudah didapatkan, salah satunya yaitu air kelapa. Air kelapa memiliki kandungan auksin berupa IAA, GA, dan kinetin. Air kelapa dengan volume 1000 ml memiliki kandungan 0,07 mg auksin. Air kelapa sebanyak 100 ppm sebanding dengan 100 ppm NAA atau IBA dalam memacu pertumbuhan vegetatif tanaman (Al Banna dan Ilmiyah, 2023). Zat pengatur tumbuh air kelapa memiliki kandungan hormon sitokinin 5,8 mg/liter yang mampu merangsang pertumbuhan tunas dan menghidupkan aktivitas jaringan sel hidup, serta adanya sedikit kandungan giberelin dan senyawa lain yang berpotensi menstimulasi perkecambahan dan pertumbuhan (Mudaningrat dan Nada, 2021).

Limbah air beras memiliki kandungan vitamin B1 yang memiliki peran dalam menghidrolisis karbohidrat menjadi energi yang mampu mengaktifkan enzim di dalam tanaman untuk bekerja (Nawariah et al., 2022). Limbah air beras memiliki kandungan hara makro dan mikro N, P, K, Ca, Mg, S, dan Fe. Diantara semua kandungan unsur hara tersebut, di dalam air beras di dominasi oleh fosfor yang merupakan senyawa penyusun asam amino, koenzim NAD, NADP dan ATP. Koenzim tersebut aktif dalam merangsang pertumbuhan biji dan pembelahan sel (Novi et al., 2020). Kandungan koenzim dan unsur hara di dalam air beras yang tinggi diharapkan mampu mempercepat dan merangsang perkecambahan serta pertumbuhan bibit kopi arabika.

Ekstrak Bawang merah memiliki kandungan auksin dan giberelin. Pemberian konsentrasi ekstrak bawang merah 60% di 32 MST mampu memberikan pengaruh nyata terhadap pertambahan tinggi yaitu 37,47 cm, jika dibandingkan dengan konsentrasi 50% yaitu 31,63 cm, lebih tinggi dari pemberian konsentrasi 40% (Wijaya dan Adelina, 2023). Menurut penelitian Djarot et al. (2017), ekstrak bawang merah dengan konsentrasi 40% mampu meningkatkan persentase daya kecambah, kecepatan tumbuh, dan panjang akar kecambah.

Penelitian sebelumnya yaitu Thana (2020), memperlihatkan hasil pemberian perlakuan 15 ml/liter air ekstrak tauge berpengaruh baik terhadap pertambahan tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, jumlah cabang, dan luas daun bibit kopi arabika. Sedangkan pada penelitian Haryati (2020), menunjukkan hasil pemberian perlakuan ekstrak tauge dengan konsentrasi 30 ml/liter air dapat memberikan pengaruh terbaik terhadap komponen tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang tanaman kopi arabika. Konsentrasi 20 ml/liter air berpengaruh terbaik pada volume akar bibit kopi arabika. Hal ini terjadi karena ekstrak tauge memiliki kandungan fitohormon auksin, giberelin dan sitokinin. Auksin mampu memacu munculnya tunas pada jaringan meristem dan merangsang pemanjangan sel serta pembentukan akar adventif pada konsentrasi rendah, namun pada konsentrasi tinggi akan menekan morfogenesis dan merangsang pembentukan akar. Kinerja auksin masih terlihat pada usia 60 HST bibit tanaman lada (Nanda et al., 2019).

Jagung manis memiliki kandungan sitokinin jenis zeatin yang berperan dalam pembelahan sel, juga dapat mengurangi degradasi klorofil, menghambat penuaan pada jaringan tanaman sehingga mampu menyebabkan peningkatan tinggi tunas dan proses morfogenesis (Asrijal, 2021). Menurut penelitian Hernawati et al. (2022), yang meneliti tentang pengaruh berbagai konsentrasi ekstrak jagung terhadap pertumbuhan tanaman anggrek menunjukkan hasil pengaruh terbaik pada konsentrasi ekstrak jagung 9% pada komponen tinggi dan rata-rata jumlah tunas, jumlah daun dan waktu muncul akar, sehingga diharapkan dengan pengaplikasian ekstrak jagung manis pada bibit kopi mampu membantu pertumbuhan dan perkembangan pada fase vegetatifnya.

Kandungan dari setiap zat pengatur tumbuh diharapkan mampu memberikan pengaruh baik bagi pertumbuhan bibit kopi arabika sebagai salah satu upaya dalam memperbaiki kualitas pembibitan kopi dan mengarah pada individu tanaman yang dapat menghasilkan produktivitas yang lebih baik, sehingga kebutuhan dan permintaan kopi yang meningkat setiap saat dapat terpenuhi.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang efektivitas beberapa jenis zat pengatur tumbuh dan naungan terhadap pertumbuhan bibit kopi arabika

1.1.1 Naungan

Penggunaan paranet sebagai naungan dalam pembibitan kopi memiliki peran penting dalam mengatur intensitas cahaya yang diterima oleh bibit, yang secara langsung mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tanaman kopi, khususnya pada fase pembibitan, memerlukan naungan untuk mengurangi intensitas cahaya matahari yang berlebihan dan menurunkan suhu lingkungan, sehingga menciptakan kondisi iklim mikro yang optimal bagi pertumbuhan bibit. Naungan yang tepat dapat mencegah stres akibat cahaya berlebih dan menjaga kelembapan tanah, yang esensial bagi perkembangan sistem perakaran bibit kopi (Arisandi et al., 2015).

Intensitas naungan yang optimal bervariasi tergantung pada spesies dan kultivar kopi. Sebagai contoh, pada pembibitan kopi robusta, penggunaan satu lapis paranet menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun yang lebih baik dibandingkan tanpa naungan. Hal ini disebabkan oleh intensitas cahaya yang optimal di bawah naungan satu lapis paranet, yang mendukung efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif bibit kopi (Soleh et al., 2021). Selain itu, tingkat naungan yang berbeda juga mempengaruhi parameter fisiologis bibit kopi, seperti kandungan klorofil dan suhu daun. Penggunaan naungan dengan intensitas 70% terbukti memberikan pengaruh terbaik terhadap tinggi bibit kopi dan suhu daun, sementara naungan 80% meningkatkan indeks klorofil daun. Hal ini mengindikasikan bahwa pengaturan intensitas naungan yang tepat dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis dan adaptasi bibit kopi terhadap kondisi lingkungan, sehingga menghasilkan bibit dengan kualitas yang lebih baik (Lumbanrasa et al., 2020).

1.1.2 Zat Pengatur Tumbuh

Penggunaan zat pengatur tumbuh (ZPT) dalam pembibitan kopi merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas bibit yang dihasilkan. ZPT berperan dalam mengatur berbagai proses fisiologis tanaman, seperti perkecambahan, pertumbuhan akar, dan pembentukan tunas. Pada pembibitan kopi, aplikasi ZPT dapat mempercepat proses perkecambahan dan meningkatkan vigor bibit, sehingga menghasilkan tanaman yang lebih sehat dan siap tanam. Beberapa jenis ZPT yang umum digunakan antara lain giberelin (GA3), auksin, dan sitokinin, baik yang sintetis maupun alami (Rohman et al., 2024)

Penelitian oleh Rohman et al. (2024) menunjukkan bahwa perendaman benih kopi Arabika varietas S795 dalam larutan GA3 dengan konsentrasi 100 ppm selama 12 jam dapat meningkatkan persentase perkecambahan dan tinggi hipokotil secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh peran GA3 dalam memacu aktivitas enzim hidrolitik yang mempercepat pemecahan cadangan makanan dalam benih, sehingga mempercepat munculnya kecambah. Selain itu, penggunaan ZPT alami seperti ekstrak bawang merah juga telah terbukti efektif dalam meningkatkan pertumbuhan stek kopi Robusta, dengan konsentrasi 50% memberikan hasil terbaik pada jumlah tunas dan panjang akar (Purba, 2024).

Selain jenis dan konsentrasi ZPT, faktor lain seperti lama perendaman dan komposisi media tanam juga mempengaruhi efektivitas ZPT dalam pembibitan kopi. Purba (2024), menemukan bahwa kombinasi perendaman benih kopi robusta dalam ekstrak rebung bambu selama 12 jam dan penggunaan media tanam dengan komposisi 25% pasir dan 75% pupuk kandang memberikan pertumbuhan bibit yang optimal. Penggunaan ZPT alami ini tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga ekonomis bagi petani. Dengan demikian, pemilihan jenis ZPT, konsentrasi yang tepat, serta pengaturan lama perendaman dan media tanam yang sesuai sangat penting dalam upaya meningkatkan kualitas pembibitan kopi (Brata et al., 2020).

1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Memperoleh informasi mengenai jenis zat pengatur tumbuh yang paling efektif dalam merangsang pertumbuhan optimal bibit kopi arabika.
2. Memperoleh informasi mengenai pengaplikasian naungan yang paling sesuai terhadap pertumbuhan bibit kopi arabika.
3. Adanya informasi interaksi kombinasi jenis zat pengatur tumbuh dan intensitas naungan terhadap pertumbuhan bibit kopi arabika.

Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan informasi kepada peneliti dan masyarakat, khususnya petani kopi tentang pengaruh beberapa jenis zat pengatur tumbuh dan intensitas naungan terhadap pertumbuhan bibit kopi arabika serta sumber ilmu pengetahuan khususnya di bidang pertanian sebagai bahan acuan untuk penelitian selanjutnya

1.3 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Terdapat interaksi antara jenis zat pengatur tumbuh dan intensitas naungan yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan bibit kopi arabika.
2. Terdapat perlakuan zat pengatur tumbuh yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan bibit kopi arabika.
3. Terdapat perlakuan intensitas naungan yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan bibit kopi arabika.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Malino, Kecamatan Tinggimoncong, Kabupaten Gowa. Lokasi Penelitian terletak pada koordinat 5°33' - 5°34' LS dan 120°38' - 120°33' BT dengan ketinggian $\pm$ 1000 mdpl. Pelaksanaan penelitian berlangsung pada bulan Juni-Desember 2024.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah, tanah *top soil*, pasir, kompos, air, bibit kopi arabika jenis ateng super (gayo 3), paranet 45%, paranet 55%, paranet 65%, tali rafia, potongan bambu ukuran 2,5 m, papan penanda, giberelin, air hangat, air kelapa, air cucian beras, ekstrak bawang merah, ekstrak tauge, ekstrak jagung manis, kuteks bening, dan selotip

Alat yang digunakan yaitu sekop, cangkul, gergaji, parang, *polybag* ukuran 20 × 25, ember, gelas ukur, *hand sprayer*, spidol permanen, *Chlorophyll Content Meter 200 plus* (CCM 200⁺), mikroskop, jangka sorong digital, penggaris, meteran, gunting, kaca preparat, timbangan analitik, oven, kamera digital dan alat tulis menulis.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Petak Terpisah (RPT) atau *Split Plot design* dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK). Rancangan Petak Terpisah adalah rancangan yang memiliki 2 faktor percobaan, yaitu petak utama dan anak petak. Petak utama adalah naungan dan anak petak adalah jenis zat pengatur tumbuh.

Faktor petak utama yaitu intensitas naungan yang terdiri atas tiga taraf perlakuan yaitu:

- n1 = naungan 45%
- n2 = naungan 55 %
- n3 = naungan 65%

Faktor anak petak yaitu jenis zat pengatur tumbuh yang terdiri atas tujuh taraf perlakuan yaitu:

- z0 = tanpa perlakuan ZPT (perendaman dengan air hangat)
- z1 = giberelin (Dosis anjuran produk 0,05%)
- z2 = Air Kelapa 10%
- z3 = Air Beras 10%
- z4 = Ekstrak Bawang Merah 100g/L
- z5 = Ekstrak Tauge 100g/L
- z6 = Ekstrak Jagung 100g/L

Berdasarkan jumlah perlakuan dari masing-masing faktor diperoleh kombinasi perlakuan sebagai berikut:

n0z0	n1z0	n2z0
n0z1	n1z1	n2z1
n0z2	n1z2	n2z2
n0z3	n1z3	n2z3
n0z4	n1z4	n2z4
n0z5	n1z5	n2z5
n0z6	n1z6	n2z6

Berdasarkan kedua faktor tersebut terdapat 21 kombinasi perlakuan, masing-masing kombinasi perlakuan terdiri dari 3 unit percobaan yang diulang sebanyak tiga kali sehingga digunakan sebanyak 189 bibit kopi arabika.

2.4 Pelaksanaan Penelitian

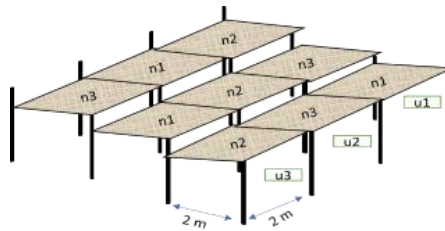
Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahap yang meliputi penyemaian, pemindahan bibit ke media tanam penelitian, pemberian naungan, Pengaplikasian jenis zat pengatur tumbuh, pemeliharaan tanaman dan pembongkaran Bibit.

2.4.1 Penyemaian Benih

Penyemaian kopi arabika dilakukan setelah perendaman masing-masing jenis zat pengatur tumbuh selama 12 jam, sedangkan perlakuan z0 direndam dengan air hangat tanpa ZPT selama 12 jam (gambar lampiran 2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2m, dan 2n). Kemudian dilakukan penyemaian pada bedengan ukuran 1x2 m dengan media tanam campuran tanah *top soil* dan pasir (gambar lampiran 2a). Benih disemai dengan cara di dederkkan sebanyak 10 biji setiap baris dengan jarak tanam 3x3 cm, yang terdiri dari 12 baris, sehingga disemai sebanyak 120 benih dalam setiap perlakuan. Penanaman benih dilakukan dengan kedalaman semai 1 cm, dengan posisi benih kopi bagian yang rata berada di bawah. Kemudian semaian ditutupi dari paparan sinar matahari langsung menggunakan karung yang dibelah sampai benih berkecambah (Gambar lampiran 2o, 2p, dan 2q).

2.4.2 Pembuatan Naungan

Menyiapkan 16 potongan bambu dengan masing-masing panjang 2,5 m sebagai tiang penyangga, kemudian mengukur jarak antar tiang yaitu 2x2 m, memasang tiang penyangga pada setiap sudut dengan kedalaman 50 cm dibawah tanah (gambar lampiran 3g). Selanjutnya membentangkan paranet sesuai dengan pola pengacakan dengan mengikat setiap ujung paranet pada tiang penyangga menggunakan tali rafia, paranet di pasang miring sesuai dominasi arah datangnya cahaya matahari (gambar lampiran 3h). Ilustrasi pemasangan naungan sebagai berikut:



Gambar 1. Ilustrasi Pemasangan Naungan

2.4.3 Pemindahan Bibit ke *Polybag*

Bibit kopi arabika yang telah berumur 60 hari dipindahkan ke *polybag* berukuran 20×25 cm dengan media tanam tanah *top soil* dan kompos perbandingan 2:1 dengan volume ± 5 kg yang telah diberi tanda berupa tulisan perlakuan menggunakan spidol permanen dan dipersiapkan dua pekan sebelum pindah tanam. Bibit yang dipindahkan memiliki pertumbuhan tinggi, diameter dan jumlah daun yang semaksimal mungkin di seragamkan (gambar lampiran 3a, 3b, dan 3c). Bibit kopi arabika dipindahkan dan diatur di bawah naungan sesuai dengan denah pengacakan (gambar lampiran 4a, 4b, 4c, dan 4d).

2.4.4 Pengaplikasian Zat pengatur tumbuh

Tahapan pengaplikasian zat pengatur tumbuh adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan ZPT, yaitu dengan membuat ekstrak dari bawang merah, jagung muda yang berusia 70 HST, dan taugé (kecambah kacang hijau yang telah diimbibisi pada kain basah selama 48 jam dan telah muncul poros kecambah dengan panjang 2-4 cm). Pembuatan ekstrak dari masing-masing jenis ZPT alami menggunakan perbandingan 100g/L. Sedangkan, untuk giberelin menggunakan dosis rekomendasi yang tertera pada label produk yaitu 0,5 mL/L atau konsentrasi 0,05%. Air beras dan air kelapa menggunakan perbandingan 10% (gambar lampiran 2b, 2c, 2d, 2e, dan 2f).
2. Mengaplikasikan masing-masing ZPT pada bibit kopi sesuai tanda perlakuan pada *polybag* dengan cara disemprotkan pada tanaman dan diaplikasikan sebanyak 6 kali dengan interval waktu setiap 2 minggu (gambar lampiran 4h).

2.4.5 Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan bibit kopi arabika meliputi penyiraman setiap pagi dan sore hari. Selain itu, penyiangan dan pembersihan gulma yang dilakukan setiap dua minggu sekali agar menghindari terjadinya persaingan hara, cahaya, dan air dengan gulma.

2.4.6 Pembongkaran *Polybag*

Pembongkaran *polybag* dilakukan diakhir penelitian, yaitu dengan melepaskan *polybag* dari tanah dengan cara di robek, kemudian memisahkan tanaman dengan tanah yang menempel pada akar (gambar lampiran 5d).

2.5 Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan terdiri dari daya kecambah, waktu tumbuh, tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, jumlah klorofil daun, kerapatan stomata, luas bukaan stomata, luas daun, panjang akar, volume akar, bobot segar tajuk, bobot segar akar, bobot kering tajuk, bobot kering akar dan rasio rasio tajuk-akar/ *Root Shoot Ratio*.

2.5.1 Daya Kecambah

Parameter daya kecambah kopi diamati setelah 30 HST, benih berkecambah ditandai dengan munculnya poros embrio (gambar lampiran 2p). Perhitungan daya kecambah benih menggunakan rumus sebagai berikut:

Daya Kecambah = $\frac{\text{Jumlah Benih yang berkecambah}}{\text{Jumlah keseluruhan Benih yang ditanam}} \times 100$, (Manambangtua dan Hidayat, 2023)

2.5.2 Waktu Berkecambah

Parameter waktu berkecambah diamati setelah penyemaian, dilakukan setiap pekan yaitu 7 HST, 14 HST, 21 HST dan 28 HST. Waktu berkecambah dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Waktu Berkecambah} = \frac{N_1T_1 + N_2T_2 + N_3T_3 + N_4T_4}{\text{Jumlah Total Benih Berkecambah}}$$

Keterangan:

N = Jumlah Benih Berkecambah pada satuan waktu pengamatan

T = Menunjukkan jumlah waktu antara awal penanaman sampai dengan akhir interval waktu pengamatan (Manambangtua dan Hidayat, 2023).

2.5.3 Tinggi Tanaman (cm)

Pengamatan tinggi dilakukan dengan mengukur bibit kopi dari permukaan tanah sampai pucuk tertinggi yang dilaksanakan sebelum pengaplikasian ZPT yaitu dua minggu setelah bibit kopi arabika pindah tanam. Pengukuran tinggi selanjutnya, dilakukan empat minggu setelah pindah tanam sampai 16 minggu dengan interval waktu dua minggu sekali (gambar lampiran 5a).

2.5.4 Diameter batang (mm)

Pengamatan diameter batang menggunakan jangka sorong digital pada batang utama dengan ketinggian 2 cm dari permukaan tanah yang dilakukan sebelum pengaplikasian ZPT yaitu dua minggu setelah bibit kopi arabika pindah tanam. Pengukuran diameter batang selanjutnya, dilakukan empat minggu setelah pindah tanam sampai 16 minggu dengan interval waktu dua minggu sekali (gambar lampiran 5c)

2.5.5 Jumlah Daun

Pengamatan jumlah daun dilakukan sebelum pengaplikasian ZPT yaitu dua minggu setelah bibit kopi arabika pindah tanam. Pengukuran diameter batang

selanjutnya, dilakukan empat minggu setelah pindah tanam sampai 16 minggu dengan interval waktu dua minggu sekali (gambar lampiran 5d)

2.5.6 Jumlah Klorofil Daun (μmol.m⁻²)

Pengamatan klorofil daun dihitung diakhir pengamatan yaitu minggu ke 16 setelah pindah tanam menggunakan alat *Chorophyll content Meter 200⁺* (CCM-200⁺) (gambar lampiran 5i). Pengambilan sampel pada daun ke-3 dari pucuk, dengan menghitung kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total daun, dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$y = a + b (CCI)^c$$

Keterangan:

- y = Kandungan klorofil daun
- a, b, dan c = Konstanta
- CCI = Indeks klorofil yang terbaca pada alat CCM-200⁺ (Tabel 1):

Tabel 1. Rumus dan konstanta Kadar Klorofil

Parameter	Konstanta		
	a	b	c
Chl a	-421,35	375,02	0,1863
Chl b	38,23	4,03	0,88
Chl tot	-283,2	269,96	0,277

Sumber: Goncalves, 2008.

2.5.7 Kerapatan Stomata (Stomata/mm²)

Pengambilan sampel kerapatan stomata dilakukan di pagi hari yaitu pada pukul 08.00-10.00 WITA dengan mengambil daun ketiga dari pucuk, kemudian dioleskan kuteks bening dan didiamkan beberapa saat sampai kering, lalu rekatkan selotip dilepaskan dari daun dan direkatkan pada kaca preparat. Pelaksanaan pengambilan sampel dilaksanakan pada pengamatan terakhir minggu ke-16 setelah pindah tanam. Pengamatan sampel menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400 kali (gambar lampiran 5k dan 5n). Kerapatan stomata dihitung menggunakan perbandingan jumlah stomata dengan luas bidang pandang (πr^2) (Nasaruddin, 2024).

2.5.8 Luas Bukaannya Stomata (μm²)

Pengambilan sampel luas bukaan stomata dilakukan di pagi hari yaitu pada pukul 08.00-10.00 WITA dengan mengambil daun ketiga dari pucuk, kemudian dioleskan kuteks bening dan ditempelkan selotip, lalu didiamkan beberapa saat sampai kering. Setelah kering, di lepaskan rekatannya dari daun lalu direkatkan pada kaca preparat. Pelaksanaan pengambilan sampel pada pengamatan terakhir minggu ke-16 setelah pindah tanam. Pengamatan sampel menggunakan mikroskop dengan perbesaran 1000 kali (gambar lampiran 5o dan 5p). Menurut Nasaruddin (2024), rumus luas bukaan stomata sebagai berikut:

Luas Bukaan Stomata (LBS) = $\pi \times r_1 \times r_2$, dimana $r_1 = \frac{1}{2}$ panjang, $r_2 = \frac{1}{2}$ lebar

2.5.9 Luas Daun (cm²)

Pengukuran luas daun dihitung dengan menggunakan aplikasi Petiole yang telah di unduh dan di kalibrasi pada *handphone* yang dilakukan di akhir penelitian yaitu 16 minggu setelah pindah tanam (gambar lampiran 5m).

2.5.10 Volume Akar (mL)

Pengamatan volume akar diukur dengan memasukkan akar kedalam gelas ukur yang berisi air, lalu menghitung selisih dari volume setelah akar berada dalam air dengan volume air awal yang dilakukan diakhir pengamatan yaitu 16 minggu setelah pindah tanam (gambar lampiran 5e).

2.5.11 Panjang Akar (cm)

Pengukuran panjang akar dilakukan dengan pembersihan, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran bagian akar yang telah dipisahkan dari tanah mulai dari pangkal akar ke ujung akar menggunakan penggaris, pengamatan dilakukan setelah 16 minggu setelah pindah tanam (gambar lampiran 5f).

2.5.12 Bobot Basah Tajuk (g)

Pengukuran bobot basah tajuk dilakukan dengan menimbang tajuk bibit kopi menggunakan timbangan analitik setelah dipisahkan dari bagian akar tanaman. Pengamatan dilakukan setelah pembongkaran yaitu 16 minggu setelah tanam (gambar lampiran 5g).

2.5.13 Bobot Kering Tajuk (g)

Pengukuran bobot kering tajuk dilakukan dengan menimbang tajuk menggunakan timbangan analitik pada saat setelah dilakukan pengeringan menggunakan oven dengan suhu 70 °C selama 48 jam (gambar lampiran 5i).

2.5.14 Bobot Basah Akar (g)

Pengukuran bobot basah akar dilakukan dengan menimbang akar menggunakan timbangan analitik setelah dipisahkan dari tajuknya. Pengamatan dilakukan di akhir penelitian yaitu 16 minggu setelah pindah tanam (gambar lampiran 5h).

2.5.15 Bobot Kering Akar (g)

Pengukuran bobot kering akar dilakukan dengan menimbang akar yang telah dikeringkan dengan oven pada suhu 70 °C selama 48 jam, menggunakan timbangan analitik (gambar lampiran 5j).

2.5.16 Rasio Tajuk-Akar /Root Shoot Ratio

Pengukuran rasio tajuk-akar dilaksanakan setelah akar dan tajuk tanaman di keringkan dengan oven pada suhu 70 °C selama 48 jam dengan menghitung perbandingan antara bobot kering tajuk dengan bobot kering akar.

2.6 Analisis Data

Data dikumpulkan lalu ditabulasi dalam bentuk tabel, Selanjutnya data diolah dan dianalisis menggunakan sidik ragam *Analysis of Variance* (ANOVA). Data yang memperlihatkan hasil yang sangat nyata maupun nyata dilakukan uji lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).