

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan jenis komoditas perkebunan yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi. Komoditas ini berkontribusi pada nilai komoditas ekspor Indonesia. Kebutuhan lada terus meningkat mengingat bahwa biji lada dapat dijadikan sebagai bumbu rempah dalam beragam jenis olahan makanan, sehingga banyak diminati dikalangan masyarakat. Indonesia menjadi salah satu produsen dan eksportir lada dunia dengan sepuluh negara tujuan utama ekspor meliputi Vietnam, Amerika Serikat, China, India, Taiwan, Jerman, Prancis, Belanda, Thailand dan negara lainnya. Komoditi lada putih (tidak dihancurkan dan tidak ditumbuk) menjadi incaran negara tujuan dengan nilai ekspor sebesar 79,21 juta USD (Direktorat Jendral Perkebunan, 2022).

Secara nasional luas areal pertanaman lada menghasilkan tahun 2022 seluas 109.531 ha dengan jumlah produksi sebesar 75.205 ton dan produktivitasnya sebesar 687 ton/ha. Dibandingkan dengan tahun sebelumnya angka tersebut mengalami penurunan, dimana tahun 2021 jumlah produksi sebesar 79.548 ton dan produktivitas sebesar 718 kg/ha. Angka tersebut tergolong rendah dimana produktivitas masih (<1000 kg/ha/th) tidak sama halnya dengan negara produsen lainnya seperti Vietnam, Thailand dan Kamboja yang jumlah produktivitasnya mencapai (>3000 kg/ha/th). Tercatat hingga tahun 2022 terdapat 10 provinsi sentra produksi lada utama di Indonesia meliputi Lampung, Kepulauan Bangka Belitung, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Kalimantan Barat, Sumatera Selatan, Kalimantan Timur, Bengkulu, Sulawesi Tengah dan Jawa Barat. Sulawesi Selatan merupakan salah satu provinsi dengan produksi lada dari tahun 2019 hingga 2022 berturut-turut adalah 6.839, 5.985, 7.398 dan 6.194 ton pertahunnya. Akan tetapi, produktivitas lada di Sulawesi Selatan relatif masih rendah yaitu hanya 361 kg – 371 kg/ha (Direktorat Jendral Perkebunan, 2022).

Produktivitas rata-rata lada nasional yang rendah merupakan suatu permasalahan yang perlu diperhatikan dan harus dipecahkan untuk meningkatkan jumlah produksi dan pendapatan petani, karena perkebunan lada di Indonesia didominasi oleh perkebunan rakyat. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi rendahnya produktivitas lada di Indonesia, salah satunya dikarenakan teknik budidaya yang dilakukan belum tepat. Dimana sebahagian petani masih menggunakan tajar mati sebagai penyangga tanaman lada. Penggunaan tajar mati memberikan pengaruh yang kurang baik bagi tanaman. Disaat musim kemarau tanaman akan sulit mendapatkan ketersediaan air dalam tanah. Jika masuk musim penghujan, suhu udara menjadi rendah dan kelembaban tinggi. Tetesan air hujan yang jatuh ke tanah dapat memindahkan propagul dari tanah ke daun yang ada didekatnya sehingga memungkinkan terjadinya infeksi jamur *Phytophthora capsica* penyebab busuk pangkal akar dan batang (Manohara et al. 2005). Selain itu, pembuatan piringan atau pengikisan tanah disekitar tanaman lada yang dilakukan

saat pemupukan dapat menyebabkan genangan saat hujan Sehingga akan memudahkan berkembangnya patogen jahat yang dapat menyerang tanaman lada. Hal tersebut mengakibatkan umur produktifitas lada yang umumnya mampu bertahan hingga 15-20 tahun menjadi 9-11 tahun.

Maka dari itu perlu dilakukan perbaikan teknik budidaya dan peremajaan atau pergantian tanaman dengan bibit berkualitas dan bebas penyakit. Karena penyakit Busuk Pangkal Akar (BPA) dan Busuk Pangkal Batang (BPB) dapat berkembang dan menyebar dengan cepat serta dapat mematikan tanaman dalam waktu singkat. Sehingga dalam pengelolaan penyakit tersebut seharusnya dilakukan secara terpadu dengan mengutamakan pencegahan dan menghambat penyebaran penyakit dengan cara meningkatkan ketahanan tanaman pada fase pembibitan. Karena pencegahan yang dilakukan di lapangan dirasa kurang efisien, membutuhkan tenaga, biaya dan waktu yang cukup banyak.

Upaya dalam mengatasi penyakit BPB adalah dengan melakukan perbaikan kultur teknis dan penggunaan agen hayati. Salah satu mikroorganisme fungsional yang dikenal luas sebagai pupuk biologis tanah dan juga berfungsi sebagai biopestisida adalah *Trichoderma* spp. Spesies *Trichoderma* disamping sebagai mikroorganisme pengurai juga dapat berfungsi sebagai agen hayati dan stimulator pertumbuhan tanaman (Marliana, 2017). *Trichoderma* sudah banyak digunakan sebagai organisme (biodekomposer), dapat menjadi pengurai dan menghambat pertumbuhan beberapa jamur penyebab penyakit pada tanaman (Rizal et al., 2019). Menurut Syam et al., (2019), penggunaan dosis *Trichoderma* 50 gram/tanaman yang diaplikasikan pada saat tanam memberikan memberikan pengaruh positif dalam mempercepat muncul tunas, pertambahan panjang tunas dan jumlah daun tanaman lada.

Secara tidak langsung *Trichoderma* dapat menekan patogen dengan cara melakukan kolonisasi pada daerah sekitar akar tanaman kemudian menyerang lapisan dangkal korteks akar, sehingga ruang gerak patogen berkurang yang mengakibatkan penyerapan unsur hara tidak terganggu. Mekanisme *Trichoderma* spp. efektif mengendalikan jamur melalui mikoparasitisme, kompetisi nutrisi, antibiosis dan induksi resistensi, sehingga meminimalkan serangan patogen (Yulia et al., 2017). Pemberian *Trichoderma harzianum* pada tanaman meningkatkan kualitas sistem perakaran, ditandai dengan pertumbuhan serabut akar yang lebih baik. Dengan demikian dapat meningkatkan kemampuan tanaman menyerap air dan hara, yang berdampak positif pada pertumbuhan vegetatif (Sari et al., 2022).

Penyediaan bibit berkualitas dapat diperoleh melalui perbanyakan tanaman secara vegetatif (stek) ataupun generatif (biji). Namun untuk mendapatkan bibit dalam waktu singkat dan dalam jumlah yang banyak, perbanyakan tanaman lada dengan metode stek menjadi pilihan yang tepat. Perbanyakan lada dengan cara stek dinilai lebih efektif, efisien dan praktis, serta bibit yang dihasilkan mempunyai sifat yang sama dengan pohon induknya. Stek lada pada umumnya menggunakan 7-9 ruas dengan panjang sekitar 90 cm. Namun dalam hubungannya dengan penghematan bahan tanam, penggunaan stek lada buku satu berdaun tunggal menjadi solusi alternatif dalam mengefesiesikan penggunaan bahan tanam.

Menurut pendapat (Subroto, 2018 dalam Manurung et al., 2023), perbanyak tanaman lada dapat menggunakan satu buku saja. Penggunaan bibit lada sulur panjang dengan menggunakan stek satu buku berdaun tunggal lebih efisien dan menghemat bahan tanam hingga 40%.

Terdapat kelemahan dalam pembibitan lada dengan metode stek ini yaitu lambatnya pembentukan akar (adventif) dan tunas. Sebuah alternatif yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) yang dimaksudkan untuk merangsang pembentukan akar stek, sehingga perakaran stek diharapkan dapat berkembang dengan baik. Dengan sistem perakaran yang baik dapat membantu dalam penyerapan unsur hara dalam tanah juga menunjang proses fotosintesis. Salah satu zat pengatur tumbuh yang sering digunakan pada masa vegetatif tanaman yaitu auksin (Murdaningsih et al., 2019). Pemberian auksin pada tanaman berfungsi mendorong perpanjangan dan pembelahan sel, diferensiasi jaringan xilem dan floem, pembentukan akar, serta menghambat gugurnya daun (Abdullah et al., 2019).

Diantara jenis auksin yang ada, ZPT Atonik merupakan salah satu jenis auksin sintesis berbentuk cair yang kerap kali digunakan di kalangan petani dengan harga terjangkau. Atonik adalah zat pengatur tumbuh golongan auksin yang dapat berperan dalam merangsang pembentukan akar dan pemanjangan akar. ZPT Atonik memiliki keunggulan beberapa diantaranya adalah mampu meningkatkan proses fotosintesis, menaikkan sintesis protein dan dapat meningkatkan penyerapan unsur hara dari dalam tanah, karena ZPT ini memiliki kandungan triacontanol, yang berguna untuk merangsang pertumbuhan tanaman dan mendorong tanaman untuk menyerap nutrisi dari dalam tanah (Ulfa et al., 2017). Penggunaan ZPT Atonik dengan konsentrasi yang tepat akan memberikan daya rangsang yang baik terhadap pertumbuhan akar pada fase vegetatif tanaman. Menurut Ulfa et al., (2017) dosis ZPT Atonik 1,5 ml/L optimal pada parameter pertumbuhan tunas, jumlah daun dan jumlah akar stek tanaman lada.

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini dilakukan sebagai upaya dalam memperbaiki sistem budidaya tanaman lada melalui peningkatan ketahanan tanaman dari serangan penyakit busuk pangkal batang. Dengan mengetahui kombinasi perlakuan yang tepat diantara keduanya, diharapkan dapat menjadi solusi untuk mendapatkan bibit lada yang berkualitas.

1.2 Landasan Teori

1.2.1 *Trichoderma harzianum*

Trichoderma memiliki peran berbeda sebagai jamur multifungsi yang ditemukan di berbagai ekosistem. Beberapa strain *Trichoderma* terbukti memiliki efek langsung pada tanaman, yaitu meningkatkan potensi pertumbuhan, penyerapan nutrisi, efisiensi penggunaan pupuk, tingkat perkecambahan biji, dan stimulasi pertahanan tanaman terhadap kerusakan biotik dan abiotik. *Trichoderma* memiliki kemampuan untuk mengurangi tekanan abiotik, pengendalian biologis penyakit

tanaman, induksi resistensi sistemik, dan promosi pertumbuhan tanaman (Syamsuri et al. 2022).

Berbagai mekanisme telah diteliti dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman yang distimulasi oleh *Trichoderma*, seperti sintesis fitohormon, produksi vitamin, penyerapan nutrisi, peningkatan perkembangan akar, meningkatkan laju fotosintesis, dan memodulasi mekanisme pertahanan tanaman (Harman, 2006 dalam Köhl et al., 2019). Tanah yang diinokulasi *Trichoderma* meminimalkan penyerapan Zn dan Cu , sekaligus meningkatkan serapan mikronutrien yang bermanfaat bagi tanaman. Berdasarkan hasil penelitian, *Trichoderma* spp. mampu berperan sebagai biokontrol. Sebagai contoh, tanaman stroberi yang diberi perlakuan *Trichoderma citrinoviride* mengalami penurunan gejala penyakit busuk akar hitam, karena *Trichoderma citrinoviride* dapat menghambat pertumbuhan patogen penyakit busuk akar hitam yang disebabkan oleh jamur *Rhizoctonia solani* (Cetinel et al. 2021 dalam Syamsuri et al. 2022).

Selain itu *Trichoderma harzianum* disamping berfungsi sebagai agen hayati, juga dapat menjadi stimulator pertumbuhan tanaman, memperbaiki perakaran tanaman dan merangsang pembentukan akar lateral. *Trichoderma harzianum* dapat meningkatkan pertumbuhan akar, khususnya jumlah akar samping dan panjang akar primer. *Trichoderma* menyebabkan terbentuknya pucuk-pucuk daun baru serta bertambahnya serabut akar. *Trichoderma harzianum* mengeluarkan zat aktif semacam hormon auksin. Fungsi dari hormon auksin ini adalah membantu dalam proses mempercepat pertumbuhan, baik itu pertumbuhan akar maupun pertumbuhan batang, mempercepat perkecambahan, membantu dalam proses pembelahan sel dan mempercepat pemasakan buah.

1.2.2 Zat Pengatur Tumbuh

ZPT Atonik berguna untuk mempercepat proses fisiologis pada tanaman yang memungkinkan tersedianya bahan pembentuk organ vegetatif sehingga dapat meningkatkan zat hara yang tersedia. Atonik termasuk zat pengatur tumbuh golongan auksin yang mampu meningkatkan laju metabolisme sehingga perkembangan sel semakin meningkat dan bidang serap daun lebih yang mempengaruhi peningkatan luas daun. Kandungan bahan aktif atonik berupa triacontanol juga Natrium senyawa fenol, yaitu Na-orthonitrofenol 0,2 %, Na-paranitrofenol 0,3 %, Na-2,4 dinitrofenol 0,5 %, dan Na-5 nitroquaniakol 0,1 %. Ion Na^+ berfungsi sebagai karier metabolisme dan mampu menggantikan sebagian fungsi ion K^+ . Senyawa dinitrofenol yang terkandung di dalam atonik dapat mengaktifkan unsur penyerapan hara dan memicu keluarnya tunas pada tanaman (Lestari, 2011).

Pemberian atonik akan meningkatkan pertumbuhan akar, batang dan daun tanaman. Pertumbuhan akar tanaman akan semakin meningkatkan penyerapan unsur hara. Transpor auksin yang terkandung dalam atonik terjadi dari akar ke pucuk dan dengan terbentuknya daun maka fotosintesis akan meningkat sejalan dengan pertumbuhan jumlah daun (Habeahan et al., 2021). Hasil penelitian Sitingjak (2015), menunjukkan pemberian ZPT Atonik konsentrasi 1 ml/l efektif merangsang

pertumbuhan tunas stek pucuk, merangsang pembentukan dan pertumbuhan daun baru secara signifikan, membentuk rata-rata 2 helai daun pada tunas stek pucuk kakao dengan panjang mencapai rata-rata 1,9 cm. Hasil penelitian (Sucitra, 2020), menunjukkan konsentrasi atonik 3 ml/l memberikan pengaruh terbaik pada persentase tumbuh, umur muncul tunas, jumlah daun, panjang akar terpanjang dan volume akar) jambu madu.

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat dari penelitian ini untuk mempelajari dan menganalisis pertumbuhan bibit stek lada yang diaplikasikan *Trichoderma harzianum* dan ZPT Atonik.

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat interaksi antara *Trichoderma harzianum* dengan ZPT Atonik yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan bibit stek lada.
2. Terdapat konsentrasi ZPT Atonik yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan bibit stek lada.
3. Terdapat dosis *Trichoderma harzianum* yang memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan bibit stek lada.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Ujung Bulu, Kabupaten Bulukumba. Penelitian ini dilaksanakan selama $\pm$ 4 bulan mulai dari bulan Juli-November 2024.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah setek tanaman lada varietas India yang diambil dari pohon induk yang sehat dengan panjang 1 buku, *Trichoderma harzianum*, kompos, tanah top soil, ZPT Atonik, polybag ukuran 20 x 20 cm, sungkup plastik, kaca preparat, kuteks bening dan selotip bening.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, parang, cutter, timbangan analitik, sprayer, CCM 200+, mikroskop, ember/wadah, gelas ukur, *hand sprayer*, ember, oven, penggaris, meteran dan alat tulis.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian disusun dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial 2 faktor. Faktor pertama adalah perlakuan *Trichoderma harzianum* (t), yaitu: 0 g/tanaman, 25 g/tanaman dan 50 g/tanaman. Faktor kedua adalah konsentrasi ZPT Atonik (a), yaitu: 0 ml/L, 1 ml/L, 2 ml/L dan 3 ml/L. Terdapat 12 kombinasi perlakuan dan setiap perlakuan diulang 3 kali sehingga terdapat 36 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri dari 3 sampel tanaman, sehingga jumlah tanaman seluruhnya sebanyak 108 tanaman. Selanjutnya data dianalisis dengan Analisis ragam (Anova) dengan menggunakan aplikasi analisis STAR, jika hasil yang diperoleh berpengaruh nyata maka dilakukan pengujian lanjutan menggunakan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf kepercayaan 5%.

2.4. Pelaksanaan Penelitian

2.4.1 Analisis Tanah

Tahap awal dalam penelitian ialah melakukan analisis tanah dengan cara mengambil sampel tanah yang akan dijadikan media tanam nantinya. Analisis tanah dilakukan sebelum dan sesudah penelitian untuk mengetahui sifat fisika dan kimia serta status unsur hara di dalam tanah.

2.4.2 Persiapan Lahan

Persiapan lahan dilakukan dengan membersihkan areal lahan dari gulma menggunakan cangkul. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi adanya ancaman yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

2.4.3 Persiapan Media Tanam

Persiapan media tanam meliputi pengisian *polybag* (20 cm x 20 cm) yang berisi campuran kompos dan tanah (perbandingan 1:1) hingga *polybag* terisi penuh. Selanjutnya semua *polybag* disusun sesuai dengan denah percobaan.

2.4.4 Persiapan Bahan Tanam

Bahan tanam diambil dari tanaman yang sehat dan bebas penyakit. Bahan tanam diambil di Desa Balibo, Kecamatan Kindang, Kabupaten Bulukumba. Bahan tanam dipilih dari pohon induk yang berumur kurang 3-4 tahun. Cabang tersebut dipotong secara horizontal diatas buku dengan panjang satu buku satu daun.

2.4.5 Pemasangan Naungan

Naungan dengan ukuran 3 x 3 m dibuat dengan dengan kayu sebagai tiang penyanggah kemudian paranet digunakan sebagai atap memanjang untuk meminimalisir kontak langsung sinar matahari terhadap tanaman. Jarak antara tanaman dengan paranet setinggi 2 m.

2.4.6 Pengaplikasian *Trichoderma harzianum*

Pengaplikasian dilakukan dengan cara mencampurkan *Trichoderma harzianum* dengan media tanam hingga rata sesuai dengan dosis yang telah ditentukan yaitu t0 (0 g), t1 (25 g) dan t2 (50 g).

2.4.7 Penanaman

Polybag yang telah berisi media tanam disiram terlebih dahulu hingga kondisi tanah lembab, kemudian penanaman dilakukan dengan cara menanamkan bahan tanam dengan kedalaman kurang lebih 3 cm.

2.4.8 Pemasangan Sungkup

Pemasangan sungkup dilakukan setelah penanaman selesai, dimana penyungkupan menggunakan plastik bening ukuran 20 x 25 cm dengan cara menutup polybag dan memastikan bahwa tidak ada udara yang masuk agar kelembaban tanah tetap terjaga.

Berikut contoh sungkup pada bibit stek lada yang menggunakan plastik bening



Gambar 1. Contoh sungkup menggunakan plastik bening

2.4.9 Pengaplikasian ZPT Atonik

Pengaplikasian ZPT Atonik dilakukan dengan menyiapkan beberapa konsentrasi perlakuan di dalam *hand sprayer* kemudian disemprotkan ke seluruh bagian tanaman yang telah berumur 30 HST sesuai perlakuan yang telah ditentukan, Beberapa taraf perlakuan yaitu 0 ml/L, 1 ml/L, 2 ml/L dan 3 ml/L. Pengaplikasian dilakukan pada 14 HST, 49 HST, 63 HST dan 77 HST.

2.4.10 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman sebanyak dua kali yaitu pagi dan sore hari dengan intensitas penyiraman sesuai dengan kondisi media serta penyiangan dengan mencabut gulma yang tumbuh disekitar polybag yang dapat mengganggu pertumbuhan bibit stek lada.

2.5. Pengamatan dan Pengukuran

Parameter pengamatan dan pengukuran pada penelitian meliputi:

1. Persentase Hidup Stek (%)

Pengamatan persentase hidup stek dilakukan pada saat minggu akhir penelitian dengan cara menghitung jumlah stek yang hidup bertunas pada masing-masing satuan percobaan Kemudian dihitung menggunakan rumus berikut:

$$PHS = \frac{X}{T} \times 100 \%$$

Keterangan:

PHS : Persentase hidup stek (%)

X : Jumlah stek hidup

T : Jumlah seluruh tanaman (Amilda dan Petrus, 2016).

2. Waktu Muncul Tunas (hari)

Pengamatan waktu muncul tunas dilakukan dengan cara menghitung hari sejak awal penanaman hingga stek bertunas dengan tinggi 0,5 cm.

3. Pertambahan panjang Sulur (cm)

Pertambahan panjang sulur dihitung mulai minggu ke-5 setelah tanam dan diamati tiap 7 hari.

4. Panjang Sulur Akhir (cm)

Pengukuran panjang sulur akhir dimulai dari pangkal tunas sampai titik tumbuh. Pengukuran panjang sulur dihitung pada akhir penelitian (13 MST) dengan mengukur panjang sulur mulai dari titik tumbuhnya tunas hingga titik tumbuh tertinggi sulur.

5. Jumlah Daun (helai)

Jumlah daun dilakukan dengan menghitung daun yang telah terbuka sempurna pada tunas yang telah tumbuh. Penghitungan jumlah daun dimulai pada minggu ke-5 setelah tanam dan diamati setiap 10 hari.

6. Luas Daun Akhir (cm²)

Pengukuran luas daun dilakukan diakhir penelitian menggunakan aplikasi *petiole* pengukur luas daun dengan penggunaannya yang sederhana, yaitu dengan melakukan kalibrasi pada *barcode* yang telah disiapkan setelah itu daun yang diukur luasnya diberikan latar putih, maka otomatis aplikasi akan mengidentifikasi luas daun. Kriteria daun yang digunakan adalah daun muda, daun remaja dan daun tua.

7. Kadar Klorofil

Pengukuran kadar klorofil diukur menggunakan alat *Content Chlorophyll Meter* (CCM 200⁺) yang dilakukan dengan menempelkan alat tersebut pada daun. Kemudian mengukur kandungan klorofil a ($\mu\text{mol.m}^{-2}$), klorofil b ($\mu\text{mol.m}^{-2}$) dan total klorofil daun ($\mu\text{mol.m}^{-2}$), menggunakan rumus: kandungan klorofil daun = $a + b \text{ (CCM)}^c$, dimana:

Parameter	$y = a + b \text{ (CCM)}^c$		
	A	B	C
Chl a	-421,35	375,02	0,1863
Chl b	38,23	4,03	0,88
Chl total	-283,2	269,96	0,277

Tabel 1. Nilai Konstanta a, b dan c

Sumber: *Goncalves, 2008*

8. Kerapatan dan Luas Bukaan Stomata

Pengambilan sampel stomata pada rentan waktu 08:00-10:00 yang dilakukan dengan memilih bagian daun yang sehat. Kemudian membersihkan bagian bawah daun dari debu menggunakan tisu, karena stomata terletak di sisi bawah daun. Lalu, oleskan kuteks bening pada daun dengan sekali usapan, tidak terlalu tebal dan tidak terlalu tipis. Tunggu cairan kuteks bening kurang lebih 5-10 menit. Setelah kuteks mengering, tempelkan selotip bening kemudian mencabutnya secara perlahan dan letakkan replika dari kuteks bening yang telah kering diatas kaca preparat. Setelah itu, pengamatan stomata dilakukan menggunakan mikroskop dengan menghitung jumlah stomata yang terdapat pada sampel stomata di kaca preparat. Untuk mengukur kerapatan stomata menggunakan perbesaran 40 kali dengan diameter bidang pandang $0,52 \text{ mm}^2$. Sedangkan pengukuran luas bukaan stomata menggunakan perbesaran 100 kali dengan diameter bidang pandang $0,05 \text{ mm}^2$ dengan luas bidang pandang = πr^2 . Setelah itu hitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan stomata (mm}^2\text{)} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang pandang}}$$

9. Panjang Akar (cm)

Akar diukur menggunakan penggaris mulai dari akar yang muncul dari kalus sampi dengan ujung akar yang terpanjang dan dilakukan pada akhir penelitian (13 MST).

10. Bobot Segar Akar (gram)

Pengamatan ini dilakukan pada akhir penelitian (13 MST) dengan cara memisahkan bagian akar pada batang kemudian dicuci dengan air untuk menghilangkan sisa-sisa tanah yang tersisa, lalu ditimbang menggunakan timbangan analitik.

11. Bobot kering Akar (gram)

Akar lada yang telah ditimbang berat akar basahanya, selanjutnya dimasukkan kedalam amplop. Kemudian amplop yang berisi akar di oven dengan suhu 70°C selama 24 jam sampai bobotnya konstan, setelah itu akar dikeluarkan dari amplop dan dihitung bobot kering ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.