

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* jacq). adalah komoditas utama perkebunan di Indonesia yang diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam meningkatkan perekonomian Indonesia. Permasalahan utama yang dihadapi perkebunan kelapa sawit di Indonesia adalah rendahnya produktivitas, diantaranya adanya serangan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh jamur *Ganoderma* sp. pada tanaman kelapa sawit (Ditjenbun, 2021). Di beberapa kebun Indonesia, penyakit jamur *Ganoderma* sp. telah menyebabkan kematian kelapa sawit hingga 80% atau lebih populasi kelapa sawit dan hal tersebut menyebabkan penurunan produk kelapa sawit (Purba *et al.* 2019). Potensi kerugian akibat penyakit jamur *Ganoderma* sp. di Indonesia diperkirakan mencapai lebih dari 250 juta dolar pertahun untuk kejadian penyakit di lapangan (Priwiratama dan Susanto, 2020). Jamur *Ganoderma* sp. menginfeksi jaringan akar tanaman inangnya dan berkembang di bawah permukaan tanah. Gejala ringan yang terlihat dari serangan jamur *Ganoderma* sp. ini adalah tanaman menjadi layu, jumlah helai daun berkurang, dan tanaman tidak berkembang (Hidayati *et al.* 2015).

Jamur *Ganoderma* sp. menunjukkan tanda penyakit berupa tubuh buah yang menempel pada pangkal batang tanaman inang. Pada umumnya, permukaan atas tubuh buah jamur *Ganoderma* sp. berwarna coklat kemerahan atau coklat tua, dan permukaan bawahnya berwarna putih kekuningan. Serangan jamur ini seringkali baru diketahui saat sudah menunjukkan gejala lanjut sehingga sulit

dikendalikan (Yelvita, 2022). Jamur *Ganoderma* sp. dapat bertahan pada daerah yang panas dan lembab (Hapuarachchi *et al.* 2015). Tanaman yang terserang dapat mati cepat atau lambat bergantung pada ketersediaan nutrisi (Hapuarachchi *et al.* 2019).

Jamur *Ganoderma* sp. pada tanaman kelapa sawit juga dapat memperpendek usia produktif tanaman. Pada kelapa sawit muda akan mati 6-24 bulan setelah munculnya gejala, sedangkan pada tanaman sawit dewasa membutuhkan waktu 2-3 tahun untuk pada akhirnya mati (Dahang *et al.* 2021), maka dari itu perlu dilakukan pengendalian yang efektif untuk keberlanjutan perkebunan kelapa sawit. Upaya pengendalian penyakit ini telah banyak dilakukan oleh petani kelapa sawit (Rupaedah *et al.* 2018). Pengendalian secara kultur teknis dilakukan sejak proses tanam ulang, yakni dengan sanitasi sisa-sisa batang dan akar yang terinfeksi jamur *Ganoderma* sp. sanitasi ini dapat meminimalkan kontak antara akar-akar sehat dengan sisa-sisa akar yang terinfeksi yang menjadi penyebab utama penyebaran jamur *Ganoderma* sp. dilapangan (Naher *et al.* 2013). Pengendalian penyakit busuk pangkal batang pada saat ini banyak dilakukan yaitu dengan pengendalian secara budidaya, mekanik dan kimia namun hal ini belum maksimal dalam mengatasi penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan jamur *Ganoderma* sp. pada tanaman kelapa sawit (Siddiqui, 2021).

Pengendalian secara hayati dengan menggunakan *Paenibacillus polymyxa* termasuk golongan bakteri antagonis yang bisa digunakan sebagai pengendalian beberapa jenis penyakit pada tanaman pangan dan hortikultura serta menghasilkan antibiotik *polimiksin* yang memiliki daya hambat terhadap

aktivitas mikroorganisme lain (Kantikowati *et al.* 2018, Syamsiah, 2015). Bakteri *P. polymyxa* dapat digunakan sebagai agen biokontrol untuk menekan penyakit hawar daun bakteri (HDB) secara *in planta* sebesar 62,5% (Khasanah, 2020). Serta dapat mengendalikan cendawan *Botryosphaeria dothidea* yaitu patogen penyebab bercak pada tanaman naga dengan persentase penghambatan sebesar 66,67% *in vitro* (Khan *et al.* 2020). Persentase daya hambat *P. polymyxa* tertinggi terjadi terhadap pada tanaman padi *oryzae* yaitu sebesar 73,67% (Hong *et al.* 2016). *P. polymyxa* mempunyai kemampuan antagonis tinggi dalam mengendalikan patogen tanaman (Jannah dan Hakim, 2023). Berdasarkan latar belakang. Penelitian, maka perlu dikaji upaya pengendalian penyakit tanaman dengan uji antagonisme bakteri *P. polymyxa* terhadap jamur patogen.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah bakteri endofit *indigenous* (*P. polymyxa*) dapat menghambat pertumbuhan patogen dalam kondisi *in vitro* ?
2. Berapa persentase kemampuan antagonis dari bakteri endofit *indigenous* (*P. polymyxa*) terhadap patogen?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kemampuan bakteri endofit *indigenous* (*P. polymyxa*) dalam menghambat penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelapa sawit.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai potensi bakteri endofit *indigenous* (*P. polymyxa*) yang berasal dari tanaman eukaliptus sebagai agen biokontrol yang efektif dalam menghambat pertumbuhan patogen.
2. Menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya yang berfokus pada pengembangan agen biokontrol untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelapa sawit.
3. Membantu petani dan industri kelapa sawit dalam mengembangkan strategi Pengendalian penyakit busuk pangkal batang yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq)

Kelapa sawit merupakan tanaman monokotil dimana terdapat bunga jantandan bunga betina dalam satu pohon. Tanaman kelapa sawit dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu bagian vegetatif dan bagian generatif. Bagian vegetatif meliputi akar, tinggi tanaman, jumlah daun dan panjang rachis. Sedangkan bagian generatif yang merupakan alat perkembangbiakan terdiri dari bunga dan buah (Abdiansyah *et al.* 2022). Klasifikasi tanaman kelapa sawit yaitu kingdom : (*Plantae*), Divisi : (*Tracheophyta*), Kelas : (*Angiospermae*), Ordo : (*Palmales*), : Famili : (*Aracaceae*), Genus : (*Elaeis*), Spesies : (*Elaeis guineensis* Jacq.) (salfi, 2023).

Secara umum, sistem perakaran kelapa sawit lebih berada dekat dengan permukaan tanah, tetapi pada keadaan tertentu akar juga bisa menjelajah lebih dalam. Sistem perakaran kelapa sawit merupakan sistem akar serabut, terdiri dari akar primer, sekunder, tersier, dan kuarter. Akar primer umumnya berdiameter 6-10 mm, keluar dari pangkal batang dan menyebar secara horizontal dan menghujam ke dalam tanah dengan sudut yang beragam, akar primer bercabang membentuk akar sekunder diameternya 2-4 mm, akar sekunder bercabang membentuk akar tersier yang berdiameter 0,7-1,2 mm dan umumnya bercabang lagi membentuk akar-akar kuarter (Pujokusumo, 2017).

Batang pada kelapa sawit memiliki ciri yaitu tidak memiliki kambium dan umumnya tidak bercabang. Pada pertumbuhan awal terjadi pembentukan batang yang melebar. Batang kelapa sawit berfungsi sebagai struktur pendukung

tajuk (daun, bunga, dan buah). Kemudian fungsi lainnya adalah sebagai sistem pembuluh yang mengangkut unsur hara dan makanan bagi tanaman (Zulfiansyah, 2022).

Daun adalah pusat produksi energi dan sebagai bahan makanan bagi tanaman. Bentuk dan jumlah daun serta susunannya berpengaruh terhadap tangkapan sinar matahari. Ciri dari daun kelapa sawit yaitu membentuk susunan daun majemuk, bersirip genap, dan bertulang sejajar. Pada umumnya pohon kelapa sawit memiliki sekitar 40 – 50 pelepah daun. Pertumbuhan pelepah daun muda yang berusia 5 - 6 tahun mencapai 30 - 40 helai (Sulardi, 2022).

Bunga Kelapa sawit merupakan tanaman berumah satu, dengan bunga jantan dan bunga betina dalam satu tanaman, masing-masing dalam satu tandan. Rangkaian bunga jantan terpisah dari bunga betina. Setiap rangkaian bunga muncul dari pangkal pelepah daun (ketiak daun). Setiap ketiak daun membentuk satu perbungaan lengkap. Bunga yang siap diserbuki terjadi pada tanaman muda (2-4 tahun), terutama terjadi pada perbungaan diketiak daun nomor 20 dan tanaman dewasa (> 12 tahun) dengan pelepah daun ke 15. Sebelum bunga mekar (masih tertutup seludang), bunga jantan dan betina biasanya dibedakan dari bentuknya. Proses tanaman berbuah dari saat penyerbukan hingga kematangan buah membutuhkan waktu \pm 6 bulan (Candra, 2015).

Buah sawit mempunyai warna bervariasi dari hitam, ungu, hingga merah tergantung bibit yang digunakan. Buah bergerombol dalam tandan yang muncul dari tiap pelepah. Minyak dihasilkan oleh buah. Kandungan minyak bertambah sesuai kematangan buah. Setelah melewati fase matang, kandungan asam lemak bebas (FFA = *free fatty acid*) akan meningkat dan buah akan rontok dengan sendirinya. Buah terkumpul di dalam tandan. Dalam satu tandan terdapat sekitar 1.600 buah. Tanaman normal akan menghasilkan 20 - 22 tandan per tahun.

Jumlah tandan buah pada tanaman tua sekitar 12–14 tandan per tahun. Berat setiap tandan sekitar 25-35 kg (Pahan, 2021).

2.2 Penyakit Busuk Pangkal Batang Pada Tanaman Kelapa Sawit

Pertumbuhan kelapa sawit tidak terlepas dari serangan penyakit salah satu penyakit yang menyerang adalah penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelapa sawit. Saat ini penyakit busuk pangkal batang merupakan penyakit yang penting, terutama pada kebun-kebun kelapa sawit yang telah mengalami peremajaan (Susanto, 2015). Penularan penyakit busuk pangkal batang terutama terjadi melalui kontak akar tanaman sehat dengan sumber inokulum yang dapat berupa sisa-sisa tanaman atau akar yang sakit. Kemudian tunggul yang membusuk yang mengandung banyak hara dan kelembaban tinggi. Agar dapat menginfeksi akar tanaman sehat, jamur harus mempunyai bekal makanan (*food base*) yang cukup (Semangun, 2013). Penyakit busuk pangkal batang merupakan penyakit tular tanah (*soil borne fungi*) yang tidak hanya menyerang tanaman tua saja tetapi juga menyerang tanaman muda. Taksonomi jamur *Ganoderma* sp. yaitu, kingdom: Fungi, fylum *Basidiomycota*, kelas: *Basidiomycetes*, ordo: *Polyporales*. family: *Polyporaceae*, divisi: *Eymycophyta*, genus: *Ganoderma* sp (Sasmito, 2017).



Gambar 2.1 Jamur *Ganoderma* sp
Sumber : (Surahmaidah, 2018)

Morfologi tubuh buah *Ganoderma* sp. dapat mencapai diameter 30 cm. Dengan warna permukaan atas tubuh buah kecoklatan dengan garis putih kekuningan. Pada saat matang, bagian atas tubuh buah mengkilat dan bagian bawah berwarna putih suram yang terdiri atas pori tempat terbentuknya basidium berupa tabung hialin bulat dengan diameter 12 μm . Basidiospora berwarna kecoklatan dengan ukuran 11 μm x 7 μm (Susanto *et al.* 2013).

Laju perkembangan jamur *Ganoderma* sp. dapat ditularkan melalui tiga cara, yaitu kontak akar tanaman dengan sumber inokulum *Ganoderma* sp. udara dengan basidiospora dan inokulum sekunder. Selain itu, laju pertumbuhan jamur *Ganoderma* sp. juga dipengaruhi oleh habitat tinggal, salah satunya sifat tanah, suhu, pH dan ketersediaan nutrisi. *Ganoderma* sp. dapat tumbuh pada kisaran pH 3.0-8.5 dengan suhu optimal 30⁰C dan terganggu pertumbuhannya pada suhu 15⁰C dan 35⁰C dan tidak dapat tumbuh pada suhu 40⁰C (Elfina *et al.* 2016).

Penyakit yang sering terjadi pada tanaman kelapa sawit adalah penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh jamur *Ganoderma* sp. gejala utama penyakit busuk pangkal batang adalah terhambatnya pertumbuhan, warna daun menjadi hijau pucat dan busuk pada batang tanaman. Pada tanaman belum menghasilkan, gejala awal ditandai dengan penguningan. Tanaman atau daun terbawah diikuti dengan nekrosis yang menyebar ke seluruh daun. Pada tanaman dewasa, semua pelepah menjadi pucat, semua daun dan pelepah mengering, daun tombak tidak membuka (terjadinya akumulasi daun tombak) dan suatu saat tanaman akan mati (Eviza *et al.* 2022).

Infeksi yang disebabkan oleh *Ganoderma* sp. ini terjadi pada saat adanya persentuhan miselium jamur dengan akar tanaman. Hifa jamur masuk ke dalam

jaringan empulur korteks hingga ke dalam jaringan pembuluh (*xylem* dan *floem*). Tanaman yang terserang jamur *Ganoderma* sp. tersebut akan menjadi lapuk pada bagian pangkal batang dan lama-kelamaan akan mati (Bedah *et al.* 2018).

2.3 Bakteri Endofit

Istilah endofit digunakan untuk mikroorganisme yang menghabiskan seluruh atau sebagian dari siklus hidupnya di dalam jaringan tanaman dan menyebabkan tidak ada infeksi atau gejala penyakit pada tanaman. Bakteri endofit berasal dari komunitas bakteri *rhizosfer* dan *phylloplane*, serta dari biji atau bahan tanaman. Bakteri endofit dapat masuk ke dalam tanaman melalui lubang atau luka alami (Susanti *et al.* 2021).

Bakteri endofit merupakan bakteri yang berada dalam jaringan tanaman dan tidak menimbulkan gejala penyakit pada tanaman di dalam jaringan tanaman bakteri berada di ruang antar sel, atau dalam jaringan pembuluh bakteri endofit sebagai agen biokontrol dan pemicu pertumbuhan memiliki kelebihan dibandingkan agen biokontrol lainnya karena keberadaannya dalam jaringan tanaman, sehingga mampu bertahan terhadap tekanan biotik dan abiotik (Yanti *et al.* 2017). Beberapa alasan yang menjelaskan daya tarik penggunaan bakteri endofit sebagai agens hayati adalah: 1) Bakteri endofit menawarkan cara pengendalian hayati dan dapat mengurangi ketergantungan pada bahan kimia berbahaya, 2) Bakteri endofit mampu bertahan di dalam jaringan tanaman dan dapat menyebar setelah kolonisasi awal, 3) Bakteri endofit mengurangi masukan sumber daya yang tidak dapat diperbarui serta menghambat perkembangan penyakit dalam jangka panjang dengan cara yang ramah lingkungan. Lingkungan

tersebut dapat mendukung bakteri endofit sebagai agens hayati potensial melawan penyakit layu (Eljounaidi *et al.* 2016).

Bakteri endofit dapat menghambat perkembangan penyakit dengan memproduksi siderofor dan menghasilkan senyawa penghambat seperti kitinase dan senyawa volatil. Bakteri endofit berbagi relung yang sama dengan patogen tanaman dan berpotensi bertahan di dalam jaringan tanaman sehingga menjadikannya pilihan yang sesuai sebagai kandidat agens hayati (Wicaksono *et al.* 2018).

2.3.1 Bakteri *Paenibacillus polymyxa*

Paenibacillus polymyxa termasuk golongan bakteri antagonis yang secara morfologi memiliki ciri-ciri dengan bentuk elevasi cembung bewarna coklat susu keruh. Jenis bakteri ini bisa digunakan sebagai agen pengendali beberapa jenis penyakit pada tanaman pangan dan hortikultural. Bakteri *P. polymyxa* bisa ditemukan pada tanah dan tanaman (Kantikowati *et al.* 2018). *P. polymyxa* dapat diklasifikasikan sebagai berikut : Kingdom : Bacteria, Filum : *Firmicutes*, Class : *Bacilli*, Ordo : *Bacillales*, Family : *Paenibacillaceae*, Genus : *Paenibacillus*, Species : *Paenibacillus polymyxa* (nama lain *Bacillus polymyxa*, *Aerobacillus polymyxa*, *Clostridium polymyxa*, *Granulobacter polymyxa*) (Prasetyo, 2016).

P. polymyxa merupakan bakteri yang hidup pada rizosfer bersifat endofitik dan sering dijadikan sebagai agen pengendali hayati. Hal ini disebabkan karena *P. polymyxa* mampu menghasilkan senyawa antimikroba, yaitu *lipopeptide polymyxin*, *fusaricidins*, *paenilipoheptin*, *paenilan*, dan *tridecaptin* (Aminah, 2023).

P. polymyxa dapat membentuk hubungan simbiotik dengan tanaman. Bakteri ini dapat mengkolonisasi akar tanaman dan membantu meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, Pertumbuhan tanaman, dan melindungi tanaman dari patogen. Mekanisme bakteri *P. polymyxa* ini mampu menghasilkan berbagai enzim seperti enzim selulase, protease, amilase, dan lipase. Enzim-enzim ini membantu dalam proses degradasi bahan organik kompleks, memecah polimer seperti selulosa, protein, amilum, dan lipid menjadi senyawa yang lebih sederhana yang dapat digunakan sebagai sumber energi (Ayu dan Mayadiani, 2020).

Antibiotik, beberapa strain *P. polymyxa* menghasilkan antibiotik *polimiksin*, antibiotik ini memiliki aktivitas antimikroba terutama terhadap bakteri gram-negatif. *P. Polymyxa* bekerja dengan merusak membran sel bakteri. Bacitracin, *P. polymyxa* juga dikenal menghasilkan antibiotik bacitracin. Bekerja dengan menghambat sintesis dinding sel bakteri cara lain agen biokontrol dalam menghambat patogen yaitu dengan mekanisme antibiosis mekanisme antagonis yang melibatkan hasil metabolit penyebab lisis, enzim, senyawa folatil, dan nonfolatil, atau toksin yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang menghambat pertumbuhan organisme lainnya. Bakteri ini juga disebut sebagai bakteri non patogen yang memberikan keuntungan di bidang kesehatan dan lingkungan karena mampu menghasilkan antibiotik *polimiksin* yang memiliki daya hambat terhadap aktivitas mikroorganisme lain (Amelia, 2022).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Program Studi Agroteknologi, Fakultas pertanian, Universitas Pasir Pengaraian, Kumu Desa Rambah Hilir, Kabupaten Rokan Hulu. Waktu Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan April sampai Mei 2024.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah media *potato dextrosa agar* (PDA), isolat bakteri endofit (*paenibacillus polymyxa*) B32/77, *Natrium Agar* (NA), isolat patogen, spiritus, NaOCl 1%, air aguades, alkohol 70%, aluminium foil, tisu, plastik, label dan plastik wrap.

Adapun Alat-alat yang digunakan adalah, cawan petri, erlenmeyer 250 ml, gelas kimia 100 ml, timbangan digital, *vortex*, jarum ose, korek api, lampu bunsen, *cork borer*, oven, *laminar air flow*, kompor gas, *hot plate*, panci, kulkas, autoklaf, mikroskop, buku, tulis, pena, penggaris, pensil dan penghapus.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Lapangan

3.3.1.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanaman sawit yang terinfeksi penyakit busuk pangkal batang di peroleh dari PT. Sawit Asahan Indah. Gejala pada tanaman sawit yang terinfeksi yaitu daun menguning pucat diikuti dengan akumulasi daun tombak, pelepah bagian bawah daun menggantung, pada pangkal batang

atau bagian tengah tanaman kelapa sawit mengalami pembusukan yang kadang-kadang diikuti tumbuhnya tubuh buah patogen. Tanaman kelapa sawit yang terserang berat bagian daun-daunnya mengering kemudian patah membentuk struktur seperti sarung, tanaman kelapa sawit tiba-tiba tumbang dan bagian bawah batang telah membusuk. Selanjutnya tanaman yang menunjukkan gejala terinfeksi penyakit busuk pangkal batang di lapangan diambil menggunakan pisau cutter, sampel di masukan ke dalam plastik steril, dan di bawa ke laboratorium.

3.3.2 Laboratorium

3.3.2.1 Pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Pembuatan media PDA dibuat dari potongan kentang berbentuk dadu sebanyak 200 g yang direbus dengan 1 liter aquades steril selama 15-20 menit, hingga kentang menjadi lunak. Air rebusan kentang disaring dan ditambahkan 20 g agar dan 20 g *dextrose*, lalu ditambahkan kembali aquades hingga volume mencapai 1 liter. Selanjutnya media PDA disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit (Yulia *et al.* 2017).

3.3.2.2 Pembuatan Media *Natrium Agar* (NA)

Pembuatan media (NA) dilarutkan sebanyak 20 g, kemudian ditambahkan aquades 1000 ml dilarutkan kedalam *glass beaker*, lalu dipanaskan diatas *hot plate* kemudian diaduk hingga homogen dan mendidih. Setelah itu, media disterilkan selama 15 menit dengan suhu 121°C dalam autoklaf. Media selanjutnya dituang ke dalam cawan petri secara steril, kemudian dibiarkan hingga media memadat pada suhu ruangan (Khairani *et al.* 2023).

3.3.2.3 Sterilisasi Alat

Alat yang terbuat dari kaca serta tahan panas seperti cawan petri, gelas kimia, kaca objek, kaca penutup, erlenmeyer, tabung reaksi, *glass bead* dan lainnya. Sterilisasi alat menggunakan autoklaf dan oven. Alat yang terbuat dari kaca tahan panas dimasukkan kedalam autoklaf. Selanjutnya alat disterilisasikan autoklaf. Sterilisasi menggunakan panas uap bertekanan autoklaf dengan suhu 121⁰C pada tekanan 1 atm selama ± 30 menit. Selanjutnya disterilisasikan kembali dengan oven pada suhu tinggi 180⁰C selama ± 2 jam (Sulistyo *et al.* 2018).

3.3.2.4 Isolasi Jamur Patogen (*Ganoderma sp*)

Isolasi jamur patogen didapatkan melalui sterilisasi permukaan tubuh buah jamur. Selanjutnya tubuh buah dipotong dengan ukuran sekitar 1 cm × 1 cm, dilanjutkan dilaminar *air flow*. Potongan tubuh buah ini direndam alkohol 70% selama 2 menit di pindahkan lagi ke dalam larutan NaOCl 1% selama 2 menit dan dibilas 3 kali menggunakan air aquades steril. Kemudian diinkubasi pada suhu ruang. Miselium yang tumbuh dimurnikan dengan cara dipindahkan ke media PDA baru (Purnamasari *et al.* 2012).

3.3.2.5 Identifikasi Jamur Patogen (*Ganoderma sp*)

Pengamatan morfologi jamur dilakukan terhadap koloni jamur patogen yang di tumbuhkan pada media PDA yang berumur 3-7 hari setelah inkubasi. Identifikasi yang dilakukan yaitu berdasarkan (Barnett dan Hunter 1998) dan (Watanabe, 2002).

3.3.2.6 Peremajaan Isolat Bakteri *Paenibacillus polymyxa* B32/77

Bakteri yang akan diremajakan yaitu bakteri *P. polymyxa* B32/77. Isolat bakteri dengan mengambil menggunakan jarum ose dari media *nutrient broth* yang telah ada di laboratorium, selanjutnya menggoreskan isolat dengan goresan sinambung di media NA per cawan petri. Diinkubasi selama 2 hari pada suhu ruang dan siap digunakan (Mayadianti, 2020).

3.3.2.7 Peremajaan Isolat Jamur Patogen (*Ganoderma* sp)

Jamur isolat patogen diremajakan pada media PDA jamur patogen dipindahkan pada media PDA dengan menggunakan *cork borer* yang berdiameter 5 mm. Potongan koloni jamur ditanam pada media PDA. Jamur diinkubasi selama 7 hari di dalam inkubator (Yulia *et al.* 2022).

3.4 Parameter Pengamatan

3.4.1 Karakteristik Makroskopis Dan Mikroskopis Jamur Patogen (*Ganoderma* sp)

Karakteristik makroskopis pengamatan dilakukan secara visual terhadap masing-masing isolat 5 -7 hari setelah inkubasi (hsi), meliputi : warna miselium, arah pertumbuhan miselium dan bentuk miselium (watanabe, 2002).

Karakteristik mikroskopis pengamatan dilakukan di media PDA pada yang berumur isolat 5- 7 (hsi) dengan metode preparat basah dengan menggunakan mikroskop meliputi : warna hifa, makrokonidia, mikrokonidia dan basidiospora (Barnett dan Hunter 1998).

3.4.2 Laju Pertumbuhan Jamur Patogen (*Ganoderma* sp)

Laju pertumbuhan jamur patogen dengan mengamati pertumbuhan jamur pada media PDA secara teratur dan mengukur laju pertumbuhan koloni setiap hari. Laju pertumbuhan diukur menggunakan penggaris. Koloni jamur diukur dari satu tepi koloni ke tepi lainnya melalui pusat koloni. Penghitungan laju pertumbuhan koloni dilakukan dengan cara membuat garis vertikal dan horizontal berpotongan tepat pada titik tengah koloni jamur pada cawan petri sesuai dengan rumus berikut menurut (Suseno *et al.* 2015).

$$D = \frac{d1 + d2}{2}$$

2

Keterangan :

D = Laju pertumbuhan koloni jamur patogen (*Ganoderma* sp)

d1 = Laju pertumbuhan vertikal koloni jamur patogen (*Ganoderma* sp)

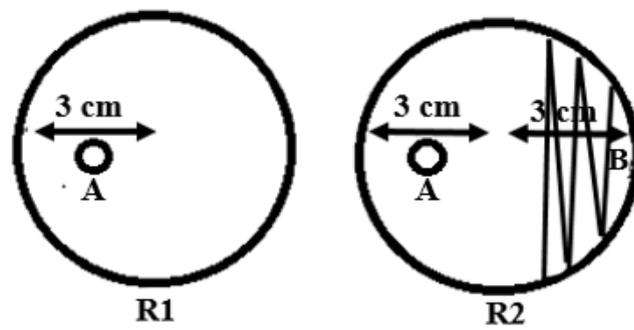
d2 = Laju pertumbuhan horizontal koloni jamur patogen (*Ganoderma* sp)

3.4.3 Uji Daya Hambat Bakteri *paenibacilus polymyxa* B32/77 Terhadap Jamur Patogen

Pengujian daya hambat bakteri terhadap jamur patogen menggunakan metode *cross streak* atau coretan silang dan dilakukan secara *duplo*, yang dimodifikasikan yaitu dengan menggoreskan agen hayati uji secara menyeluruh pada sepertiga bagian dari diameter cawan petri, selebar 3 cm antara kedua isolat. Kemudian dinokulasikan pada cawan petri yang berisi PDA persentase penghambat dapat dihitung dengan rumus (Dewi *et al.* 2020).

$$P = \frac{(R1 - R2)}{R1} \times 100\%$$

R1



Gambar 3.1 Uji Antagonis Bakteri *P. polymyxa* B32/77 Terhadap Jamur Patogen (*Ganoderma* sp)

Keterangan :

P = Persentase penghambatan (%)

A = Diameter koloni antagonis (*Ganoderma* sp) pada biakan kontrol (R1)

B = Diameter koloni (*P. polymyxa*) B32/77 yang mengarah pada koloni patogen (R2)

3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan meliputi karakteristik makroskopis, mikroskopis, laju pertumbuhan jamur patogen dan daya hambat bakteri *P. polymyxa* B32/77 terhadap jamur patogen. Dianalisis secara deskriptif. Analisis deskriptif disajikan dalam bentuk tabel, grafik, atau diagram.