

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan yang mempunyai peran cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia karena kemampuannya menghasilkan minyak nabati yang banyak dibutuhkan oleh sektor industri, diantaranya yaitu untuk minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Sebagai negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia, Indonesia mempunyai potensi yang besar untuk memasarkan minyak sawit dan inti sawit baik di dalam maupun luar negeri. Pasar potensial yang akan menyerap pemasaran minyak sawit (CPO) dan minyak inti sawit (PKO) adalah industri fraksinasi/ranifasi (terutama industri minyak goreng), lemak khusus (*cocoa butter substitute*), *margarine/shortening*, *oleochemical*, dan sabun mandi (BPS, 2022).

Tentu saja posisi ini harus tetap dipertahankan bahkan ditingkatkan. Target peningkatan produksi harus tetap dijaga, mengingat saat ini sebagian besar tanaman sudah memasuki usia tua. Di samping usia tua, banyak juga petani yang sudah terlanjur menanam dari benih yang tidak unggul (tidak bersertifikat), kesuburan tanah yang semakin tergerus dan banyaknya serangan hama dan penyakit. Beberapa faktor di atas dapat menyebabkan penurunan produksi yang sangat signifikan.

Serangan hama dan penyakit pada tanaman kelapa sawit menjadi faktor utama dalam penurunan produksi baik secara kualitas maupun kuantitas. Bahkan pada serangan berat, beberapa jenis penyakit dapat menyebabkan kematian tanaman. Serangan OPT dapat terjadi pada tanaman mulai dari pembibitan hingga tanaman menghasilkan (Ditjenbun, 2008).

Penyakit busuk pangkal batang, yang disebabkan oleh cendawan *Ganoderma boninense*, adalah salah satu penyakit yang sangat merugikan, dan menjadi masalah utama petani kelapa sawit (Semangun, 1991). Menurut Susanto (2012) kondisi penyakit busuk pangkal batang saat ini secara umum menjadi lebih berat dan laju infeksinya semakin cepat, yang menyerang tanaman mulai dari persemaian sampai tanaman menghasilkan. Penyakit ini dapat menyebabkan kerugian sekitar 50-80% per ha, atau setara dengan 500 juta USD/tahun (Yanti *et al.*, 2019).

Penyakit busuk pangkal batang sukar dikendalikan, sebab penyakit ini memiliki kisaran inang yang luas dan memiliki struktur khusus yang berdampak pada kemampuan bertahan dan menginfeksi tanaman target (Susanto *et al.*, 2014). Susanto (2012) mengatakan sampai saat ini, tidak ada kelapa sawit yang resisten atau imun terhadap penyakit ini. Meskipun demikian, fakta di lapangan menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit yang terinfeksi *G. boninense* dapat pulih kembali dengan pengendalian secara kuratif.

Salah satu penyebab mengapa penyakit ini sukar dikendalikan karena menyerang dan menyebar dalam jaringan tanaman, yang menyebabkan jaringan tanaman busuk, tanaman tumbang dan akhirnya mati. Berbagai penelitian terus dilakukan untuk mengurangi kerusakan akibat serangan penyakit busuk pangkal batang ini. Alternatif pengendalian yang dikembangkan tidak hanya berorientasi bagaimana mengatasi sumber penyakit, tetapi juga memperhatikan keamanan bagi lingkungan, yaitu tetap harus memperhatikan konsep pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*). Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan agens biokontrol yang bersumber dari mikroba.

Banyak penelitian yang melaporkan keberhasilan beberapa mikroba yang bersifat antagonis dan mampu menekan perkembangan *G. boninense*, contohnya adalah rizobakteri dari kelompok *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Trichoderma* sp. dari kelompok cendawan (Yanti *et al.*, 2019).

Rizobakteri merupakan kelompok bakteri yang mampu memberikan pengaruh antagonis terhadap patogen tanaman melalui beberapa cara yaitu produksi siderofor, enzim kitinase, parasitisme, kompetisi sumber nutrisi, serta menginduksi ketahanan tanaman secara sistemik terhadap penyakit yang disebabkan oleh bakteri, jamur dan virus (Yanti *et al.*, 2019). Bakteri *Pseudomonas fluorescens* Migula mengeluarkan metabolit sekunder yang berperan penting dalam pengendalian hayati. Metabolit sekunder tersebut termasuk di dalam kelompok siderofor, pterin, pirol, fenazin dan aneka senyawa antibiotika (Soesanto, 2008).

Dari golongan cendawan, *Trichoderma* sp., seperti *T. harzianum*, *T. koningii*, dan *T. viride*, merupakan agens pengendali hayati dikenal secara umum. Cendawan ini umum ditemui pada tanah, khususnya dalam tanah organik. Mekanisme antagonisme dilakukan melalui beberapa cara, yaitu persaingan atau kompetisi, antibiosis, parasitisme, dan lisis dengan mengeluarkan enzim (Soesanto, 2006).

Teknologi pengendalian yang ramah lingkungan, yang di dalamnya menggunakan agens pengendali hayati (APH), baik dari jenis jamur maupun bakteri secara konvensional memiliki beberapa kelemahan. Salah satunya adalah APH tidak dapat menjangkau langsung ke target, terutama serangan penyakit yang menyebabkan kerusakan pada jaringan bagian dalam tanaman, seperti serangan *G. boninense*. APH jamur dan bakteri tidak mampu masuk ke dalam sel jaringan untuk

mencegah kerusakan akibat *G. boninense*. Oleh sebab itu dikembangkan pengendalian dengan menggunakan metabolit sekunder yang dikeluarkan oleh APH. Metabolit sekunder APH yang diaplikasikan pada tanaman dapat masuk ke dalam jaringan tanaman melalui akar atau lubang-lubang alami yang terdapat pada daun dan batang.

Metabolit sekunder adalah hasil metabolisme organisme atau mikroba yang dibuang karena tidak secara langsung terlibat dalam pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi organisme (Soesanto, 2015). Metabolit sekunder umumnya dibentuk di akhir pertumbuhan yang berupa sisa metabolisme, sehingga tidak dibutuhkan untuk kehidupan organisme tersebut. Metabolit sekunder yang bersifat antagonis terhadap berbagai patogen dapat berupa antibiotika, enzim, hormon dan toksin.

Penelitian yang membuktikan keberhasilan penggunaan metabolit sekunder untuk mengendalikan berbagai penyakit tanaman sudah banyak dilakukan. Hutapea (2017) melaporkan bahwa perlakuan metabolit sekunder *Trichoderma* sp. mampu menekan intensitas penyakit VSD sebesar 62,17%, perlakuan gabungan metabolit sekunder *T. harzianum* dan *P. fluorescens* dapat menurunkan intensitas serangan VSD sebesar 68,10%. Penelitian kali ini dilakukan untuk melihat potensi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (*Ganoderma boninense*) pada tanaman kelapa sawit di *pre-nursery*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Mampukah metabolit sekunder *Trichoderma* sp. dan *P. fluorescens* secara tunggal maupun gabungan mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) pada tanaman kelapa sawit di *pre-nursery*.
2. Mampukah konsentrasi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. dan *P. fluorescens* mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) pada tanaman kelapa sawit di *pre-nursery*.
3. Adakah interaksi positif antara metabolit sekunder *Trichoderma* sp. dan *P. fluorescens* dengan konsentrasi dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) pada tanaman kelapa sawit di *pre-nursery*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

1. Untuk mengetahui potensi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. dan *P. fluorescens* secara tunggal maupun gabungan dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) pada tanaman kelapa sawit di *pre-nursery*.
2. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. dan *P. fluorescens* dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) pada tanaman kelapa sawit di *pre-nursery*.
3. Untuk mengetahui interaksi antara metabolit sekunder *Trichoderma* sp. dan *P. fluorescens* dengan konsentrasi dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) pada tanaman kelapa sawit di *pre-nursery*.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

1. Diduga adanya potensi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. dan *P. fluorescens* secara tunggal maupun gabungan dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) pada tanaman kelapa sawit di *pre-nursery*.
2. Diduga adanya pengaruh konsentrasi metabolit sekunder *Trichoderma* sp. dan *P. fluorescens* dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) pada tanaman kelapa sawit di *pre-nursery*.
3. Diduga adanya interaksi positif antara metabolit sekunder *Trichoderma* sp. dan *P. fluorescens* dengan konsentrasi dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) pada tanaman kelapa sawit di *pre-nursery*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini di antaranya:

1. Sebagai bahan informasi dan masukan khususnya bagi petani sawit, peneliti dan pemangku kepentingan lainnya yang menggeluti perkebunan kelapa sawit.
2. Menjadi alternatif pengendalian penyakit busuk pangkal batang yang ramah lingkungan.
3. Dapat dijadikan rekomendasi teknis dalam pengendalian penyakit busuk pangkal batang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Morfologi Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman perkebunan yang umum dibudidayakan di Indonesia. Menurut Jacquin (salah satu ahli botani dunia) menyebutkan bahwa tanaman kelapa sawit berasal dari kawasan Afrika, tepatnya di Pantai Guinea, Afrika Barat (Wahyuni, 2022). Tanaman kelapa sawit termasuk salah satu tanaman penting dalam perekonomian Indonesia, Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS) (2022) mencatat sebanyak Rp.72,45 triliun pendapatan dari kelapa sawit pada tahun 2021, yang sebagian besar berasal dari hasil ekspor kelapa sawit ke luar negeri. Tanaman kelapa sawit dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu bagian vegetatif dan bagian generatif. Bagian vegetatif kelapa sawit meliputi akar, batang, dan daun. Sedangkan bagian generatif yang merupakan alat perkembangbiakan terdiri atas bunga dan buah.

Klasifikasi tanaman kelapa sawit menurut Pahan (2012), sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Embryophyta Siphonagama
Kelas : Angiospermae
Ordo : Monocotyledonae
Famili : Arecaceae
Sub famili : Cocoideae
Genus : *Elaeis*
Spesies : *Elaeis guineensis* Jacq.

2.1.1 Akar

Tanaman kelapa sawit termasuk kedalam tanaman berbiji satu (monokotil) yang memiliki akar serabut. Saat awal perkecambahan, akar pertama muncul dari biji yang berkecambah (radikula). Setelah itu radikula akan mati dan membentuk akar utama atau primer. Selanjutnya akar primer akan membentuk akar skunder, tersier, dan kuartener. Perakaran kelapa sawit yang telah membentuk sempurna umumnya memiliki akar primer dengan diameter 5-10 mm, akar skunder 2-4 mm, akar tersier 1-2 mm, dan akar kuartener 0,1-0,3. Akar yang paling aktif menyerap air dan unsur hara adalah akar tersier dan kuartener berada di kedalaman 0-60 cm dengan jarak 2-3 meter dari pangkal pohon (Lubis dan Agus, 2011).

2.1.2 Batang

Pada batang kelapa sawit memiliki ciri yaitu tidak memiliki kambium dan umumnya tidak bercabang. Kelapa sawit merupakan tanaman yang berbatang lurus dan tidak bercabang. Pembengkakan pangkal batang (bole) terjadi karena internodia (ruas batang) dalam masa pertumbuhan awal tidak memanjang, sehingga pangkal-pangkal pelepah daun yang tebal berdesakan. Dalam satu sampai dua tahun pertama perkembangan batang lebih mengarah ke samping, diameter batang dapat mencapai 60 cm. Setelah itu perkembangan mengarah ke atas, sehingga diameter batang hanya sekitar 40 cm. Pertumbuhan batang berlangsung lambat, tinggi pohon bertambah 35-75 cm per tahun. Sehingga walaupun batang mempunyai ruas (internodia), pada batang pohon-pohon dewasa yang daunnya telah rontok hanya terlihat susunan berkas-berkas pangkal daun (Mangoensoekarjo dan Semangun, 2008).

2.1.3 Daun

Daun merupakan pusat produksi energi dan bahan makanan bagi tanaman. Bentuk daun, jumlah daun dan susunannya sangat berpengaruh terhadap tangkap sinar matahari. Pada daun tanaman kelapa sawit memiliki ciri yaitu membentuk susunan daun majemuk, bersirip genap, dan bertulang sejajar. Daun-daun kelapa sawit disanggah oleh pelepah yang panjangnya kurang lebih 9 meter. Jumlah anak daun di setiap pelepah sekitar 250-300 helai sesuai dengan jenis tanaman kelapa sawit. Daun muda yang masih kuncup berwarna kuning pucat. Duduk pelepah daun pada batang tersusun dalam satu susunan yang melingkari batang dan membentuk spiral. Pohon kelapa sawit yang normal biasanya memiliki sekitar 40- 50 pelepah daun. Pertumbuhan pelepah daun pada tanaman muda yang berumur 5-6 tahun mencapai 30-40 helai, sedangkan pada tanaman yang lebih tua antara 20-25 helai. Semakin pendek pelepah daun maka semakin banyak populasi kelapa sawit yang dapat ditanam persatuan luas sehingga semakin tinggi produktivitas hasilnya per satuan luas tanaman (Lubis dan Agus, 2011).

2.1.4 Bunga

Tanaman kelapa sawit mulai berbunga pada umur 12-14 bulan, sebagian dari tandan bunga akan gugur (*aborsi*) sebelum atau sesudah antesis. Seperti yang telah disinggung di muka, kelapa sawit adalah tumbuhan berumah satu (*monoecious*), artinya karangan bunga (*inflorescence*) jantan dan betina berada pada satu pohon, tetapi tempatnya berbeda. Karangan bunga tumbuh dari ketiak daun (*axil*). Semua ketiak daun menghasilkan bakal bunga, tetapi sebagian diantaranya mengalami aborsi pada masa stadium dini, sehingga tidak semua ketiak daun menghasilkan tandan buah. Sejak terbentuknya bakal bunga (*primordial*),

sampai terlihatnya bunga pada pohon, dibutuhkan waktu sekitar 20 bulan, sampai antesis (bunga berada pada stadium matang untuk penyerbukan) sekitar 33-34 bulan (Mangoensoekarjo dan Semangun, 2008).

2.1.5 Buah

Buah kelapa sawit termasuk buah batu dengan ciri yang terdiri atas tiga bagian, yaitu bagian luar (*epicarpium*) disebut kulit luar, lapisan tengah (*mesocarpium*) atau disebut daging buah, mengandung minyak kelapa sawit yang disebut Crude Palm Oil (CPO), dan lapisan dalam (*endocarpium*) disebut inti, mengandung minyak inti yang disebut PKO atau Palm Kernel Oil. Proses pembentukan buah sejak pada saat penyerbukan sampai buah matang kurang lebih 6 bulan. Dalam 1 tandan terdapat lebih dari 2000 buah (Mukherjee, 2009).

2.2 Ekologi Tanaman Kelapa Sawit

Pertumbuhan dan produksi kelapa sawit dipengaruhi oleh banyak faktor, baik dari luar maupun dari tanaman itu sendiri. Faktor tersebut dapat dibedakan menjadi faktor lingkungan, genetika, dan faktor teknis-agronomis. Beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi kelapa sawit antara lain:

2.2.1 Iklim

Kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada daerah tropika basah di antara 12° LU-12° LS pada ketinggian 0-500 meter di atas permukaan laut (m dpl). Curah hujan optimum rata-rata yang diperlukan tanaman kelapa sawit adalah 2.000-2500 mm/tahun (Dwipa dan Nazrez, 2018). Musim kemarau yang berkepanjangan cenderung dapat menurunkan produksi. Kelembapan menunjang pertumbuhan tanaman.

2.2.2 Tanah

Kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada jenis tanah Podzolik, Latosol, Hidromorfik Kelabu, Alluvial atau Regosol. Kelapa sawit menghendaki tanah yang gembur, subur, datar, berdrainase baik dan memiliki lapisan solum yang dalam tanpa lapisan padas. Untuk nilai pH yang optimum di dalam tanah adalah 5,0–5,5. Respon tanaman terhadap pemberian pupuk tergantung pada keadaan tanaman dan ketersediaan hara di dalam tanah, Semakin besar respon tanaman, semakin banyak unsur hara dalam tanah (pupuk) yang dapat diserap oleh tanaman untuk pertumbuhan dan produksi (Arsyad, 2012).

Kelapa sawit dapat hidup di tanah mineral, gambut, dan pasang surut. Tanah sedikit mengandung unsur hara tetapi memiliki kadar air yang cukup tinggi. Sehingga cocok untuk melakukan kebun kelapa sawit, karena kelapa sawit memiliki kemampuan tumbuh yang baik dan memiliki daya adaptif yang cepat terhadap lingkungan. Kondisi topografi pertanaman kelapa sawit sebaiknya tidak lebih dari sekitar 15°. Kemampuan tanah dalam menyediakan hara mempunyai perbedaan yang sangat menyolok dan tergantung pada jumlah hara yang tersedia, adanya proses fiksasi dan mobilisasi, serta kemudahan hara tersedia untuk mencapai zona perakaran tanaman (Lubis dan Agus, 2011).

2.3 Penyakit Busuk Pangkal Batang (*Ganoderma boninense* Pat.)

Penyakit yang disebabkan jamur *G. boninense* Pat. dapat menyerang tanaman menghasilkan (TM) dan tanaman belum menghasilkan (TBM). Penyakit ini hampir menyerang semua perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Penyakit dapat menimbulkan kematian sampai 50% dari populasi tanaman kelapa sawit, sehingga mengakibatkan penurunan produksi per satuan luas (Pahan, 2008).

Jamur *G. boninense* adalah jamur patogenik penyebab penyakit busuk pangkal batang (BPB). *Ganoderma boninense* merupakan jamur tular tanah yang menginfeksi perakaran kelapa sawit, menyebabkan nekrosis jaringan baik di akar dan pangkal batang (Dwipa dan Nazrez, 2018). Proses infeksi *G. boninense* membutuhkan waktu lama, sehingga ciri awal penyakit sukar dideteksi. Adanya infeksi menyebabkan transpor hara dari tanah akan terganggu sehingga tanaman memperlihatkan tanggapan lebih dari 3 daun tombak tidak membuka. Infeksi tindak lanjut pada pangkal batang menjadi tumbang.

2.3.1 Biologi Jamur Busuk Pangkal Batang (*G. boninense* Pat.)

Menurut Agrios (1988), taksonomi penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Fungi
Phylum : Basidiomycota
Class : Basidiomycetes
Subclass : Agaricomycetidae
Ordo : Polyporales
Famili : Ganodermataceae
Genus : *Ganoderma*
Spesies : *Ganoderma boninense*

Jamur *G. boninense* yang menyerang tanaman kelapa sawit berdasarkan ciri-ciri fenotipik mempunyai morfologi basidiokarp yang beragam. Umumnya basidiokarp yang banyak ditemukan adalah sessile, yaitu basidiokarp tidak bertangkai, tubuh buah langsung menyatu dengan pangkal batang kelapa sawit (Gambar 1) (Semangun, 2008).



Gambar 1. Tubuh Buah (*Fruiting Body*) Tidak Bertangkai, Langsung Tumbuh Menyatu dengan Pangkal Batang Kelapa Sawit.

Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2024.

Jamur ini juga memiliki tepi tubuh buah (basidiokarp) yang beragam, yaitu halus, bergelombang dan kasar. Umumnya *G. boninense* yang ditemukan memiliki tepi tubuh buah (basidiokarp) yaitu tepi tubuh buah halus, tidak bergelombang. Permukaan bawah basidiokarp berwarna putih gelap (Semangun, 2008). Tubuh buah jamur mula-mula tampak sebagai suatu bongkol kecil berwarna putih, pada pangkal pelepah daun atau batang di antara puntung-puntung pelepah daun. Tubuh buah berkembang terus menjadi berbentuk kipas tebal (*console, bracket like*), meskipun bentuk ini dapat lebih bervariasi (Gambar 2).



Gambar 2. Tubuh Buah *G. boninense* pada Pangkal Batang Kelapa Sawit.

Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2024.

Menurut Semangun (2008), kadang-kadang tubuh buah seperti mempunyai tangkai. Seringkali banyak tubuh buah dibentuk berdekatan, saling menutupi atau bersambungan sehingga menjadi suatu susunan yang besar. Warna permukaan atas tubuh buah bervariasi dari coklat muda sampai coklat tua, biasanya tampak mengkilat seperti dilapisi lak, khususnya pada waktu masih muda. Permukaan ini kurang rata, bawahnya berwarna putih suram, yang jika tersentuh akan segera berubah menjadi kelabu kebiruan. Lapisan bawah tubuh buah terdiri atas lapisan pori, terbentuknya basidium dan basidispora.

Tubuh buah *G. boninense* di Sumatera Utara mempunyai lapisan kulit (lapisan atas) tebalnya sampai 0,1 mm, terdiri atas benang-benang rapat yang sel-selnya berukuran 20-30x4-10 μm . Basidiospora berbentuk bulat panjang, berwarna keemasan, bagian atas agak rata, berduri jelas, kadang mempunyai vakuola jelas. Basidiospora berukuran 9-12x4,75-6 μm . Biakan *G. boninense* berkembang baik pada suhu 27-30°C dan pH 3,5-5,0. Jamur mudah diisolasi dari akar atau batang sakit dengan memakai media selektif. Selain secara morfologis, untuk membedakan bermacam jenis dan isolat *G. boninense* memakai teknik serologi dengan antibodi poliklinalnya (Semangun, 2008).

2.3.2 Gejala Serangan Busuk Pangkal Batang (*G. boninense* Pat.)

Jamur ini akan menular ke tanaman yang sehat jika akarnya bersinggungan dengan tunggul pohon yang sakit. Menurut Susanto *et. al.*, (2013) beberapa gejala serangan *G. boninense* dapat dilihat pada bagian tanaman antara lain:

1. Pada daun terlihat warna tidak mengkilat

Pohon sehat pasti memiliki pertumbuhan vegetatif tanaman lebih baik, dimana warna daun lebih hijau mengkilat. Namun, bila warna daun buram (tidak

mengkilat), layu seperti kekurangan air, warna daun menguning, serta terdapat bercak-bercak kuning pada daun (nekrosis) pada helaian daun mulai dari pelepah tertua sampai dengan pelepah yang muda, kemungkinan besar tanaman sawit tersebut terinfeksi jamur *G. boninense* (stadium 1). Apabila tidak segera dilakukan pengendalian, maka dipastikan tanaman mengalami peningkatan stadium (Susanto *et al.*, 2013).

2. Pada pangkal batang muncul miselia benang-benang putih

Gejala ini sudah memasuki stadium 2 dari penyakit busuk pangkal batang. Munculnya bisa dilihat dari tumbuhnya benang-benang putih pada pangkal batang dan akar. Pertumbuhan miselia juga menjadikan keadaan daun menjadi kering (nekrosis pada ujung daun). Gejala pada stadium I terus meluas dan muncul miselium benang-benang putih pada pangkal batang dan akar di sekitarnya. Gejala nekrosis semakin meluas sampai pada pucuk daun termuda (Susanto *et al.*, 2013).

3. Pada akar dan pangkal batang muncul basidiokarp

Daerah seputar akar dan pangkal batang menemukan bentuk menyerupai basidiokarp jamur. Kalau basidiokarp muncul, maka penyakit pangkal busuk sudah mencapai stadium 3. Apabila tidak segera dilakukan pengendalian, maka dipastikan tanaman memasuki stadium 4 dan pohon akan tumbang. Miselium berubah menjadi tubuh batang jamur yang muncul pada pangkal batang, daun tombak yang tidak terbuka ≥ 3 pelepah di ujung tanaman serta pelepah ke 4,5 dan 6 patah dan menggantung (sengkleh).

Pangkal batang dan akar keropos sehingga tanaman mudah roboh. Pada stadium ini tanaman sudah tidak mungkin bisa disembuhkan serta kemungkinan menjalar ke tanaman di sekitarnya sangat besar.

4. Pelelah Berpatahan

Selanjutnya pelelah pada tingkat 4, 5, dan 6 akan berpatahan. Seluruh daun juga akan berpatahan dan menggantung di pohon. Pada tahap stadium tersebut, pohon sawit tinggal menunggu mati. Bila gejala ini muncul dan tidak segera dilakukan pengendalian, maka dipastikan tanaman memasuki stadium 4 dan mati.

5. Pohon Tumbang

Tumbangnya pohon menandakan bahwa serangan infeksi *G. boninense* ini sudah cukup lama. Jika sudah ada yang terjadi seperti ini, maka perlu dilakukan tindakan lebih cepat pada pohon yang berada diareal perkebunan tersebut, sehingga penularan serangan *G. boninense* terhadap pohon lainnya dapat ditekan. Terkadang juga ditemukan pohon tumbang tetapi tidak ditemukannya basidiokarp dipangkal batang (Gambar 3). Oleh karena itu perlu diwaspadai gejala-gejala yang terjadi.



Gambar 3. Kondisi Serangan Berat, Tanaman Tumbang dan Mati.
Sumber : Dokumentasi Penelitian, 2024.

2.3.3 Epidemiologi Penyakit Busuk Pangkal Batang (*G. boninense* Pat.)

Spesies *G. boninense* yang patogenik pada kelapa sawit mempunyai kisaran inang yang luas. Selain menyerang kelapa sawit, *G. boninense* dapat menyerang tanaman perkebunan lain seperti kelapa, karet, teh, kakao serta berbagai macam jenis pohon tanaman hutan (Risanda, 2008).

Penularan penyakit BPB terjadi melalui kontak akar tanaman sehat dengan sumber inokulum berupa akar dan batang sakit. Akar-akar tanaman kelapa sawit muda, tertarik kepada tunggul yang membusuk yang mengandung banyak hara dan kelembapan tinggi. Agar dapat menginfeksi akar tanaman sehat, cendawan harus mempunyai bekal makanan (*food base*) yang cukup (Semangun, 2008).

Menurut Susanto (2002); Risanda (2008), *G. boninense* dapat hidup pada tunggul kayu karet dan kakao. Tunggul-tunggul itu berfungsi sebagai sumber inokulum potensial. Oleh karena itu pada waktu tanam ulang, sisa-sisa tanaman tersebut dimusnahkan. Infeksi *G. boninense* dimulai ketika kontak dengan akar tanaman dan batang sakit. Sisa-sisa tanaman sakit yang kontak dengan akar tanaman sehat dapat meningkatkan penyebaran penyakit meskipun tidak melibatkan basidiospora. Di lain pihak, penyebaran penyakit selain melalui kontak akar dengan akar sehat, basidiospora yang disebarkan oleh angin berpotensi menularkan penyakit. Risanda (2008), memperkuat bahwa penyakit yang disebabkan oleh kontak akar harus berasal dari spesies *Ganoderma* yang sama.

Hasil studi yang dilakukan di Malaysia menunjukkan bahwa *Ganoderma* yang ada di areal kebun, bukan berasal dari basidiospora dari satu kebun ke kebun yang lain. Basidiospora yang dihasilkan tubuh buah tidak dapat menyebabkan terjadinya infeksi langsung pada tanaman kelapa sawit sehat, tetapi mempunyai kemampuan saprofitik untuk mengkoloni substrat dan membangun inokulum yang berpotensi untuk menginfeksi tanaman sehat (Risanda, 2008). Basidiospora berpengaruh secara nyata terhadap epidemiologi penyakit, tetapi tidak meningkatkan kejadian penyakit. Basidiospora dibebaskan dan disebarkan oleh bantuan angin.

Selain angin, penyebaran spora juga bisa dibantu oleh kumbang *Oryctes rhinoceros* yang larvanya banyak ditemukan pada batang kelapa sawit yang membusuk. Beberapa faktor krusial yang dapat mempengaruhi perkembangan penyakit BPB antara lain umur tanaman, jenis tanah, status hara, teknik penanaman, dan tanaman yang ditanam sebelum pembukaan lahan baru (Susanto, 2005).

Serangan *Ganoderma* pada tanaman kelapa sawit akan semakin meningkat sejalan dengan semakin tuanya umur tanaman. Hal ini menunjukkan kecenderungan bahwa umur tanaman mempengaruhi tingkat perkembangan penyakit. Umur tanaman yang semakin dewasa, akan membuat sistem perakarannya semakin panjang sehingga probabilitas terjadinya inokulasi dengan inokulum semakin tinggi. Selain itu, (Susanto, 2005) juga mengatakan kerusakan tanaman akibat serangan patogen akan terus meningkat sejalan dengan bertambahnya daur pertanaman dalam suatu kebun. Hal ini terjadi karena substrat bagi *Ganoderma* akan semakin tersedia atau inokulum semakin tinggi populasinya. Serangan *Ganoderma* dapat terjadi pada semua jenis tanah antara lain podsolik, hidromorfik, alluvial dan tanah gambut (Susanto, 2005).

Tanaman yang lemah akan mudah terserang patogen. Lemahnya tanaman bisa disebabkan karena kurangnya hara bagi tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebun yang dipupuk dengan unsur hara makro seperti nitrogen (N), potasium (P), dan kalium (K) dapat meningkatkan kesehatan tanaman. Namun kekurangan unsur hara-mikro seperti boron (B), tembaga (Cu) dan magnesium (Mg) dapat meningkatkan kejadian penyakit (Risanda, 2008).

2.4 Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang

Pengendalian penyakit busuk pangkal batang (*G. boninense*) dilakukan secara terpadu dimana memadukan antara pengendalian kultur teknis, mekanis, dan kimiawi. Cara pengendalian berbeda untuk setiap intensitas serangan. Beberapa cara pengendalian yang sebaiknya dilakukan menurut (Fauzi *et al.*, 2012) adalah sebagai berikut:

2.4.1 Kultur teknis

Menurut Buana *et al.*, (2003), beberapa hal pengendalian yang dapat dilakukan secara kultur teknis antara lain:

1. Pembumbunan tanah sekitar pangkal batang untuk menghindari infestasi basidiospora ke batang kelapa sawit. Pembumbunan dapat memperpanjang umur produksi selama 2 tahun.
2. Pembuatan parit di sekeliling tanaman sakit, dengan memberikan belerang, kemudian dilakukan introduksi *Trichoderma/Gliocladium*, untuk mengurangi kontak akar tanaman sakit dan sehat.
3. Mengumpulkan dan membakar tubuh buah dan tunggul terinfeksi dengan tujuan untuk mengurangi sumber infeksi.
4. Sebelum penanaman tanaman baru, tunggul-tunggul atau sisa tanaman dibongkar secara mekanis atau kimiawi.
5. Penanaman tanaman baru sebaiknya menggunakan bibit sawit yang telah diberi mikoriza dan *Trichoderma/Gliocladium*.

2.4.2 Secara Kimia

Menurut Buana *et al.*, (2003), beberapa hal pengendalian yang dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia antara lain:

1. Pengendalian dengan menggunakan fungisida kimia pada dasarnya tidak dapat mengendalikan penyakit ini, dimana pengendalian kimiawi yang telah dilakukan oleh perkebunan kelapa sawit, baik dengan metode absorpsi akar maupun penyiraman dalam tanah, tetapi hasilnya gagal.
2. Cara pengendalian dengan menggunakan bahan kimia yang pernah dilakukan adalah dengan cara memberikan racun pada tunggul-tunggul untuk mempercepat pembusukan, bahan yang dibunakan adalah urea yang diikuti dengan penyiraman asam sulfat.

2.4.3 Secara Biologi atau Hayati

Banyak OPT perkebunan yang tidak dapat diatasi dengan cara apapun, baik dengan kimia maupun dengan non-kimia. Hal ini karena keberadaan OPT perkebunan di dalam jaringan tanaman sukar diketahui. Selain itu, kerja dari cara kimia atau non-kimia seringkali bersifat tunggal, sehingga tidak lengkap di dalam mengendalikan OPT (Soesanto, 2015).

Penggunaan mikroba antagonis dianggap strategi pengendalian yang dapat memberikan hasil yang lebih baik dan aman terhadap lingkungan, tetapi masih memerlukan penelitian, terutama untuk aplikasi luas di lapangan sering tidak memuaskan. Hal ini dikarenakan penggunaan agensia hayati secara konvensional belum dapat menyelesaikan masalah serangan penyakit di lapangan terutama penyakit yang disebabkan oleh patogen yang bekerja didalam jaringan tanaman.

Salah satu agensia hayati yang dapat digunakan adalah *Trichoderma* spp. Sri-Sukanto (2003) menjelaskan, pengendalian agensia hayati jamur *Trichoderma* spp. dapat digunakan pada buah kakao di kebun, akan tetapi hasilnya tidak sebaik

fungisida tembaga. Namun untuk menghindari pencemaran lingkungan dan pengembangan produk organik sangat perlu diterapkan.

2.4.4 Metabolit Sekunder Agens Pengendali Hayati

Metabolit sekunder adalah hasil organisme atau mikroba yang dibuang karena secara tidak langsung terlibat dalam pertumbuhan, perkembangan, dan reproduksi organisme (Soesanto *et al.*, 2020). Menurut Nofiani (2008), metabolit sekunder adalah senyawa hasil biosintesis turunan dari metabolit primer yang dibentuk pada kondisi stres atau cekaman, yang berguna untuk pertahanan diri dari lingkungan maupun dari serangan organisme lain, tetapi tidak digunakan untuk pertumbuhan organisme atau mikroba.

Metabolit sekunder umumnya dibentuk di akhir pertumbuhan yang berupa sisa metabolisme, sehingga tidak dibutuhkan untuk kehidupan organisme tersebut, berupa antibiotika, enzim, hormon dan toksin. Kelebihan menggunakan metabolit sekunder yaitu mudah diaplikasikan dengan berbagai cara dan dalam berbagai kondisi karena tidak terpengaruh oleh perbedaan lokasi dan cuaca atau iklim (Soesanto, 2015).

Lebih lanjut dikatakan Soesanto (2015), bahwa peran metabolit sekunder APH dapat secara tunggal, artinya hanya satu jenis metabolit sekunder saja yang berguna. Akan tetapi, umumnya metabolit sekunder APH berperan ganda, baik secara aditif maupun sinergis. Hal ini sering nampak pada hasil aplikasi APH, selain dapat mengatasi atau mengendalikan OPT juga dapat berpengaruh kepada tanamannya, khususnya terhadap pertumbuhan tanaman. Metabolit sekunder APH juga dapat menjangkau keberadaan OPT didalam jaringan tanaman, dan dengan mekanisme yang beragam sesuai kandungan di dalam metabolit sekunder APH.

2.4.5 Metabolit Sekunder Agens *Trichoderma* sp.

Banyak OPT perkebunan yang tidak dapat diatasi dengan cara apapun, baik dengan kimia maupun dengan non-kimia. Hal ini karena keberadaan OPT perkebunan di dalam jaringan tanaman sukar diketahui. Selain itu, kerja dari cara kimia atau non-kimia seringkali bersifat tunggal, sehingga tidak lengkap di dalam mengendalikan OPT tersebut (Soesanto, 2015).

Penggunaan mikroba antagonis dianggap sebagai suatu strategi pengendalian yang dapat memberikan hasil yang lebih baik dan aman terhadap lingkungan, tetapi masih memerlukan penelitian, terutama untuk aplikasi luas di lapangan sering tidak memuaskan. Salah satu agensia hayati yang dapat digunakan adalah *Trichoderma* spp.. Jamur ini merupakan salah satu jamur antagonis yang banyak digunakan untuk mengendalikan jamur patogen tumbuhan. Sri-Sukanto (2003) menjelaskan, pengendalian agensia hayati jamur *Trichoderma* spp. dapat digunakan pada buah kakao di kebun, akan tetapi hasilnya tidak sebaik fungisida tembaga. Namun untuk menghindari pencemaran lingkungan dan pengembangan produk organik sangat perlu diterapkan.

Mekanisme antagonis jamur ini adalah parasitisme, lisis, antibiosis dan kompetisi ruang (Soesanto, 2008). Selain dapat digunakan langsung untuk mengendalikan patogen, Radder (2005) menambahkan filtrat *Trichoderma* juga dilaporkan mampu mengendalikan patogen tumbuhan. Hambatan pertumbuhan patogen dikarenakan adanya kemampuan *Trichoderma* sp. untuk mendominasi tempat hidup dan sumber makanan serta melakukan pelilitan hifa pada jamur antagonis. *Trichoderma* sp. menghasilkan beberapa senyawa antibiotik seperti alametichin, paracelsin, trichotoxin yang dapat menghancurkan sel cendawan

antagonis melalui perusakan terhadap permeabilitas membran sel, serta enzim chitinase, dan laminarinase yang dapat menyebabkan lisis dinding sel cendawan antagonis. Menurut Sharma dan Dohroo (1991) dalam Arya dan Perello (2010), *Trichoderma* sp. mampu mengeluarkan senyawa antibiotik seperti gliotoksin dan glioviridin. Pernyataan ini dipertegas oleh Vey *et. al.*, (2001), yang menyatakan bahwa senyawa antibiotik gliotoksin dan glioviridin mempengaruhi dan menghambat banyak sistem fungsional dan membuat patogen rentan.

Herman *et. al.*, (2014) menjelaskan bahwa *Trichoderma* sp. menghasilkan enzim hidrolisis β -1,3 glukukanase, kitinase dan selulase yang dapat melarutkan dinding sel patogen. Beberapa anggota genus *Trichoderma* menghasilkan toksin trichodermin, bila hidup pada tanaman hidup. *T. viridae* menghasilkan 2 jenis antibiotika, yaitu gliotoksin dan viridian yang dapat melindungi tanaman bibit dari serangan patogen. Berdasarkan hasil penelitian Herman tersebut, *T. viridae* dapat menekan perkembangan jamur *O. theobromae* sebesar 85,78%.

Kandungan metabolit sekunder *Trichoderma* sp. cukup banyak dan lengkap. Selain itu, beberapa enzim juga dihasilkan oleh APH ini yang terkandung di dalam metabolit sekundernya, dan peran enzim sangat penting di dalam menunjang adalah satu mekanisme antagonis, yaitu miko parasit atau hiperparasit. Enzim yang terdapat di dalam metabolit sekunder *Trichoderma* spp., di antaranya protease, selulase, selubiase, khitinase, dan 1,3- β -glukanase (Soesanto, 2015). Hasil penelitian Hutapea (2017), melaporkan bahwa perlakuan *Trichoderma* sp. berpengaruh nyata terhadap persentase serangan patogen *O. theobromae*. Perlakuan dengan menggunakan metabolit sekunder *Trichoderma* sp. isolat jahe mampu menekan intensitas penyakit sebesar 62,17%.

2.4.6 Metabolit Sekunder *Pseudomonas fluorescens*

Bakteri antagonis *P. fluorescens* menghasilkan metabolit sekunder yang mempunyai berat molekul rendah, yang berperan sebagai agensia antijamur. Secara umum, metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *P. fluorescens* memegang peranan penting dalam pengendalian hayati, yaitu siderofor, pterin, pirol, fenazin dan aneka senyawa antibiotika. Metabolit sekunder tertentu berperan di dalam membunuh secara langsung atau hanya menghambat patogen. Produksi metabolit sekunder antimikroba dan pengaruhnya terhadap patogen tanaman sangat tergantung pada faktor lingkungan, seperti kimia tanah, suhu dan potensi air (Soesanto, 2008).

Metabolit sekunder antagonis *P. fluorescens* P60 yang telah beradaptasi mampu mengkoloni akar tanaman dan dapat merangsang tanaman untuk meningkatkan produksi senyawa metabolit sekunder yang berperan dalam ketahanan tanaman (Soesanto *et al.*, 2005). Hal ini diperkuat oleh Soesanto *et al.*, (2011), semakin tinggi kandungan fenol, maka semakin meningkat ketahanan terimbas tanaman dalam menahan serangan patogen. Hal ini terbukti dari hasil analisis jaringan yang menunjukkan peningkatan senyawa fenol akibat pemberian *P. fluorescens* P60. Pemberian bakteri antagonis *P. fluorescens* P60 secara berkala diduga mampu mengkoloni perakaran dan berpengaruh efektif sebagai rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman (PPT) yang ditunjukkan oleh tingginya populasi antagonis tersebut.

Wardhana *et al.*, (2009) dan Soesanto *et al.*, (2011) menyatakan bahwa bakteri *P. fluorescens* P60 dapat menguntungkan pada perkembangan dan pertumbuhan tanaman sebagai rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman. Hal ini ditunjukkan dengan adanya peningkatan tinggi tanaman dan kecenderungan

peningkatan panjang akar. Antagonis *P. fluorescens* P60 menghasilkan asam indolasetat (IAA) yang berperan sebagai pendukung pertumbuhan sehingga mampu untuk meningkatkan bobot kering tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Soesanto *et. al.*, (2005) bahwa *P. fluorescens* P60 mampu menghasilkan IAA yang mampu mendukung pertumbuhan tanaman. Penelitian Raya (2017) menyebutkan lebih lanjut perlakuan pemberian *P. fluorescens* P19 dan *P. fluorescens* P20 dapat menekan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman tomat hingga 37,12 dan 34,8% atau masing-masing sebesar 23,42 dan 28,20% dibandingkan kontrol.

2.5 Pembibitan di *Pre-Nursery*

Pembibitan adalah proses menumbuhkan dan mengembangkan biji atau benih menjadi bibit siap tanam. Bibit kelapa sawit yang baik adalah bibit yang memiliki kekuatan, tumbuh optimal dan berkemampuan dalam menghadapi kondisi cekaman lingkungan saat pelaksanaan transplanting (Syahfitri, 2007).

Tujuan pembibitan adalah mempersiapkan fisik bahan tanam agar mampu beradaptasi dengan lingkungan tumbuhnya secara maksimal. Hal itu dapat tercapai bila persyaratan yang ditentukan telah terpenuhi (Sujadi dan Haryadi, 2012).

Dalam budidaya kelapa sawit dikenal dua sistem pembibitan, yaitu pembibitan satu tahap dan pembibitan dua tahap. Akan tetapi, umumnya yang digunakan adalah pembibitan dua tahap. Pembibitan dua tahap (*double stage*) adalah pembibitan dilakukan pada polybag kecil atau tahap pembibitan awal (*pre-nursery*) hingga bibit berumur 3 bulan. Setelah bibit berumur 3 bulan kemudian dipindah ke polybag besar atau tahap pembibitan utama (*main nursery*) hingga bibit siap tanam (umur 12 bulan). Pembibitan satu tahap (*single stage*) adalah benih

berupa kecambah kelapa sawit langsung ditanam pada polybag besar dan dipelihara hingga siap tanam (Darmosarkoro *et al.*, 2008).

Pembibitan awal merupakan tempat kecambah tanaman kelapa sawit (*germinated seeds*) ditanam dan dipelihara hingga berumur 3 bulan. Selanjutnya, bibit tersebut akan dipindahkan ke pembibitan utama. Pembibitan *pre nursery* dilakukan selama 2-3 bulan, sedangkan pembibitan *main nursery* selama 10-12 bulan (Darmosarkoro *et al.*, 2008). Adapun ciri-ciri kecambah yang baik untuk memperoleh bibit yang baik adalah radikula (bakal akar) berwarna kekuning-kuningan dan plumula (bakal batang) keputih-putihan, radikula lebih tinggi dari plumula, radikula dan tumbuh lurus serta berlawanan arah, Panjang maksimum radikula adalah 5 cm dan plumula 3 cm.

Faktor bibit memegang peranan penting didalam menentukan keberhasilan penanaman kelapa sawit. Kesehatan tanaman pada masa pembibitan akan mempengaruhi pertumbuhan dan tingginya produksi. Oleh karena itu, teknis pelaksanaan pembibitan perlu mendapat perhatian besar (Rosa dan Zaman, 2017).

Ciri-ciri bibit yang baik pada pembibitan *pre-nursery* adalah jumlah daun 3-4, tinggi bibit 18-20 cm, diameter batang 1,1-1,3 cm. Anak daunnya berkembang normal tidak menyempit tidak menyempit (*narrow leaves*) dan tidak bergulung kearah longitudinal (*rolled leaves*), pertumbuhan bibit normal dan tidak kerdil (*insuffisient growth*) atau terputar (*twisted shoot*), permukaan anak daunnya berkembang sempurna tidak menguncup (*collante*) serta bibit tidak rusak akibat karena serangan hama dan penyakit (Sunarko, 2009).

2.6 Formulasi Metabolit Sekunder *Trichoderma* sp.

2.6.1 Air Kelapa

Air kelapa merupakan cairan endosperm buah kelapa yang mengandung senyawa-senyawa biologi yang aktif. Menurut Winarto *et. al.*, (2015), air kelapa mengandung komposisi kimia terdiri atas mineral, vitamin, gula, asam amino dan fitohormon yang memiliki pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Agampodi dan Jawawardena (2009) mengatakan bahwa air kelapa mengandung zat pengatur tumbuh (ZPT) yang dapat digunakan untuk kultur jaringan sehingga meningkatkan inisiasi kalur dan perkembangan akar. Berdasarkan analisis hormon yang dilakukan oleh Savitri (2005) ternyata dalam air kelapa muda terkandung hormon giberelin (0,460 ppm GA3, 0,255 ppm GA5), sitokinin (0,441 ppm kinetin, 0,247 ppm zeatin), dan auksin (0,237 ppm IAA).

Kristina dan Syahid (2012) mengatakan air kelapa mengandung vitamin dan mineral. Air kelapa memiliki kandungan kalium cukup tinggi mencapai 17% yaitu 14,11 mg/100 ml, kalsium 24,67% mg/100 ml, dan nitrogen 43 mg/100 ml.

Menurut Lawalata (2011), air kelapa mengandung hormon auksin dan sitokinin. Kedua hormon berguna untuk mendukung pembelahan sel sehingga membantu pembentukan tunas dan pemanjangan batang. Pamungkas *et. al.*, (2009) menambahkan auksin akan membantu sel untuk membelah secara cepat dan berkembang menjadi tunas dan batang. Selain mengandung auksin dan sitokinin, air kelapa juga mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Hendaryono *et. al.*, (2008) mengatakan bahwa sitokinin juga terbukti memacu diferensiasi dari jaringan tunas. Sitokinin dalam air kelapa muda juga dapat memacu terjadinya organogenesis yang dapat mempercepat pertumbuhan daun (Abidin, 2010).

2.6.2 Air Cucian Beras

Tanaman tumbuh subur, sehat dan berwarna hijau segar apabila tetap dijaga dan dirawat. Salah satu perawatannya adalah dengan memberikan nutrisi atau unsur hara dapat diperoleh melalui air cucian beras. Berdasarkan hasil laboratorium tanah dan analisis bahan pangan Universitas Gajah Mada (UGM), kandungan nutrisi yang ada pada air cucian beras putih yakni nitrogen sebesar 0,015%, fosfor sebesar 16,306%, kalium sebesar 2,944%, magnesium sebesar 14,252%, sulfur sebesar 0,027%, besi sebesar 0,0427% dan vitamin B1 sebesar 0,043% (Suryati, 2021).

Selain unsur hara yang terkandung di dalamnya, air cucian beras juga bermanfaat sebagai media tumbuh atau tanah. Kegunaannya sebagai media tumbuh memiliki beberapa manfaat seperti memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi media tumbuh tersebut; membuat struktur media tumbuh lebih gembur karena adanya bahan-bahan organik yang terkandung didalamnya dan membantu mengurai unsur hara dalam tanaman karena adanya mikroorganisme dekomposer tadi.

Pada air cucian beras juga terkandung beberapa bakteri antagonis yang berguna untuk mengendalikan bakteri patogen. Bakteri antagonis berguna dalam mencegah adanya hama jenis kutu-kutuan dengan cara memecahkan sel telurnya sebelum menjadi imago. Beberapa bakteri antagonis tersebut yaitu bakteri *Pseudomonas fluorescens*, bakteri pektolisis pektin dan *Xanthomonas maltophilia*.

2.6.3 Gula Putih

Gula putih dapat memberikan manfaat terhadap tanaman. Gula dapat memelihara bunga sehingga dapat bertahan lama. Menurut Pratiwi (2022) beberapa manfaat gula putih terhadap tanaman antara lain: (1) Menyuburkan tanaman, gula dapat digunakan untuk menyuburkan tanah dengan cara membuat mikroba multi

fungsi; (2) Memaksimalkan tanaman organik, bertanam organik bisa tidak menggunakan pupuk buatan melainkan memanfaatkan organisme dalam tanah seperti mikroba, bakteri, jamur dan sebagainya. Gula dapat digunakan untuk campuran membuat pupuk kompos, sehingga dapat menyuburkan tanah; (3) Membunuh hama, yaitu dengan membuat larutan gula dan menyemprotkan pada tanaman atau juga dengan menanam gula ke dalam tanah.

2.7 Formulasi Metabolit Sekunder *Pseudomonas fluorescens*

2.7.1 Keong Mas

Menurut Asroh dan Novriani (2019), manfaat pupuk organik yang berbahan dasar keong secara ilmiah dapat membantu menyuburkan tanah karena memiliki kandungan kitin. Selain itu, keong mas mampu dijadikan sumber mikroba yang baik bagi tanaman karena telah melewati masa fermentasi.

2.7.2 Terasi

Natalia (2022) mengatakan terasi dapat menambahkan keanekaragaman mikroorganisme yang ada didalam pupuk organik cair. Terasi merupakan larutan hasil fermentasi dari berbagai sumber alami yang mengandung unsur hara makro (Nitrogen, Phospat, dan Kalium), unsur hara mikro (Kalsium, Magnesium, Besi, Mangan, Seng), Zat Pengatur Tumbuh (Auksin, Giberellin, dan Sitokinin), bakteri perombak bahan organik, perangsang pertumbuhan dan agen pengendali hama/penyakit tanaman. Komponen utama dalam terasi terdiri atas mikroorganisme, karbohidrat, dan glukosa. Mol terasi bermanfaat sebagai penyubur tanah serta memperbaiki struktur tanah karena mengandung banyak mikroba baik yang berperan untuk pengomposan tanah.