

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Bawang Merah

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) menjadi tanaman hortikultura yang populer dalam dunia kuliner, yaitu sebagai bumbu masakan, sayuran (acar dan salad) dan produk olahan (bawang goreng). Tanaman ini memiliki umbi yang berwarna merah keunguan dan daun berbentuk silindris berongga (Gambar 2.1). Kebutuhan bawang merah di Indonesia untuk keperluan rumah tangga dan kesehatan masih terbilang tinggi. Sering terjadinya Inflasi terhadap bawang merah sehingga menyebabkan harganya yang melonjak tinggi akibat ketersediaan yang kurang mencukupi (Firmansyah et al., 2016).



Gambar 2. 1 Bawang Merah. Ket: A: Tanaman; B: Umbi

(Sumber: Asrul, 2020)

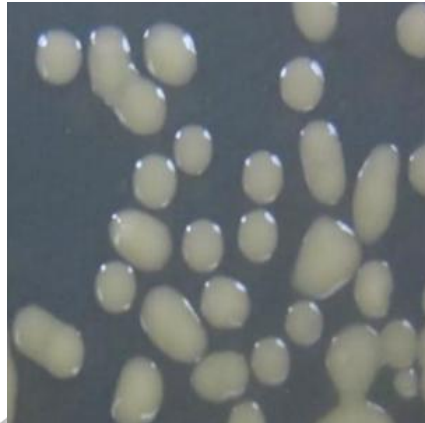
Bawang merah diketahui mengandung zat gizi yang bermanfaat bagi manusia. Setiap 100 g daging bawang merah basah mengandung energi 38 kkal, protein 1,50 g, lemak 0,20 g, karbohidrat 8,50 g, kalsium 28 mg, fosfor 41 g, serat 0,60 g, besi 0,90 mg, vitamin B1 0,06 mg, vitamin B2 0,04 mg, vitamin C 8 mg, dan niasin 0,20 mg (Ditjen PHP 2006 dalam Purbiati 2012; Nur dan Sutriana 2018). Bawang merah juga sumber antioksidan dan sebagai obat tradisional yaitu untuk kompres penurunan panas, diabetes, penurunan kadar gula, kolesterol darah (pencegahan penebalan dan pengerasan pembuluh darah) akibat senyawa allin dan allisin yang terkandung di dalamnya (Kumar et al., 2011). Saat ini ekstrak

umbi bawang merah sedang dipelajari sebagai obat tradisional (antimikrobal, antikanker dan anti inflamasi) (Moldovan et al., 2022). Bawang merah memiliki klasifikasi sebagai berikut (Moldovan et al., 2022):

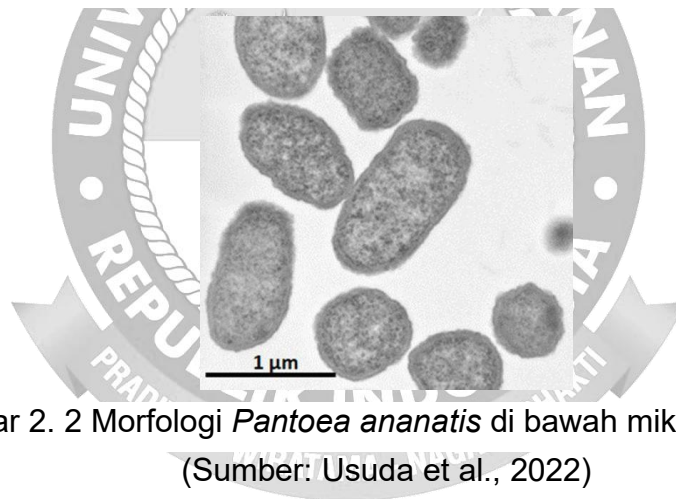
Kingdom : Plantae
 Divisi : Spermatophyta
 Class : Monocotyledonae
 Order : Asparagales
 Family : Amaryllidaceae
 Genus : *Allium*
 Spesies : *Allium ascalonicum*
 Varietas : *Allium ascalonicum* var. *aggregatum* L.

2.1.2 Bakteri *Pantoea ananatis* penyebab hawar daun pada bawang merah

Pantoea ananatis diketahui sebagai penyebab berbagai penyakit pada tanaman berjenis monokotil maupun dikotil (Gambar 2.1). Infeksi bakteri ini pada tanaman inang sering kali memicu wabah yang berdampak besar terhadap kerugian ekonomi. Salah satu penyakit yang disebabkan adalah hawar daun bakteri (bacterial leaf blight) pada bawang merah (lihat Gambar 2.5), yang tergolong sebagai penyakit baru di Indonesia. Salah satu penyakit penting yang ditimbulkannya adalah hawar daun bakteri (*bacterial leaf blight*) pada tanaman bawang merah, di mana bakteri ini tergolong patogen yang agresif dan mampu menimbulkan kerusakan



Gambar 2. 3 Bakteri Patogen *Pantoea ananatis*.
(Sumber: Asrul, 2020)



Gambar 2. 2 Morfologi *Pantoea ananatis* di bawah mikroskop elektron.
(Sumber: Usuda et al., 2022)

Pantoea ananatis memiliki klasifikasi sebagai berikut (Weller-Stuart et al., 2017):

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Pseudomonadota
Class	: Gammaproteobacteria
Order	: Enterobacterales
Family	: Erwiniaceae
Genus	: <i>Pantoea</i>
Spesies	: <i>Pantoea ananatis</i>

Bakteri ini tergolong sangat merusak, karena mampu menyebabkan kehilangan hasil pada tanaman bawang merah dengan tingkat kerusakan

di lahan mencapai 78,04–83,64% (Asrul & Umrah, 2019). Infeksi awal yang muncul pada daun dapat berkembang dan menjalar ke bagian umbi, sehingga berisiko menyebabkan penyakit busuk umbi (*leaf center rot*) saat masa penyimpanan (Asrul et al., 2014).

Penyakit hawar daun bakteri ditandai dengan gejala awal berupa bercak kebasahan berwarna abu-abu yang muncul di tepi daun. Bercak ini kemudian berkembang ke arah bawah dan dapat meliputi kedua sisi daun, mengakibatkan daun mengering dan berubah warna menjadi keabu-abuan (Gambar 2.5). Gejala hawar daun pada pangkal daun dapat terlihat bercak putih kering dengan klorosis memanjang dari tengah hingga pangkal daun bawang merah. Gejala ini dapat menyebabkan seluruh daun menjadi kering, dan pada kondisi lembab, eksudat bakteri sering terlihat menempel pada permukaan bercak pada tanaman dewasa (Laraswati et al., 2021). Infeksi yang terjadi pada daun kemudian dapat menyebar ke umbi, yang berpotensi menyebabkan penyakit busuk umbi (*leaf center rot*) (Asrul et al., 2014).



Gambar 2. 4 Penyakit hawar daun virulensi *P. ananatis* pada daun bawang. Ket: A,B: ujung daun yang mengering dan berwarna keabu-abuan.

(Sumber: Asrul, 2020)

Penyebaran serangan *P. ananatis* di Indonesia terjadi di Sumatra Barat dengan tingkat penyebaran sebesar 30% pada daerah Kabupaten

Agam sebesar, 45% di Kabupaten Tanah Datar dan 65% di Kabupaten Solok (Yanti, 2023). Berdasarkan penelitian oleh (Asrul, 2020) infeksi *Pantoea ananatis* pada tanaman bawang merah di Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah, menunjukkan tingkat keparahan yang signifikan. Isolat *P. ananatis* dari tingkat virulensi menghasilkan persentase mengalami serangan berat berkisar antara 67,44% hingga 81,76%, dan laju infeksi melebihi 0,5 unit per hari pada daun. Menurut penelitian yang dilakukan Laraswati (2021), gejala yang ditimbulkan pada pangkal daun berupa muncul bercak putih yang kering disertai klorosis memanjang dari bagian tengah hingga ke pangkal daun bawang merah.

Penyakit hawar daun bakteri ditandai dengan gejala awal berupa bercak kebasahan berwarna abu-abu yang muncul di tepi daun. Bercak ini kemudian berkembang ke arah bawah dan dapat meliputi kedua sisi daun, mengakibatkan daun mengering dan berubah warna menjadi keabu-abuan. Gejala ini dapat menyebabkan seluruh daun menjadi kering, dan pada kondisi lembab, eksudat bakteri sering terlihat menempel pada permukaan bercak pada tanaman dewasa (Laraswati et al., 2021). Penyebaran penyakit hawar daun juga dilaporkan terjadi melalui benih yang terinfeksi akibat aktivitas ekspor dan impor sehingga penyebaran penyakit semakin meningkat dan dapat mempengaruhi budidaya bawang merah di Indonesia (Dutta et al., 2017).

2.1.3 Rhizobakteri sebagai Agen Biokontrol dan Mekanismenya

Rizobakteri merupakan mikroorganisme yang berada di tanah dan tumbuh di sekitar atau melekat pada permukaan akar tanaman. Keberadaannya berperan penting dalam merangsang pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui sintesis serta pelepasan beragam senyawa kimia di wilayah rizosfer. Menurut Salsabila (2020), Isolat rizobakteri yang diperoleh dari sistem perakaran tanaman sehat yang tumbuh di antara tanaman terinfeksi telah terbukti mampu menekan perkembangan koloni patogen. Selain berfungsi sebagai agen pengendali

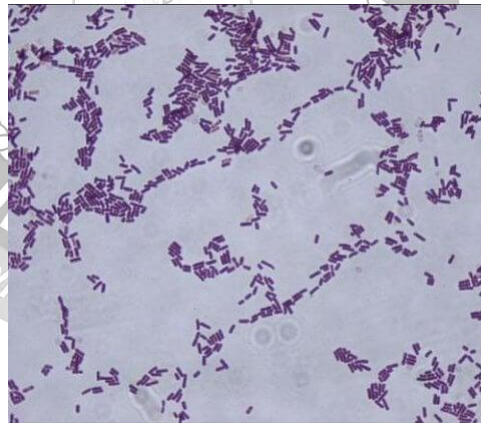
hayati dalam menghambat dan mengendalikan penyakit tanaman, rizobakteri juga dikenal sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria/PGPR*). Rizobakteri ini dapat berperan sebagai bioprotektan dan biostimulan yang merangsang pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme. mengatur konsentrasi zat pengatur tumbuh (ZPT), serta sebagai biofertilizer (Yolanda et al., 2011).

Agen biokontrol, terutama bakteri rizosfer (rhizobakteria) dapat menjadi solusi yang ramah lingkungan untuk mengendalikan serangan patogen pada tanaman. Mikroba antagonis dapat dimanfaatkan untuk meminimalisir dampak kerusakan pada tanaman (Haas & Défago, 2005). Penggunaan agen biokontrol sebagai salah satu bentuk pengendalian hayati ini telah terbukti efektif mengendalikan berbagai jenis patogen, sebagai contoh penelitian oleh Darsono (2024) menunjukkan bahwa *Bacillus stercoris* dan *Brevibacillus schisleri* memiliki kemampuan antagonis terhadap patogen *Pantoea ananatis*.

Mekanisme biokontrol terbagi menjadi dua jenis utama: mekanisme langsung dan mekanisme tidak langsung (Laraswati et al., 2021). Mekanisme langsung terjadi melalui interaksi langsung antara agen biokontrol dan patogen, termasuk antibiosis, di mana agen biokontrol memproduksi senyawa antimikroba yang menghambat pertumbuhan patogen. Mekanisme biokontrol tidak langsung melibatkan interaksi tidak langsung antara agen biokontrol dan patogen, biasanya dengan memodifikasi respons tanaman terhadap infeksi. Salah satu contohnya adalah induksi ketahanan sistemik, di mana agen biokontrol memicu mekanisme pertahanan tanaman, meningkatkan kemampuannya untuk melawan patogen dengan merangsang produksi enzim pertahanan dan metabolit sekunder. Selain itu, agen biokontrol juga bersaing dengan patogen dalam mendapatkan nutrisi dan ruang di permukaan akar atau jaringan tanaman, sehingga mengurangi peluang pertumbuhan patogen (Ilmu et al., 2023).

2.1.4 Potensi *Bacillus* spp. dan *Brevibacillus* sp. sebagai Agen Biokontrol

Bacillus adalah genus bakteri Gram positif, berbentuk batang, bersifat aerobik atau fakultatif anaerob, dan mampu membentuk endospora yang tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Genus ini tersebar luas di lingkungan seperti tanah, air, dan sisa-sisa tumbuhan, serta dikenal karena kemampuannya memproduksi enzim industri, antibiotik, dan senyawa metabolit sekunder (Koumoutsis et al., 2004). *Brevibacillus* sp. adalah genus bakteri Gram positif, berbentuk batang, bersifat aerobik, dan membentuk endospora. Bakteri ini awalnya termasuk dalam genus *Bacillus*, tetapi kemudian dipisahkan berdasarkan analisis filogenetik dan karakteristik fisiologisnya (Shida et al., 1996)



Gambar 2. 5 Morfologi *Bacillus* di bawah mikroskop elektron.

(Sumber: Hussein et al., 2019)

Bacillus memiliki klasifikasi sebagai berikut (Patel & Gupta, 2020):

Kingdom	: Bacteria
Phylum	: Firmicutes
Class	: Bacilli
Order	: Bacillales
Family	: Bacillaceae
Genus	: <i>Bacillus</i>

Brevibacillus memiliki klasifikasi sebagai berikut (Shida et al., 1996):

Kingdom : Bacteria
Phylum : Bacillota
Class : Bacilli
Order : Brevibacillales
Family : Brevibacillaceae
Genus : *Brevibacillus*

Bakteri dari genus *Bacillus* spp. dan *Brevibacillus* sp. merupakan agen biokontrol yang memiliki kemampuan beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, serta kemampuannya membentuk endospora yang tahan terhadap suhu tinggi dan kondisi ekstrem lainnya (Khaerun & Gusnawaty, 2012). *Bacillus* spp. memiliki kemampuan menghasilkan berbagai senyawa antibakteri yang menekan pertumbuhan patogen melalui mekanisme antibiosis. Selain itu, bakteri ini juga dapat bersaing dengan patogen untuk memperoleh nutrisi dan ruang, serta mampu menghasilkan enzim litik yang menghancurkan dinding sel patogen. Selain berperan sebagai agen biokontrol, *Bacillus* spp. dan *Brevibacillus* sp. juga berfungsi sebagai biostimulan bagi tanaman dengan kemampuannya mengikat nitrogen dan melarutkan fosfat, yang secara keseluruhan mendukung pertumbuhan tanaman (Setiaji et al., 2023).

Senyawa metabolit yang dihasilkan bakteri *Bacillus* spp. telah diteliti secara luas potensinya sebagai antibakterial. Berdasarkan hasil penelitian, telah ditemukan 47 senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh berbagai strain *Bacillus* sp., dengan mekanisme aksi yang beragam, yaitu dengan merusak dinding sel bakteri, menargetkan membran plasma dalam menghambat sintesis protein pada bakteri patogen, dan mengganggu proses metabolisme lainnya (Tran et al., 2022). *Bacillus* sp. dikenal karena kemampuan mereka dalam menghasilkan berbagai senyawa metabolit yang berfungsi sebagai agen pengendali penyakit tanaman, salah satunya dengan produksi antibiotik seperti basilin, basitrasin, basilomisin,

chlorotetaine, dan kanosamine (Tran et al., 2022). Selain itu, *Bacillus* sp. dan *Brevibacillus* sp. juga memproduksi lipopeptida seperti surfaktin, iturin, dan fengisin yang memiliki aktivitas antipatogen kuat (Shahid et al., 2021).

2.1.5 Gen *Sfp* Penyandi Senyawa Surfactin

Surfactin pertama kali diisolasi dari bakteri *B. subtilis* dan memiliki senyawa surfaktin A, B, C, dan D (Arima et al., 1968). Surfactin memiliki aktivitas antibakteri dengan bekerja pada membran plasma melalui mekanisme pembentukan pori-pori pada membran sel bakteri (T. Liu et al., 2025). Selain itu, Surfactin adalah senyawa yang dihasilkan oleh beberapa jenis bakteri dan memiliki kemampuan untuk memecah biofilm bakteri. Proses ini terjadi melalui dua mekanisme utama, yaitu pengurangan persentase polisakarida yang larut dalam alkali dan penurunan regulasi ekspresi gen yang terlibat dalam pembentukan biofilm (J. Liu et al., 2019). Selain itu, surfaktin juga dapat menginduksi sistem kekebalan bakteri sebagai respons terhadap infeksi (Farace et al., 2015).

Gen *sfp* memiliki peran penting dalam proses pembentukan surfaktin karena gen ini menyandi enzim 4'-phosphopantetheinyl transferase (PPTase), yaitu enzim yang dibutuhkan untuk mengaktifkan *Non-Ribosomal Peptide Synthetase* (NRPS). Sistem NRPS ini menyusun senyawa kompleks seperti surfaktin melalui domain-domain pembawa (carrier protein) yang hanya bisa bekerja bila diaktifkan terlebih dahulu. Enzim Sfp menjalankan tugas ini dengan mentransfer gugus 4'-phosphopantetheinyl dari koenzim A ke bagian tertentu pada domain *peptidyl carrier protein* (PCP), sehingga domain tersebut menjadi aktif dan siap digunakan dalam proses sintesis. Tanpa enzim ini, sintesis surfaktin tidak bisa berjalan meskipun gen-gen lain yang diperlukan sudah tersedia (G. Yang et al., 2017). Penelitian oleh Quadri et al., (1998) menunjukkan bahwa Sfp dari *Bacillus subtilis* mampu mengaktifkan berbagai jenis domain pembawa, yang memperkuat perannya sebagai faktor utama dalam biosintesis peptida sekunder seperti surfaktin. Oleh karena itu, deteksi gen

sfp dengan PCR sering digunakan sebagai cara untuk mengetahui apakah suatu bakteri memiliki potensi menghasilkan surfaktin.

Deteksi gen *sfp* penyandi surfaktin dapat dilakukan melalui teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) menggunakan primer spesifik yang sesuai dengan sekuen gen tersebut. Teknik molekuler ini dapat memberikan informasi yang akurat dan spesifik terhadap metabolit yang dimiliki oleh bakteri sehingga didapatkan pemahaman lebih lanjut tentang metabolisme dan mekanisme antibakterinya (Shahid et al., 2021).

2.1.6 Karakterisasi Aktivitas Biokontrol

Karakterisasi aktivitas biokontrol suatu bakteri dilakukan untuk mengetahui kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan patogen melalui aktivitas enzim protease, kitinase dan produksi siderofor yang berperan penting dalam meningkatkan ketahanan tanaman dan memacu pertumbuhan tanaman (Yanti & Nilisma, 2019). Pengujian aktivitas enzim protease dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri dalam menguraikan protein dan mengakibatkan terjadinya kematian sel target (Shahid et al., 2021). Pengujian aktivitas enzim kitinase dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri dalam mengurai kitin pada dinding sel target dan menghambat pertumbuhan selnya. Kemampuan produksi siderofor dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri dalam mengikat zat besi berupa Fe dari lingkungan untuk pertumbuhan mikroorganisme sebagai proses metabolik (Yanti & Nilisma, 2019).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, diketahui bahwa isolat BM L3(2) memiliki aktivitas enzim protease, kitinase dan produksi enzim siderofor, sementara isolat BM L3(3) memiliki aktivitas enzim protease dan produksi siderofor. Isolat BM L3(2) teridentifikasi sebagai *Brevibacillus schisleri* dan BM L3(3) teridentifikasi sebagai *Bacillus stercosis* (Darsono, 2024). Dari penelitian sebelumnya pula, isolat BM L5, BM L4, BM L3 5 dan BM L3 3 diketahui memiliki aktivitas enzim protease, kitinase dan siderofor. Isolat BM L5, BM L4, dan BM L3 3 teridentifikasi sebagai *Bacillus tequilensis*, sementara BM L3 5 berupa *Bacillus halotolerans* (Akhda, 2024).

2.1.7 Karakterisasi PGP (*Plant Growth Promoting*)

Rhizobakteri merupakan kelompok bakteri yang hidup di sekitar zona perakaran dan keberadaannya sangat dipengaruhi oleh aktivitas fisiologis akar tanaman. Bakteri dalam komunitas rizosfer ini memanfaatkan eksudat akar sebagai sumber nutrisi utama untuk pertumbuhannya (Afridi et al., 2024). Kelompok mikroba ini mampu menghasilkan berbagai senyawa metabolit sekunder yang berkontribusi dalam mendukung pertumbuhan serta perkembangan tanaman. Penggunaan mikroorganisme yang berasosiasi dengan rizosfer menjadi dasar utama dalam pengembangan teknologi *Plant Growth Promoting* (PGP), yang bertujuan meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui pendekatan berbasis hayati (Malu et al., 2023).

Salah satu hormon yang dapat diproduksi oleh bakteri ini adalah *Indole Acetic Acid* (IAA), sejenis auksin yang memiliki peran penting dalam merangsang proses pertumbuhan tanaman. (Tangapo, 2020). IAA diketahui mampu meningkatkan pembentukan rambut akar serta akar lateral, yang pada gilirannya dapat mengoptimalkan penyerapan unsur hara dari tanah. Proses ini memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman, baik dari segi kecepatan maupun ukuran. Bakteri yang berpotensi menghasilkan hormon IAA bermanfaat dalam mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Larosa et al., 2013).

Fosfat adalah unsur hara makro esensial bagi pertumbuhan tanaman setelah nitrogen. Beberapa bakteri tanah dari eksudat akar yang mampu melepaskan fosfat menunjukkan potensi besar sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan fosfor oleh tanaman (Pantigoso et al., 2023). Unsur ini memiliki peran vital dalam pembentukan asam nukleat dan protein, serta berfungsi dalam proses penyimpanan dan transfer energi di dalam sel tanaman. Tanaman umumnya dapat menyerap fosfat dalam bentuk ion H_2PO_4^- pada kondisi tanah dengan pH di bawah 5, dan HPO_4^{2-} pada pH di atas 7. Fosfat memiliki sifat yang sangat reaktif di dalam tanah,

sehingga cenderung membentuk senyawa kompleks dengan ion logam seperti aluminium (Al), besi (Fe), dan kalsium (Ca). Ikatan ini menyebabkan fosfat menjadi tidak tersedia bagi tanaman, sehingga efisiensi penyerapannya menurun (Ekowati et al., 2022).

Salah satu strategi mikrobiologis untuk meningkatkan ketersediaan fosfat di tanah adalah melalui pemanfaatan bakteri pelarut fosfat. Mikroba ini mampu mengkonversi senyawa fosfat yang tidak larut menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh tanaman (Ekowati et al., 2022). Proses tersebut dilakukan melalui sekresi asam organik serta enzim-enzim seperti fosfatase dan fitase. Berbagai jenis mikroorganisme tanah diketahui mampu menghasilkan senyawa-senyawa tersebut, sehingga berpotensi besar dalam mendukung efisiensi penyerapan fosfat oleh tanaman.

2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

Ringkasan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dan dapat dijadikan sumber referensi dalam penelitian ini, dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu tentang uji potensial agen biokontrol *Bacillus* spp. dan *Brevibacillus* sp. terhadap patogen *Pantoea ananatis*

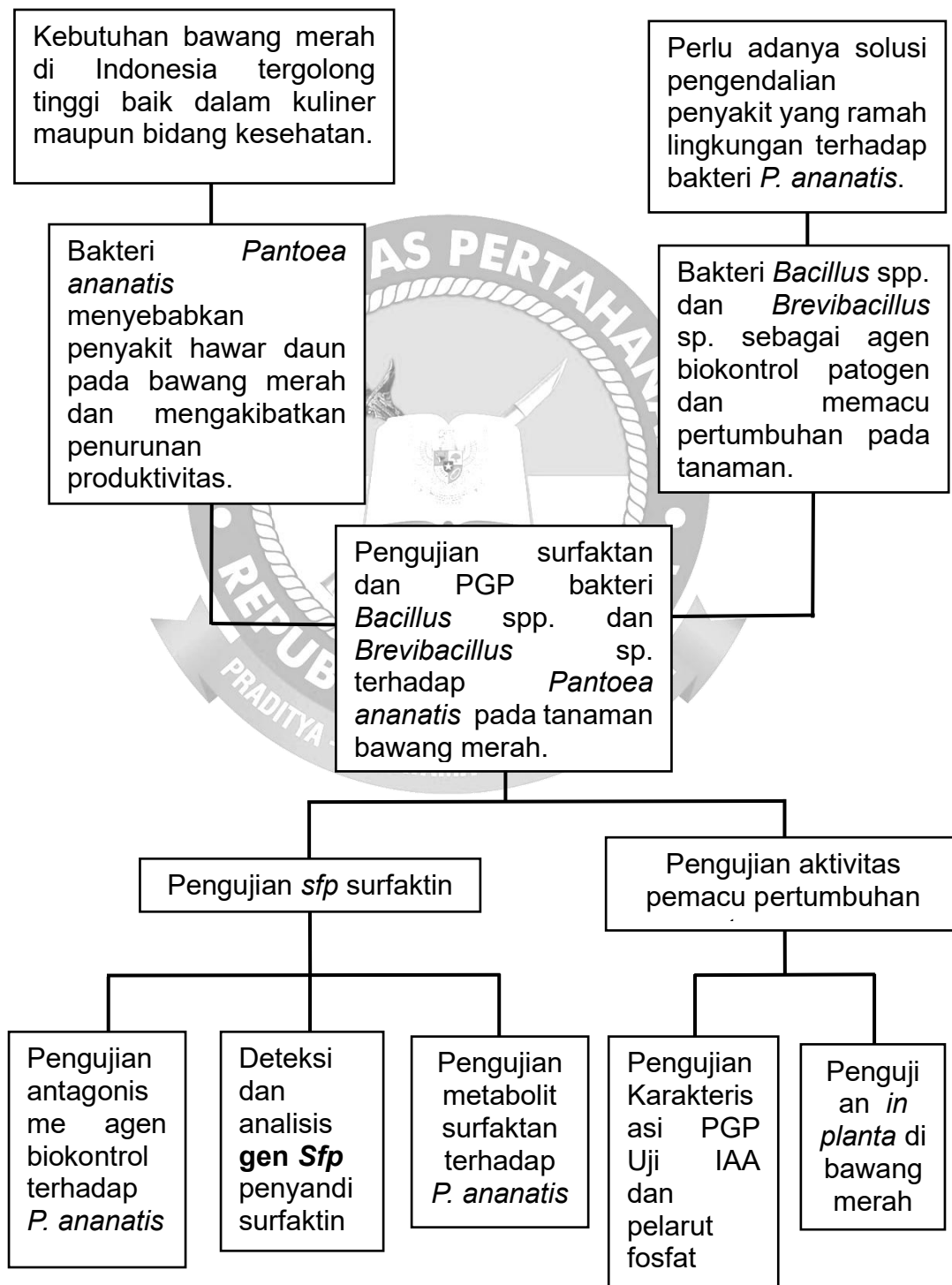
No	Penulis	Hasil
1	Laura Perez-Fons, Peter M. Bramley, Paul D. Fraser., 2013	Optimisasi dari prosedur metabolite profiling untuk <i>Bacillus</i> sp. yang beragam dengan quenching matabolome bakteri, ekstraksi, memisahkan dan mendeteksi metabolit dari <i>Bacillus metabolome</i> . Menghasilkan konteks biokimia, mengungkapkan jaringan metabolisme spesifik dan aplikasi bioteknologi melalui demonstrasi kesetaraan substansial

No	Penulis	Hasil
2	Izzah Shahid, Jun Han, Sharoon Hanooq, Kauser A. Malik, Christoph H. Borchers and Samina Mehnaz., 2021	Penelitian ini menggunakan analisis <i>Ultra-performance Liquid Chromatography Electrospray Ionization-Mass Spectrometry</i> (UPLC-ESI-MS/MS). Hasil penelitian ini menunjukkan potensi biokontrol dan pupuk hayati <i>Bacillus sp. Brevibacillus sp.</i> untuk pengelolaan nutrisi tanaman yang berkelanjutan, promosi pertumbuhan, dan biokontrol tanaman yang efektif.
3	Asrul, 2020	Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di rumah kaca dengan melibatkan 150 isolat patogen dan empat kultivar bawang merah yang berasal dari lima wilayah. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Gejala penyakit seperti <i>water soaking</i> (kebasahan), klorosis (menguning), dan nekrosis akibat infeksi <i>Pantoea ananatis</i> menunjukkan bahwa seluruh isolat patogen memiliki tingkat virulensi terhadap keempat kultivar yang diuji, yaitu Bima Curut, Biru Sawah, Bauji, dan Palasa.
4	Iman Santoso, Qonita Gina Fadhilah, Andi Eko Maryanto, Yasman, 2020.	Uji antagonis dilakukan dengan metode kultur ganda dengan teknik streak dan pour plate. Hasil dari Uji aktivitas terhadap laju penghambatan pertumbuhan <i>Fusarium sp.</i> , <i>Ganoderma sp.</i> , dan <i>Chaetomium globosum</i> InaCC pada pour plate menunjukkan persentase pertumbuhan daya hambat terhadap <i>Fusarium sp.</i> lebih tinggi dibandingkan hasil metode coretan.

No	Penulis	Hasil
5	Akhda, 2024	isolasi dan penapisan bakteri kandidat agen biokontrol dari sampel tanah tanaman bawang merah berasal dari Jawa Barat dan Jawa Timur. Pengujian aktivitas biokontrol yang meliputi produksi enzim protease, selulase, kitinase, peroksidase, produksi siderofor, amonia, HCN dan aktivitas katalase. Hasil Identifikasi molekuler menunjukkan bahwa isolat BM-L3 3, BM-L4, dan BM-L5 mirip dengan <i>Bacillus tequilensis</i>, BM-L3 5 teridentifikasi sebagai <i>Bacillus halotolerans</i>, dan BM-5 teridentifikasi sebagai <i>Massilia niastensis</i>. Isolat tersebut emiliki kemampuan dalam menghambat patogen <i>Stemphyllium vesicarium</i>.
6	Darsono, 2024	Isolasi bakteri kandidat agen biokontrol dari perakaran tanah tanaman bawang merah di Cirebon dan Majalengka, Jawa Barat, serta Brebes, Jawa Tengah. Dalam peneletian ini melakukan uji aktivitas meliputi uji antagonisme dan karakterisa aktivitas biokontrol (produksi enzim protease, kitinase, selulase, siderofor, hidrogen sianida, ammonia, peroksidase dan aktivitas katalase). Hasil identifikasi molekuler gen 16S rRNA diperoleh 5 isolat rhizobakteri Isolat BM-L3(2) dan BM-L3(3) teridentifikasi sebagai <i>Brevibacillus schisleri</i> dan <i>Bacillus</i> sp., sedangkan isolat I-8, L1-9, dan L-1-12 teridentifikasi sebagai <i>Streptomyces rochei</i>.

2.3 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Kerangka Berpikir