

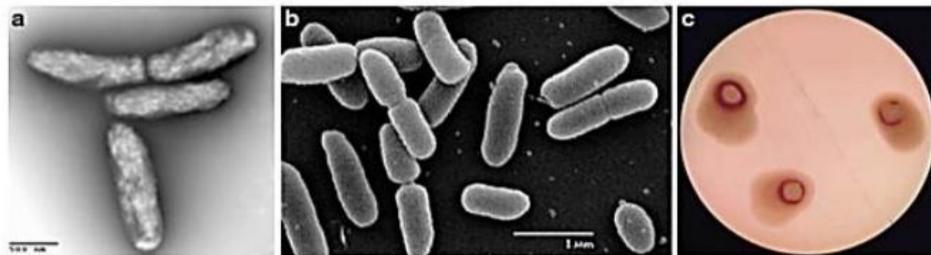
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 *Ralstonia solanacearum*

R. solanacearum adalah organisme aerob obligat; strain patogen memiliki suhu minimum, optimal dan maksimum masing-masing 10°C, 35°C dan 41°C (Kelman, 1953 dalam Setiawan, 2019). *R. solanacearum* berbentuk batang dan tidak membentuk spora, gram negatif, berukuran sekitar 0,5 sampai 0,7 µm x 1,5 sampai 2,0 µm dengan flagel polar tunggal (Sneath *et al.*, 1986 dalam Setiawan, 2019). Bakteri bersifat aerob dan koloninya pada media padat berukuran kecil, bulat tidak beraturan, berwarna putih pada cahaya yang dipantulkan dan berwarna coklat pada cahaya yang ditransmisikan (Hayward, 1991 dalam Sousa *et al.* 2015). Morfologi koloni *R. Solanacearum* strain UY031 yang divisualisasikan menggunakan media padat dapat dilihat pada Gambar 3.



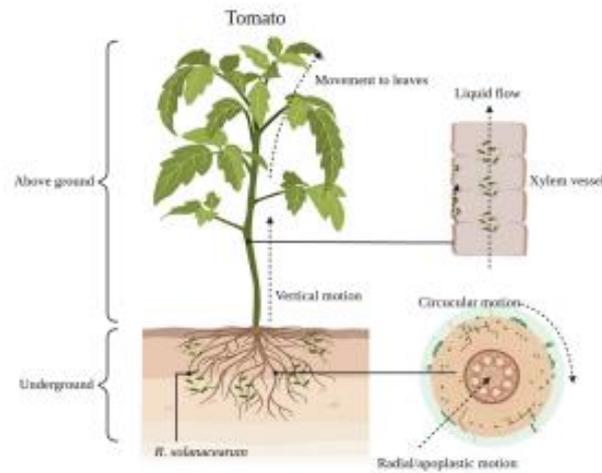
Gambar 3. *R. solanacearum* Strain UY031 menggunakan TEM (a) dan SEM (b),serta mikroskop cahaya untuk memvisualisasikan morfologi koloni pada media(c). (Sumber : Guarischi – Sousa *et al.* 2016)

R. solanacearum dianggap sebagai salah satu bakteri fitopatogenik yang paling penting merusak di dunia karena sifatnya yang mematikan, distribusi geografisnya yang luas, dan kisaran inang yang luas juga sehingga menginduksi dampak ekonomi yang merusak (Chandrashekhara *et al.*, 2012). Mengacu pada keragaman geografis dan patogen yang tinggi dari spesies, Buddenhagen (1986) dalam Setiawan (2019) menyatakan bahwa ada banyak

layu bakteri dan ada banyak pula '*Pseudomonas solanacearum*' (syn. *R. solanacearum*). *R. Solanacearum* berasal dan berevolusi di tempat-tempat yang sangat berbeda dan memiliki kemampuan berbeda pada setiap inang dengan tanah dan kondisi lingkungan yang berbeda. Keragaman ini menghasilkan ekspresi penyakit variable dan potensi penyakit untuk setiap interaksi genotipe inang/parasit (Buddenhagen, 2009).

Biasanya, bakteri ini memasuki tanaman inang melalui akar, melalui luka, ujung akar, dan titik munculnya akar sekunder. Kemudian secara progresif menyerang pembuluh *xilem* dan menyebar dengan cepat ke bagian atas tanaman (batang dan daun) melalui sistem vaskular (Peeters *et al.*, 2013; Plener *et al.*, 2012). Gejala layu kemungkinan disebabkan oleh kolonisasi bakteri yang luas di *xilem* dan produksi jumlah besar eksopolisakarida (EPS) yang mengakibatkan penyumbatan pembuluh dan transportasi air tanaman (Ingel *et al.*, 2021).

Penanda protein berfluoresensi hijau memudahkan pemahaman tentang jalur kolonisasi *R. solanacearum* pada inangnya (Lowe-Power, Khokhani dan Allen, 2018). Saat ini, jalur kolonisasi *R. solanacearum* yang umumnya diterima adalah *R. solanacearum* memasuki korteks akar inang dan kemudian mencapai *xilem* melalui ruang antarseluler, di mana mereka berkembang biak dan menyebar ke bagian atas tanaman inang. Sebagian dari *R. solanacearum* berada dalam bentuk planktonik dalam aliran getah *xilem* inang, sementara sebagian lainnya menggunakan gerakan terputus-putus untuk bergerak sepanjang dinding pembuluh. *R. solanacearum* ini akhirnya mengumpulkan diri dalam matriks biofilm, mengisi seluruh saluran dan potensial menghambat aliran air, yang akhirnya menyebabkan tanaman layu dan mati (Caldwell, Kim and Lyer-Pascuzza, 2017). Seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses infeksi *Ralstonia solanacearum* pada tomat.

Keterangan : *R. solanacearum* masuk ke *xilem* tomat melalui ruang sel-sel akar. Secara perlahan, ia mencapai *xilem* melalui gerakan radial dan circumferential sebelum memasuki *xilem* (gerakan lateral) dan kemudian bergerak secara vertikal ke atas melalui pembuluh *xilem* menuju bagian atas tanaman tomat (gerakan longitudinal). Beberapa *R. solanacearum* melekat pada dinding saluran *xilem* dan menggunakan area ini sebagai ekologi untuk kolonisasi, sementara yang lain terdistribusi dalam aliran cairan saluran *xilem* hingga mencapai daerah daun. (Sumber : Haoqi Shi *et al.*, 2023)

a. Klasifikasi dan Morfologi

Patogen penyebab penyakit layu adalah bakteri *R. solanacearum* Smith Yabuuchi. Nama tersebut mengalami beberapa kali perubahan, sebagai hasil kajian molekuler yang didasarkan pada analisis DNA bakteri. Semula bakteri tersebut dinamakan *Bacillus solanacearum*, kemudian menjadi *Burkholderia solanacearum*, berubah menjadi *Pseudomonas solanacearum* dan nama mutakhir menurut Yabuuchi *et al.*, (1995) adalah *R. solanacearum*.

Secara taksonomi bakteri diklasifikasikan sebagai berikut:

Bangsa : Bakteri
 Filum : Proteobacteria
 Kelas : Betaproteobacteria
 Ordo : Burkholderiales
 Famili : Burkholderiaceae
 Marga : *Ralstonia*

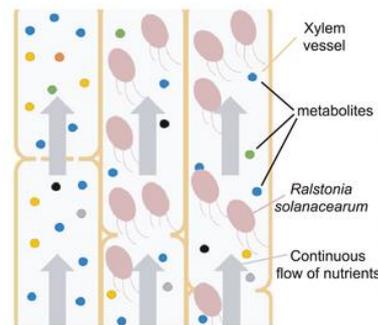
Spesies : *solanacearum*

Beberapa sel *Ralstonia solanacearum* adalah *planktonik* dalam aliran *xilem*, sementara yang lain menggunakan gerakan *twitching motility* untuk bergerak di sepanjang dinding pembuluh (Liu *et al.*, 2001). Sel soliter ini akhirnya tumbuh menjadi agregat dalam matriks biofilm yang dapat mengisi seluruh pembuluh dan berpotensi menghambat aliran air (Caldwell *et al.*, 2017; Tran *et al.*, 2016; Agrios, 2005). Usia, kesehatan dan status gizi inang, kondisi lingkungan, dan agresivitas patogen akan menentukan kecepatan dan tingkat keparahan perkembangan gejala layu (Hayward, 1991)

b. Gejala dan ciri-ciri Infeksi

Tanaman yang terinfeksi oleh bakteri *R. solanacearum* memiliki gejala yang umum seperti : i) Layu dan menguningnya daun muda baik secara sebagian (unilateral) maupun seluruhnya ; ii) Munculnya cairan bakteri berwarna putih susu yang terakumulasi pada permukaan batang, rimpang, atau umbi tanaman inang terinfeksi yang baru dipotong (Denny, 2006). Gejala serangan *Ralstonia solanacearum* secara umum ialah tanaman seperti kekurangan air, daun muda pada pucuk tanaman menjadi layu, dan daun-daun tua atau daun-daun di bagian bawah menguning (Cavalcante *et.al.*, 1995). Hal ini karena bakteri menyerang pembuluh *xilem* (Agrios, 2005) dan merusak sel-sel tanaman yang ditempatinya tersebut sehingga pengangkutan air dan zat-zat makanan terganggu oleh massa bakteri dan sel-sel pembuluh *xilem* yang hancur (Duriat, 1997). Hancurnya sel-sel tanaman tersebut karena bakteri mengeluarkan enzim penghancur dinding sel tanaman yang mengandung selulosa dan pektin yang dikenal dengan nama enzim selulase dan pektinase. Akibat dari serangan ini, proses translokasi air dan nutrisi menjadi terganggu, sehingga tanaman menjadi layu dan mati (Agrios, 2005). Bakteri *R. solanacearum* umumnya masuk ke dalam jaringan tanaman inang melalui luka yang terjadi pada waktu bercocok tanam melalui lubang-lubang alami (lentisel), melalui perakaran sekunder, melalui akar yang luka akibat tusukan nematoda. Setelah masuk ke tanaman bergerak secara sistemik

mengikuti aliran cairan dalam pembuluh *xilem* ke bagian tanaman lain (Yulianah dan Murhadi, 2007). Seperti terlihat pada Gambar 5



Gambar 5. Pertumbuhan *R. solanacearum* di *xilem*
(Sumber : Baroukh, C., Zemouri, M., and Genin, S. 2021)

Tanaman yang terinfeksi sering terhambat dan menguning sebelum mereka mengalami gejala layu yang khas, yang biasanya menyebabkan kematian seluruh tanaman. Pada tanaman tomat gejala muncul setelah populasi *R. solanacearum* melebihi 10^8 CFU/g batang (Huang dan Allen, 2000). Ketika penyakit berkembang, patogen tumbuh dengan kepadatan yang sangat tinggi pada cairan *xilem* yaitu berkisar 10^{10} CFU/ml. Kehilangan hasil secara langsung oleh *R. Solanacearum* sangat bervariasi tergantung inang, kultivar, iklim, jenis, tanah, pola tanam, dan strain. Kesulitan pengendalian patogen ini disebabkan kemampuannya untuk tumbuh secara endofit, bertahan hidup di tanah, terutama dilapisan yang lebih dalam melalui bagian tanaman yang sakit kemudian disebarkan melalui air, tanah atau pindah dari tanaman yang terinfeksi. (Wang dan Lin, 2005). Menariknya, *R. solanacearum* juga dapat hidup untuk waktu yang lama dalam pembuluh *xilem* dari kultivar tanaman toleran pada kepadatan sel yang cukup tinggi (104 hingga 107 CFU/ g batang) tanpa memicu gejala (Grimault dan Prior, 1993; Graham *et al.*, 1979; Weibel *et al.*, 2016).

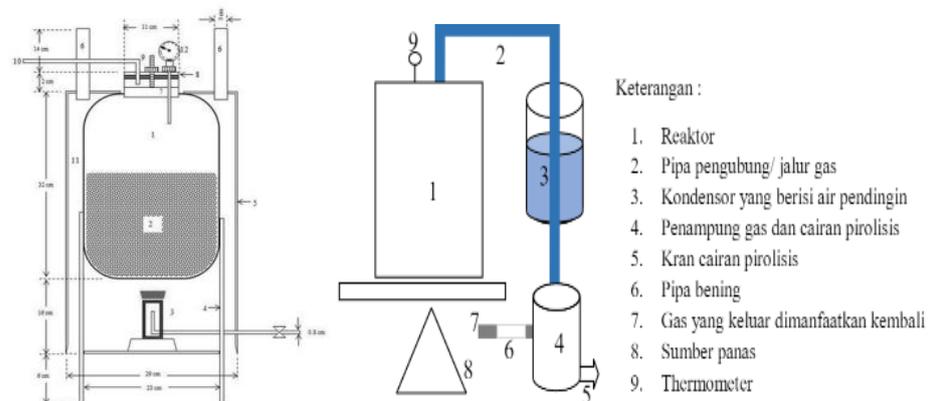
Sebagai patogen yang ditularkan melalui tanah, *R. solanacearum* mengenali tanaman inang dengan merasakan dan merespon terhadap eksudat akar dari tanaman inang (Tan-Kersten, Huang and Allen, 2001; Yao and

Allen, 2006; Hida *et al.*, 2015). Studi terbaru menunjukkan bahwa getah dalam jaringan pembuluh tanaman mengandung gula, asam amino, dan asam organik yang dapat mendukung pertumbuhan bakteri secara *in vitro* (Fatima and Senthil-Kumar, 2015).

2.1.2 Asap cair

Asap cair merupakan senyawa-senyawa yang menguap secara simultan dari reaktor panas melalui teknik pirolisis (penguraian dengan panas) dan berkondensasi pada sistem pendingin (Simon *et al.*, 2005). Asap cair dihasilkan dari pembakaran bahan yang banyak mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang menghasilkan senyawa fenol, senyawa asam dan turunannya. Bahan baku yang dapat digunakan untuk menghasilkan asap cair antara lain tempurung dan sabut kelapa, sampah organik, cangkang kopi, bambu maupun merang padi (Sutin, 2008).

Proses pembuatan asap cair melalui beberapa tahapan yaitu pirolisis, kondensasi, dan redestilasi. Pirolisis merupakan proses dekomposisi atau pemecahan bahan baku penghasil asap cair dengan adanya panas pembakaran dan oksigen yang terbatas dan menghasilkan gas, cairan dan arang yang jumlahnya tergantung pada jenis bahan, metode dan kondisi dari pirolisisnya. Mekanisme kerja dalam proses pirolisis adalah dimana uap yang dihasilkan pada proses pirolisis mengalir melalui pipa yang menuju ke kondensor pendingin, sebelum menuju ke kondensor uap atau asap cair yang memiliki masa jenis yang berat akan tertampung dalam penampung tar dan asap cair yang masa jenisnya lebih ringan akan mengalir menuju pipa kondensor yang berfungsi sebagai pendingin karena pada kondensor terdapat air yang disirkulasikan secara terus menerus menggunakan pompa, hasil dari pirolisis yang berupa asap cair ditampung menggunakan gelas ukur, proses pirolisis dilakukan selama lima jam. Proses pirolisis melibatkan berbagai proses reaksi yaitu dekomposisi, oksidasi, polimerisasi dan kondensasi (Diatmika *dkk.*, 2019).



Gambar 6. Alat pirolisis

Keterangan : (1)Tungku pembakaran (2) Ruang pemanasan (3) Pipa penyalur asap (4) Drum pendingin (Kondensator), (5) Air, (6) Penampung asap cair (sumber : Rahmat *dkk.*, 2014 ; Badrul Wajdi, *dkk.*, 2020)

Kayu atau serbuk kayu dipirolisis pada suhu tertentu hingga menghasilkan asap, kemudian asap yang dihasilkan dikondensasikan menjadi bentuk asap cair. Asap cair hasil kondensasi ini masih memiliki kandungan tar yang tinggi dan berwarna keruh sehingga perlu di destilasi berulang-ulang (Darmaji, 2002). Menurut Rahmat *dkk.*, (2014) pirolisis selama 90 menit pada 1.000 gram kayu ketam limbah furniture menghasilkan cuka kayu, tar, bio-oil, dan arang masing-masing 487,67 ml, 41,76 g, 2,93 ml, dan 222 g. Cuka kayu yang dihasilkan memiliki sifat fisik sebagai berikut : pH 3,6, berat jenis 1,021 g/ml, dan warna coklat kekuningan.

Warna asli dari asap cair adalah kuning akan tetapi bila disimpan akan berubah warna menjadi gelap, senyawa hasil pirolisis ini adalah kelompok fenol, karbonil dan kelompok asam yang secara simultan mempunyai sifat antioksidasi dan antimikroba. Kelompok-kelompok ini mampu mencegah pertumbuhan bakteri, spora, jamur serta menghambat kehidupan bakteri, jamur dan virus. Asap cair sangat adaptif dan dapat diproduksi secara komersial (Pranata, 2007).

Sifat asap cair dipengaruhi oleh komponen utamanya yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin yang proporsinya bervariasi tergantung pada jenis bahan yang akan dipirolisis, proses pirolisis sendiri melibatkan berbagai proses reaksi

diantaranya dekomposisi, oksidasi, polimerisasi dan kondensasi (Luditama, 2006).

a. Kandungan Kimia Asap Cair

Bambu adalah salah satu limbah sisa kerajinan, sisa bangunan yang sangat mudah ditemui disekitar pemukiman penduduk. Selama ini limbah bambu hanya dibuang ke lingkungan padahal limbah bambu dapat dimanfaatkan sebagai asap cair (Komarayati dan Santiyo, 2015). Bambu merupakan penghasil selulosa terbesar dibandingkan pohon pinus yaitu sekitar per ha 2 sampai 6 kali. Peningkatan biomassa pohon kayu hanya 2.5 % per hari, sedangkan biomassa bambu meningkat 10 sampai 30% per hari. Dalam 4 tahun bambu dapat dipanen, hal ini lebih singkat dibandingkan 8 sampai 20 tahun untuk jenis pohon kayu yang cepat tumbuh (Herliyana, Noverita dan Lisdar, 2005).

Asap cair merupakan hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung (pirolisis) yang kemudian dikondensasikan, dari bahan yang mengandung senyawa lignin, hemiselulosa, selulosa dan senyawa karbon lainnya (Taufik dan Qomaruddin, 2015). Asap cair hasil pirolisis ini tergantung pada bahan baku, temperatur/suhu pirolisis, kinerja alat pirolisis terutama reaktor dan kondensor. Komponen-komponen penyusun asap cair, meliputi:

1) Senyawa-senyawa fenol

Senyawa Fenol merupakan senyawa antioksidan yang terdapat pada asap cair sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk asapan. Fenol juga dapat memberikan cita rasa dan warna yang khas pada produk yang dihasilkan. Kuantitas fenol pada kayu sangat bervariasi yaitu antara 10 sampai 200 mg/kg (Girard, 1992). Beberapa jenis fenol yang biasanya terdapat dalam produk asapan adalah guaiakol, dan syringol.

2) Senyawa-senyawa Karbonil

Senyawa-senyawa Karbonil dalam asap cair memiliki peranan pada pewarnaan dan cita rasa produk asapan.

3) Senyawa-senyawa asam

Nilai pH merupakan salah satu sifat kimia yang menentukan kualitas asap cair yang dihasilkan. Nilai pH rendah berarti asap yang dihasilkan berkualitas

tinggi terutama dalam hal penggunaannya sebagai bahan pengawet makanan. Nilai pH yang rendah secara keseluruhan berpengaruh terhadap nilai awet dan daya simpan produk asap ataupun sifat organoleptiknya (Abdul, 2007). Selain bebas dari senyawa berbahaya, asap cair yang digunakan sebagai pengawet bahan pangan harus memiliki flavor yang dapat diterima konsumen (Kausa, 2012).

b. Kegunaan Asap Cair

Asap cair dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, salah satunya untuk mengawetkan atau memperpanjang masa simpan suatu produk (Assidiq *et al.*, 2018). Senyawa asam yang terkandung dalam asap cair dapat menghambat terbentuknya spora dan pertumbuhan mikroba pada produk makanan, yaitu bakteri dan fungi. Sedangkan senyawa fenolik asap cair memiliki sifat antibakteri dan antioksidan, serta menunjukkan aktivitas antimikroba yang efektif secara *in-vitro* terhadap berbagai organisme seperti bakteri (gram positif dan gram negatif), ragi dan kapang.

Harini dan Wachid (2014), melakukan penelitian pembuatan asap cair dari tempurung kelapa, tongkol jagung dan bambu yang dijadikan sebagai antibakteri pada berbagai konsentrasi dan lama penyimpanan pada ikan mujair. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa asap cair mempunyai kemampuan dalam menghambat bakteri patogen (*Escherichia coli*, *P. aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus*). Penelitian Fatimah (2011) asap cair sabut kelapa yang dibuat dengan teknik pembakaran memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri *Salmonella choleraesuis*, *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus*.

2.1.3 Metode pengujian antibakteri : Dilusi dan Difusi Cakram

Aktivitas antibakteri dapat dipelajari menggunakan beberapa metode, yaitu metode dilusi, metode difusi agar, dan metode difusi dilusi. Metode difusi merupakan metode yang sering digunakan untuk analisis aktivitas antibakteri. Ada 3 cara dari metode difusi yang dapat dilakukan yaitu metode sumuran, metode cakram, dan metode silinder (Pratiwi, 2008). Prinsip kerja metode difusi

adalah terdifusinya senyawa antibakteri ke dalam media padat dimana mikroba uji telah diinokulasikan. Hasil pengamatan yang diperoleh berupa ada atau tidaknya daerah bening yang terbentuk di sekeliling kertas cakram yang menunjukkan zona hambat pada pertumbuhan bakteri (Balaouri, Sadiki dan Ibnsauda, 2016).

Metode difusi menggunakan cakram dilakukan dengan cara kertas cakram sebagai media untuk menyerap bahan antimikroba dijenuhkan ke dalam bahan uji. Setelah itu kertas cakram diletakkan pada permukaan media agar yang telah diinokulasi dengan biakan mikroba uji, kemudian diinkubasikan selama 18 sampai 24 jam pada suhu 35°C. Area atau zona bening di sekitar kertas cakram diamati untuk menunjukkan ada tidaknya pertumbuhan mikroba. Diameter area atau zona bening sebanding dengan jumlah mikroba uji yang ditambahkan pada kertas cakram (Bonang, 1992). Kelebihan dari metoda cakram yaitu dapat dilakukan pengujian dengan lebih cepat pada penyiapan cakram (Listari, 2009).

Metode difusi cakram (*disk diffusion*) ditujukan untuk menentukan aktivitas gen antimikroba. Piringan yang berisi agen antimikroba diletakan pada media agar Nutrien Agar (NA) yang telah ditanami mikroorganisme yang akan difusi pada media agar tersebut. Area yang jernih mengindikasikan adanya hambatan pertumbuhan mikroorganisme oleh agen antimikroba pada permukaan agar.

2.2 Kerangka pemikiran

Penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *R. solanacearum* mempunyai arti penting di beberapa Provinsi seperti Sumatera Selatan, Jawa Barat, dan Sulawesi Selatan karena dapat menimbulkan kerugian. Bakteri *R. solanacearum* dapat bertahan lama di dalam tanah, terutama jika di suatu daerah terdapat banyak inang yang rentan pada kondisi lembab dan pada kondisi kering, populasi bakteri ini akan sangat berkurang (terputus). Bakteri ini menginfeksi biji melalui funiculus dan kadang-kadang ke integumen biji, tetapi tidak pernah masuk ke embrio (Simanjuntak, Sritamin dan Sauda, 2014). Tanaman yang terserang oleh bakteri *R. solanacearum* awalnya terlihat segar pada pagi atau

sore hari namun akan layu pada siang hari, hal ini disebabkan karena aliran air dari akar ke daun dan batang tidak lancar karena disumbat oleh massa bakteri, sehingga tanaman akan kekurangan air dan akhirnya layu. Serangan *R. solanacearum* ini bisa dimulai dari saat tanaman cabai yang masih muda. Tanaman yang sudah terserang bakteri *R. solanacearum* akan terlihat jelas pada akar dan pangkal batang yang membusuk.

Kehilangan hasil secara langsung oleh *R. Solanacearum* sangat bervariasi sesuai dengan inang, kultivar, iklim, jenis tanah, pola tanam, dan strain. Misalnya, kehilangan hasil bervariasi dari 0% hingga 91% dalam pertanaman tomat, 3% hingga 90% dalam pertanaman kentang, 10% hingga 30% dalam pertanaman tembakau. Selain itu 80% hingga 100% dalam pertanaman pisang, dan hingga 20% dalam pertanaman kacang tanah (Elphinstone, 2005). Kesulitan dalam mengendalikan patogen ini disebabkan kemampuannya untuk tumbuh secara endofit, bertahan hidup di tanah, terutama di lapisan yang lebih dalam, berjalan di sepanjang air, dan hubungannya dengan gulma (Wang and Lin, 2005).

Penyakit layu bakteri tetap menjadi masalah serius secara ekonomis, karena terbatasnya efektivitas dari beberapa pengendalian tersebut (Saputra, Triwidodo dan Arif, 2015). Oleh karena itu pengendalian dengan cara biologi dan ramah lingkungan menggunakan pestisida nabati sangat diperlukan. Tumbuh- tumbuhan memiliki senyawa metabolit sekunder bersifat bioaktif dapat dijadikan sebagai bahan baku pestisida nabati sehingga dapat mengendalikan fitopatogen (Kristanti *dkk.*, 2008).

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengurangi kerugian yang disebabkan oleh penyakit layu bakteri tersebut dengan menggunakan asap cair sebagai bakterisida alami yaitu melalui pemanfaatan limbah pertanian atau biomassa seperti bambu. Asap cair dapat mengandung senyawa-senyawa yang bersifat antibakteri seperti senyawa fenol. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai Efektivitas asap cair limbah bambu terhadap patogen tular tanah (*Ralstonia solanacearum* Yabuuchi (Smith)) secara *in vitro*.

Bambu merupakan hasil hutan bukan kayu (HHBK) yang memiliki keunggulan dan potensi menjanjikan di berbagai aspek (Damayanti *dkk.*, 2019; Suriani, 2017). Bambu mampu memenuhi kebutuhan masyarakat seperti sandang, papan, pangan, obat-obatan, dan bahan bakar (Hewul, 2018; Putro 2014). Saat ini, pemanfaatan bambu semakin maju dalam industri kehutanan, seperti bahan baku pulp dan kertas, bambu lapis (plybamboo), dan papan bambu komposit (Fatriasari dan Hermiati, 2008).

Bambu ditemukan dalam berbagai jenis yang relatif banyak di kawasan hutan Indonesia. Terdapat sebanyak 176 jenis bambu yang tersebar di seluruh areal Kesatuan Pengelolaan Hutan (KPH) di Indonesia, namun hanya 21 jenis yang sering diolah oleh industri di seluruh Indonesia (Widjaya, Ervianti dan Kusumaningtyas, 2020). Setidaknya ada 80 jenis bambu (inventarisasi masih belum selesai) yang tersebar di Sumatera, dan 17 jenis bambu telah dimanfaatkan oleh industri (Rahayu dan Ervianti, 2020; Widjaya, Ervianti dan Kusumaningtyasm, 2020). Di Lampung, saat ini tercatat ada 4 jenis bambu di lokasi KPH Tahura Wan Abdul Rachman, 4 jenis di Taman Batu Putu, 14 jenis di Kabupaten Tanggamus, dan ada juga lokasi lain yang belum tercatat (Rahayu dan Ervianti, 2020; Sujarwanta dan Zen, 2020; Togatorop, Riniarti dan Duryat, 2021).

Asap cair bambu adalah salah satu produk olahan bambu yang dihasilkan melalui proses pirolisis saat pembakaran. Jika asap yang dihasilkan mengalami kondensasi atau pengembunan, akan terbentuk cairan asap bambu yang disebut cuka bambu (Komarayati dan Wibowo, 2015; Ridhuan, Irwan dan Inthifawzi, 2019). Asap cair bambu mengandung komponen kimia yang dapat merangsang pertumbuhan. Asam asetat dan metanol berguna untuk mempercepat pertumbuhan tanaman, sedangkan fenol berperan dalam menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur (Khoshkharam, Shahrajabin dan Esfandiary, 2021). Asap cair bambu memiliki sifat yang berfungsi sebagai antioksidan, antimikroba dan pembentuk warna serta cita rasa yang spesifik. Sifat-sifat fungsional tersebut erat kaitannya dengan komponen-komponen yang terdapat di dalam cuka bambu tersebut. Asap cair bambu memiliki kemampuan untuk

mengawetkan bahan makanan karena adanya senyawa asam, derivat fenol, dan karbonil serta sebagai bahan yang meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit (Hewul, 2018; Rahmiyah dan Habibullah, 2020)

Menurut Mahanim *dkk.*, (2011) kandungan senyawa pada batang bambu memiliki kandungan holoselulose (63,04%), alpha-selulose (46,14%) dan lignin (16,12%). Komposisi rata-rata dari total gas yang dihasilkan pada proses karbonisasi bambu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Kimia Bambu

Komponen	Kandungan
Selulosa	42,4 – 53,6
Lignin	19,8 – 26,6
Pentosan	1,24 – 3,77
Zat-Zat ekstraktif	4,5 – 9,9
Air	15 – 20
Abu	1,24 – 3,77
SiO ₂	0,10 – 1,78

Sumber : (Widya, 2006 *dalam* Ridolf, 2018)

Komaryati, dan Wibowo (2015) melakukan penelitian mengenai karakteristik asap cair dari tiga jenis bambu yaitu bambu hitam, bambu tutul, dan dan bambu betung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen asap cair tiga jenis bambu berkisar antara 5,00 sampai 24,00%; pH 2,70 sampai 3,36 telah sesuai standar jepang; berat jenis 0,99 sampai 1,03; asam asetat 31,37 sampai 83,59%; metanol 1,37 sampai 2,07% dari total fenol 0,56 sampai 1,24% . Senyawa-senyawa tersebut memiliki fungsi utama yaitu sebagai penghambat perkembangan bakteri.

Menurut Diatmika, Kencana dan Arda (2019), asap cair bambu tabah mampu menghambat pertumbuhan bakteri karena asap cair bambu tabah mengandung senyawa-senyawa aldehid, ketone, asam, dan fenolik. Hasil penelitian Harini dan Wachid (2014). Menunjukkan asap cair yang berasal dari limbah bambu berpengaruh sangat nyata terhadap zona hambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada penyimpanan hari ke-1 sampai hari ke-5 pada konsentrasi 5%, dan 10%.

Jun *et al.* (2006) menyatakan bahwa asap cair bambu dengan pengenceran 500 kali yang disemprotkan pada tanaman selada, lobak dan mentimun dapat memacu pertumbuhan dan meningkatkan kualitas dan produksi buah. Selain itu, asap cair bambu dapat dimanfaatkan sebagai pengawet bambu untuk mebel, dengan cara batang bambu direndam dalam asap cair selama satu malam (Hidayat, 2011).

Di bidang pangan, masyarakat di negara Uni Eropa dan Amerika sudah terbiasa menyantap daging panggang yang terlebih dahulu direndam dalam larutan asap cair yang telah dimurnikan melalui penyulingan bertingkat supaya zat yang berbahaya hilang. Selain itu, asap cair dapat berfungsi sebagai pengawet karena adanya senyawa asam, Fenol sebagai komponen kimia yang dominan dalam asap bambu bersifat bakteriostatik maupun bakteriosidal. Senyawa fenol merusak dinding bakteri dengan memutuskan ikatan peptidoglikan (Dewi, Ratnasari dan Trimulyono, 2014).

Berdasarkan komposisinya maka limbah batang bambu sangat potensial digunakan sebagai bahan baku pembuatan cuka bambu. Cuka bambu yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan dasar desinfektan, pengawet makanan, pembasmi hama dan penyakit tanaman, pupuk cair organik, penyubur tanaman dan sebagai inhibitor mikroorganisme (Rina Oktaf *dkk.*,2021).

2.3 Hipotesis

- 1) Asap cair limbah bambu efektif menghambat pertumbuhan patogen layu tanaman (*R. solanacearum*).
- 2) Diketaahui konsentrasi asap cair limbah bambu yang efektif dalam menghambat pertumbuhan patogen layu tanaman (*R. solanacearum*).