

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR, DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Pepaya

Pepaya (*Carica papaya* L.) merupakan tanaman yang berasal dari Amerika. Pusat penyebaran tanaman diduga berada di daerah sekitar Meksiko bagian selatan dan Nikaragua. Bersama pelayar Portugis di abad ke-16, tanaman ini juga menyebar ke berbagai benua serta negara, termasuk ke Benua Afrika dan Asia, berawal dari negara India, tanaman ini menyebar di berbagai negara tropis lainnya, termasuk Indonesia dan kepulauan di Lautan Pasifik diabad ke-17 (Kalie, 1996).

Buah pepaya tergolong buah yang populer dan umumnya digemari oleh sebagian besar penduduk dunia. Hal ini disebabkan karena daging buahnya yang lunak dengan warna merah atau kuning, manis, serta banyak mengandung air. Kegunaan tanaman pepaya cukup beragam dan hampir semua bagian tanaman pepaya dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Selain bernilai ekonomi tinggi, tanaman pepaya juga mencukupi kebutuhan gizi (Warisno, 2003).

Tanaman pepaya termasuk familia Caricaceae. Famili ini mempunyai empat genus utama yaitu *Carica*, *Jarilla*, *Jacaratia* dan *Cylicomorpha*. Genus *Carica*, *jarilla* dan *Jacaratia* berasal dari Amerika tropis, sedangkan genus *Cylocomorpha* merupakan tanaman yang berasal dari Afrika tropis (Warisno, 2003).

Menurut Warisno (2003), tanaman pepaya diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Sub kingdom : Tracheobionta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliopsida
Sub kelas : Dilleniidae
Ordo : Violales
Famili : Caricaceae
Genus : *Carica*
Spesies : *Carica papaya* L.

Tanaman pepaya merupakan tanaman berbatang tunggal dan batangnya berongga, biasanya tidak bercabang tingginya dapat mencapai 5 sampai 10 meter. Daunnya daun tunggal, berukuran besar, dan bercangap menjari. Tangkai daun panjang dan berongga. Bunganya terdiri dari 3 jenis yaitu bunga jantan, bunga betina, dan bunga sempurna. Bentuk buah bulat sampai lonjong. Pertumbuhan tanaman pepaya termasuk cepat karena antara 9 sampai 12 bulan setelah ditanam buahnya dapat dipanen.

Tanaman pepaya tumbuh dengan baik di daerah yang memiliki ketinggian sampai 1000 m dpl. Di daerah terlalu tinggi (lebih dari 1000 m dpl), buah yang dihasilkan tidak sebaik di daratan rendah. Selain itu, banyak buah yang gugur akibat kelembapan yang terlalu tinggi dan suhu yang terlalu rendah. Pertumbuhan tanaman pepaya memerlukan kondisi suhu minimum 15°C dan suhu maksimum 35°C. Kondisi suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan kematian tanaman pepaya. Demikian juga kondisi suhu yang terlalu tinggi (40°C). Suhu 40°C merupakan titik kritis bagi tanaman pepaya (Warisno, 2003).

Tanaman Pepaya merupakan tanaman berbatang tunggal dan tumbuh tegak. Batang tidak berkayu, silindris, berongga dan berwarna putih kehijauan. Tinggi tanaman berkisar antara 5 sampai 10 meter, dengan perakaran yang kuat. Daunnya termasuk tunggal dengan bentuk menjari, berdiameter 25 sampai dengan 75 cm, bercuping 7 sampai dengan 11. Tangkai daun berongga dapat mencapai panjang 1 meter, bewarna kehijauan, merah jambu kekuningan, dan keunguan (Suket, 2014). Daun tersusun spiral menutupi ujung pohon. Pohon pepaya california lebih pendek dibanding jenis pepaya lain, paling tinggi kurang lebih 2 meter. Buahnya berkulit tebal dan permukaannya rata, dagingnya tebal, memiliki rongga didalamnya, bobotnya berkisar antara 600 g sampai dengan 2 kg (Setiati, 2011).

Pepaya merupakan buah yang banyak mengandung nutrisi dan vitamin, yaitu kalori, karbohidrat, protein, lemak, serat, antioksidan, vitamin A, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B3, vitamin B5, vitamin B6, asam folat, vitamin C, vitamin E dan vitamin K (Almatsier dan Sunita, 2010). Kandungan gizi dalam buah pepaya diantaranya Beta karoten, *pectin*, d-galaktosa, l-arabinosa, papain, papayotimin, dan vitokinose. (Dalimarta, 2003).

2.1.2 *Rhizopus stolonifer*

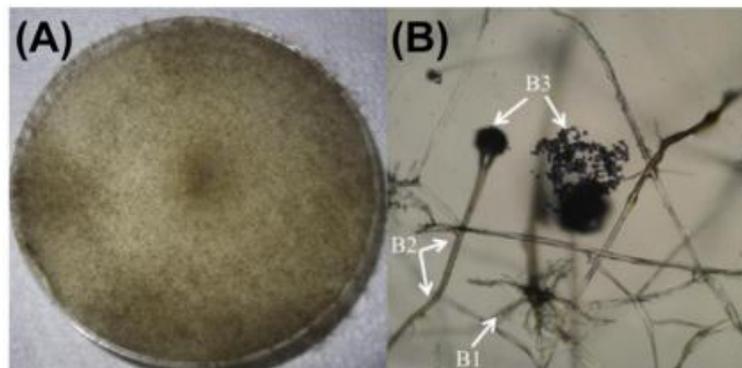
Jamur *Rhizopus stolonifer* adalah fungi yang merupakan filum zygomycota ordo mucorales. Ciri khas jamur ini mempunyai hifa yang membentuk rhizoid yang menempel ke substrat. Adapun ciri lain dari jamur ini mempunyai hifa yang ceonositik yang berkembang dengan baik, banyak percabangan dan pada kultur yang tua sering didapat miselium bersepta (Sastrahidayat, 1988). Stolon atau miselium dari jamur *Rhizopus* sp ini menyebar diatas substratnya karena hifa dari jamur ini adalah Vegetative. *Rhizopus stolonifer* dapat bereproduksi secara seksual melalui miselium yang berdekatan membentuk perluasan hifa (gametangium) yang menyelubungi nukleus haploid sampai terbentuk zigosporangium, tempat terjadinya kariogami dan meiosis, bergerminasi menjadi sporangium dan melepaskan spora-spora haploid yang beranekaragam secara genetis yang dapat mengkoloni substrat baru (Campbell dkk., 2008)

Jamur *Rhizopus stolonifer* diklasifikasikan sebagai berikut (Shipper,1984, dalam Baños dkk., 2014):

Kingdom	: Fungi
Filum	: Zygomycota
Kelas	: Zygomycetes
Ordo	: Mucorales
Famili	: Mucoraceae
Genus	: <i>Rhizopus</i>
Spesies	: <i>Rhizopus stolonifer</i>

Rhizopus stolonifer mempunyai koloni yang berwarna keputihan menjadi abu-abu kecoklatan hingga coklat kekuningan. Rhizoid dari jamur ini warna coklat, bercabang dan berlawanan arah dengan sporangiofor bisa muncul langsung dari stolon tanpa adanya rhizoid. Sporangiofor bisa satu atau berkelompok kadang-kadang meyerupai garpu, dinding berduri, warna coklat gelap hingga berwarna coklat kehitaman dengan diameter 50 sampai 200 μm . Stolonnya berdinding halus atau agak kasar dan hampir tidak berwarna, sporangiospora jamur ini berbentuk bulat atau tidak, biasanya berbentuk poligonal, terdapat garis pada permukaannya dan mempunyai panjang sekitar 4 sampai 10 μm . Suhu minimum untuk

pertumbuhan jamur ini sekitar 6°C, optimum antara 23°C sampai dengan 26°C dan suhu maksimum pertumbuhannya yaitu 35°C. Kelembaban relatif pada 75% sampai dengan 84% sesuai bagi jamur untuk menginfeksi (Sastrahidayat, 1988). *Rhizopus stolonifer* dapat tumbuh pada lingkungan yang asam dengan kadar pH terendahnya 2,2 serta kisaran kadar pH bervariasi antara 2,2 sampai dengan 9,6 (Skinner, 1930).



Gambar 1. Morfologi *Rhizopus stolonifer* (sumber: Baños dkk., 2014)

Rhizopus stolonifer merupakan agen penyebab penyakit busuk *Rhizopus* pada berbagai buah dan sayuran, biasanya menyebabkan busuk lunak, berair, dan merupakan jamur yang tumbuh cepat berkembang pada berbagai suhu dan kelembaban relatif (Nishijima dkk., 1999, dalam Lauzardo dkk., 2006). *Rhizopus stolonifer* adalah spesies jamur yang hidup dengan memanfaatkan gula atau pati sebagai sumber karbon. Buah matang biasanya paling rentan terhadap *R. stolonifer* karena kandungan airnya tinggi. *Rhizopus stolonifer* merupakan agen penyakit tanaman yang mampu merusak bahan organik melalui dekomposisi. Sporangia dapat ditemukan di udara dan tumbuh cepat pada suhu antara 15 dan 30°C (Natawijaya dkk., 2015).

Penyakit busuk *Rhizopus stolonifer* merupakan penyakit pasca panen yang paling merusak, muncul dalam bentuk bercak basah pada kulit yang membesar dengan cepat pada sebagian besar daging buah, diikuti dengan pembentukan miselium yang merupakan jaringan jamur dari serabut-serabut halus berwarna putih atau abu-abu yang menutupi permukaan buah yang rusak (Srivastava dkk., 1971).

Gejala serangan jamur *Rhizopus stolonifer* yaitu menginfeksi melalui luka dan menyebabkan daging buah menjadi lunak, basah dan mengeluarkan cairan yang jernih jika jaringan yang busuknya pecah. Permukaan buah yang terinfeksi tertutupi oleh miselium jamur berwarna putih keabu-abuan dan dapat menyebar dengan cepat (Sastrahidayat, 1988). Buah pepaya memiliki kecenderungan lebih cepat rusak dan pertumbuhan jamurinya lebih banyak, karena buah pepaya memiliki kulit yang tipis dengan bagian eksocarpium dan endocarpiumnya menyatu (Natawijaya dkk., 2015).



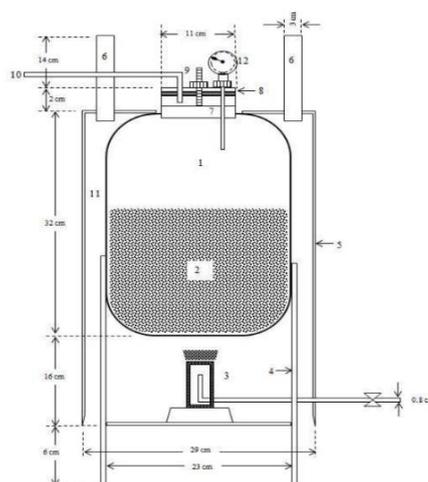
Gambar 2. Buah pepaya terserang jamur *Rhizopus stolonifer* (sumber: Baños dkk., 2014)

2.1.3 Asap Cair

Asap cair merupakan suatu hasil kondensasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya (Hidayat dan Qomaruddin, 2015). Asap cair diperoleh melalui dua tahap yaitu pirolisis dan distilasi. Pirolisis terdiri dari konversi biomassa melalui pemanasan di atmosfer inert menjadi arang, gas, dan cairan yang terdiri dari campuran ratusan senyawa organik teroksigenasi (Collard dan Blin, 2014; Wu dkk., 2015). Distilasi adalah suatu cara pemisahan larutan dengan menggunakan panas sebagai pemisah atau *separating agent* (Yaman, 2004).

Proses pirolisis pada umumnya menggunakan alat khusus yang disebut dengan klin pirolisis. Asap cair atau cuka kayu dihasilkan melalui proses pembakaran suhu

tinggi (250 sampai 450°C) tanpa oksigen atau pembakaran tidak sempurna. Rahmat dkk., (2014) menyatakan bahwa pirolisis selama 90 menit pada 1.000 g kayu ketam limbah furniture menghasilkan cuka kayu, ter, *bio-oil*, dan arang masing-masing sebanyak 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.



Gambar 3. Skema klin pirolisis (sumber: Rahmat dkk., 2014)

Asap cair hasil pirolisis perlu dilakukan proses pemurnian, dimana proses ini menentukan jenis asap cair yang dihasilkan yaitu asap cair *grade 3*, *grade 2*, dan *grade 1*. Proses pemurnian menggunakan metode distilasi, yaitu proses pemisahan komponen dari suatu campuran dengan menggunakan dasar bahwa beberapa komponen dapat menguap lebih cepat dari komponen lain. Asap cair banyak digunakan pada industri makanan, kesehatan, insektisida dan pestisida, serta tanaman (Noor dkk., 2006). Senyawa yang paling berpengaruh terhadap kegunaan tersebut adalah fenol, karbonil, asam, furan, alkohol, ester, dan sebagainya. Senyawa asam diperoleh dari hidrolisis selulosa, furan dan hidrolisis hemiselulosa dan fenol dari lignin (budaraga dkk., 2016). Variasi bahan baku akan menghasilkan kadar senyawa yang berbeda, karena perbedaan kandungan awal selulosa, hemiselulosa dan lignin.

Senyawa fenol dan asam yang dimiliki asap cair (*foodgrade*) memiliki sifat anti jamur sehingga dapat diaplikasikan pada bahan makanan untuk mengatasi

masalah kerusakan patologis (Karima, 2014). Menurut Duke (1985), dalam Aisyah dkk., (2013) menyatakan bahwa senyawa fenolat dapat menghambat sintesis asam amino dan fenilalanin amonialyase sehingga respirasi sel terganggu dan pertumbuhan jamur terhambat. Senyawa fenolat juga mampu mencegah perkecambahan konidia hingga 80% (Xu dkk., 2018). Hal tersebut sejalan dengan pendapat Pelczar (1988), dalam Aisyah dkk., (2013) bahwa senyawa asam yang bersinergi dengan fenol dapat menginaktivasi enzim yang dihasilkan jamur.

2.1.4 Tongkol jagung

Tongkol jagung merupakan bagian dari buah jagung setelah biji dipipil. Sisa tanaman jagung dengan proporsi terbesar adalah batang jagung (50%), daun (20%), tongkol (20%) dan kulit jagung (10%) dari total produksi hasil samping tanaman jagung berdasarkan bahan kering (McCutcheon dan Samples, 2002).



Gambar 4. Tongkol jagung kering (Sumber: dokumentasi pribadi)

Tongkol jagung mengandung hemiselulosa 30,91%, alfaselulosa 26,81%, lignin 15,52%, karbon 39,80%, nitrogen 2,12%, dan kadar air 8,38% (Septiningrum 2011). Kandungan lignin pada tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai bahan asap cair melalui proses pirolisis. Suhu optimum proses pirolisis tongkol jagung yaitu pada suhu 400°C, di mana akan terjadi penguraian komponen biomassa tongkol jagung, mulai dari hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Penguraian yang semakin meningkat akan meningkatkan banyaknya gas yang dihasilkan, dan gas ini akan terkondensasi sehingga menghasilkan cairan (Syahrir, 2019). Penggunaan asap cair tongkol jagung pada konsentrasi 2,5 hingga 4% menunjukkan adanya sifat *antifeedant* yang memadai terhadap larva *Spodoptera litura* (Rahmat dkk., 2018).

Asap cair tongkol jagung dengan konsentrasi 5% memiliki sifat antibakteri *Eschericia coli*, *Pseudomonas aeuginosa*, *Bacillus subtilis* dan *Staphylococcus aureus* (Harini dan Wachid, 2014). Asap cair tongkol jagung mampu mengawetkan ikan mujair selama 9 sampai dengan 20 hari (Frida dkk., 2018).

2.2 Kerangka berpikir

Rhizopus stolonifer merupakan jamur penyebab penyakit busuk hitam pada buah pepaya yang paling merusak dalam periode pasca panen. Gejala yang nampak pada buah pepaya yaitu bercak basah pada kulit yang membesar dengan cepat pada sebagian besar daging buah, daging menjadi lunak dan berair, tetapi tidak berubah warna.

Pengendalian yang biasa dilakukan menggunakan bahan kimia yang dalam jangka panjang dapat menimbulkan kerugian pada buah akibat residu bahan kimia dan resistensi patogen. Sehingga diperlukan alternatif pengendalian penyakit ini dengan bahan yang ramah lingkungan. Aplikasi asap cair merupakan suatu alternatif pengendalian yang banyak dikaji dalam mengendalikan patogen ini.

Asap cair merupakan hasil kondensasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya (Hidayat dan Qamaruddin, 2015). Kandungan utama dari asap cair adalah senyawa fenol, karbonil, dan asam yang bermanfaat sebagai pengawet, antioksidan, dan biopestisida (Karima, 2014). Sinergi asam dan fenol berhasil membuat protein mengalami denaturasi sekaligus menghidrolisis lipid pada jamur, sehingga membran sitoplasma menjadi rusak dan permeabilitas terganggu (Aisyah dkk., 2013).

Tongkol jagung mengandung hemiselulosa 30,91%, alfa selulosa 26,81%, lignin 15,52%, karbon 39,80%, nitrogen 2,12%, dan kadar air 8,38% (Septiningrum 2011), dimana senyawa-senyawa tersebut yang dibutuhkan dalam pembuatan asap cair. Jagung sangat dibutuhkan oleh masyarakat sebagai bahan pangan dan juga pakan ternak sehingga kebutuhan jagung sangat tinggi dan juga sebanding dengan

tongkol jagung yang dihasilkannya juga tinggi. Hal ini menjadikan tongkol jagung berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan asap cair.

Kajian mengenai efektivitas asap cair dalam mengendalikan patogen penyebab penyakit telah banyak dilakukan pada beberapa patogen. Asap cair tempurung kelapa mampu menghambat pertumbuhan *Rhizopus stolonifer* pada konsentrasi 3% (Rahmat dkk., 2016). Penggunaan asap cair tongkol jagung pada konsentrasi 2,5 hingga 4% menunjukkan adanya sifat *antifeedant* yang memadai terhadap larva *Spodoptera litura* (Rahmat dkk., 2018). Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa asap cair dapat berpotensi sebagai fungisida nabati dalam mengendalikan patogen penyebab penyakit, salah satunya yang disebabkan oleh jamur *Rhizopus stolonifer*.

2.3 Hipotesis

Berdasarkan kerangka berpikir di atas, maka dapat digunakan hipotesis sebagai berikut:

- a. Asap cair tongkol jagung memiliki efek terhadap patogen penyakit busuk hitam (*Rhizopus stolonifer*).
- b. Diketahui konsentrasi asap cair tongkol jagung yang paling efektif sebagai antijamur terhadap patogen penyakit busuk hitam (*Rhizopus stolonifer*) secara *in vitro*.
- c. Asap cair tongkol jagung yang ditentukan mampu menghambat pertumbuhan patogen penyakit busuk hitam (*Rhizopus stolonifer*) pada buah pepaya.