

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA PEMIKIRAN, DAN HIPOTESIS

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Stroberi

Stroberi merupakan buah yang termasuk jenis tanaman hortikultura dengan daya tarik yang terletak pada warna, bentuk, aroma, dan rasa yang khas. Stroberi merupakan tanaman tahunan berbentuk semak yang berasal dari daerah subtropis tepatnya di kawasan pegunungan Chili. Umumnya stroberi yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia merupakan stroberi yang berasal dari hasil persilangan antara *Fragaria virginiana* L. var *Duschene* dari Amerika Utara dengan *Fragaria chiloensis* L. var *Duschene* dari pegunungan Chili. Adapun klasifikasi tanaman stroberi menurut National Plant Data Center of North America (2011), yaitu sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Subkingdom : Tracheobionta
Infrakingdom : Streptophyta
Superdivisi : Spermatophyta
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Superordo : Rosanae
Ordo : Rosales
Famili : Rosaceae
Genus : *Fragaria*
Spesies : *Fragaria x ananassa*

Stroberi merupakan buah berkulit merah dan memiliki bintik-bintik putih (biji) di permukaan kulitnya. Stroberi umumnya berdaging buah lembek dan mengandung banyak vitamin C. Selain mengandung vitamin C, stroberi juga mengandung asam folat, kalium, mangan, riboflavin, asam lemak omega-3, vitamin K, B5, dan B6 (Harianingsih, 2010). Stroberi tergolong buah yang sifatnya mudah rusak (*perishable*) karena stroberi juga mengandung kadar air yang tinggi hingga

mencapai 92%. Daya simpan buah stroberi juga relatif rendah yaitu hanya mampu bertahan 2 hari pascapanen jika disimpan pada suhu kamar (Monica, 2017).

Stroberi merupakan buah berjenis akar tunggang (*radix primaria*) yang memanjang dan berukuran besar. Struktur akar buah stroberi yaitu terdiri dari pangkal akar (*collum*), batang (*corpus*), ujung akar (*apeks*), bulu akar (*pilus radicalis*), dan tudung akar (*callyptras*). Panjang akar stroberi dapat mencapai 100 cm tetapi hanya dapat menembus tanah sedalam 15 hingga 45 cm mengikuti jenis dan struktur tanah (Harianingsih, 2010).

Tanaman stroberi memiliki batang yang beruas pendek dan berbuku-buku, bertekstur lunak juga tidak berkayu. Batang tanaman stroberi banyak mengandung air dan tertutup oleh pelepah daun. Tiap buku batang tertutup oleh sisi daun yang memiliki kuncup (*gemma*). Kuncup ini dapat tumbuh dan memanjang serta menghasilkan anakan tanaman baru. Daun tanaman stroberi berbentuk tepi bergigi dan berjenis daun trifoliat (bersusun tiga), berwarna hijau, dan berstruktur tipis. Daun tanaman stroberi ini aktif saat masa vegetatif (8 hingga 12 hari) untuk membentuk daun baru dan bertahan 1 hingga 3 bulan hingga kering (Rohmayanti, 2013). Bunga tanaman stroberi memiliki 5 buah kelopak bunga (*sepal*), 5 buah mahkota (*petal*), dan 20 hingga 35 stamen dan putik yang menempel pada *receptacle* (dasar bunga).

Buah stroberi berwarna hijau ketika berumur muda dan menjadi berwarna merah ketika sudah masak. Stroberi mengandung pigmen alami yang kaya akan polifenol yaitu antosianin sehingga buah stroberi berwarna merah saat masak (Francesca, 2012). Buah stroberi juga merupakan bukan non-klimaterik artinya buah ini hanya dapat dipanen saat sudah masak. Buah tanaman stroberi tergolong buah semu yang berasal dari jaringan bawah bunga yang kemudian berubah menjadi daging buah.

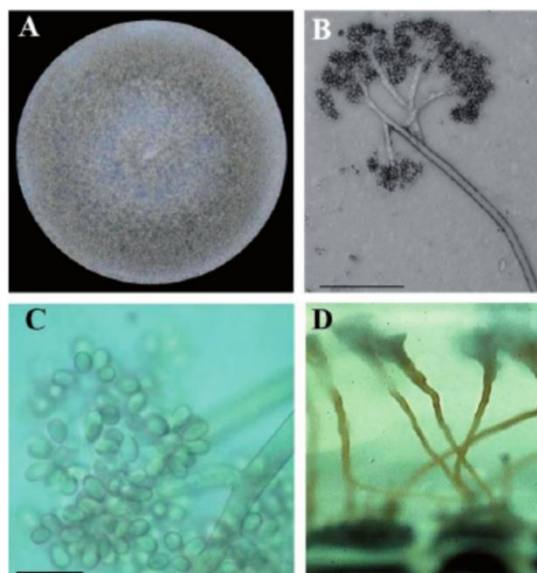
Buah stroberi sejati merupakan biji-biji kecil yang mengelilingi atau menempel pada permukaan kulit buah stroberi atau dinamakan *achene*. Biji berukuran kecil tersebut berjumlah 200 hingga 300 butir di setiap 1 buah stroberi. Buah stroberi memiliki bentuk yang beragam dan ditentukan oleh sifat genetiknya. Menurut Budiman dan Saraswati, (2008) menyatakan bahwa pada umumnya ada 8

bentuk buah stroberi, yaitu *oblate*, *globose*, *globose conic*, *conic*, *long conic*, *necked long*, *long wedge*, dan *short wedge*.

2.1.2 Patogen *Botrytis cinerea* penyebab busuk kapang kelabu

Botrytis cinerea merupakan patogen penyebab busuk kapang kelabu yang dapat menyebabkan kehilangan hasil pada buah stroberi pascapanen hingga 50% dalam kondisi lingkungan yang optimal (Vorotnikova, 2012). Patogen ini merupakan jenis patogen pra-panen dan pascapanen yang menyebabkan busuk kapang berwarna abu-abu (Romanazzai *et al*, 2016). Patogen ini juga dianggap sebagai patogen paling penting kedua di dunia dan termasuk 10 besar patogen paling berpengaruh pada kondisi ekonomi (Dean *et al*, 2012).

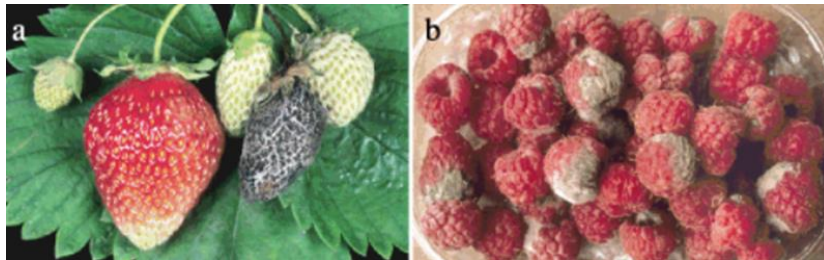
Botrytis cinerea merupakan patogen yang bersifat kosmopolit (Elad *et al*, 2016). Patogen ini memiliki waktu saat menginfeksi buah mentah yang tahan dan menghentikan pertumbuhannya untuk waktu yang lama sehingga gejala penyakit akan muncul setelah periode masak atau pada saat pascapanen tiba (Romanazzi *et al*, 2016). *Botrytis cinerea* menginfeksi daun, batang, bunga, dan buah sehingga menyebabkan kematian bunga, defoliiasi, penurunan nilai pasar, lesi batang, hingga kematian tanaman (Borges *et al*, 2014).



Gambar 1. *Botrytis cinerea* (Sumber : Latorre *et al*, 2015)

Keterangan : (a) Morfologi koloni dalam media agar, (b) Konidiofor, bar = 100 µm, (c) Konidia, bar = 100 µm, (d) Apothecia dari *Botrytis cinerea*

Pertumbuhan jamur *Botrytis cinerea* dapat terjadi di berbagai medium penularan, seperti air siraman, angin, dan percikan hujan. Konidiofor jamur *Botrytis cinerea* terdapat di sepanjang cabang dikotomi ujung. Menurut (Martoredjo, 2015). Konidium *Botrytis cinerea* memiliki ciri tidak berwarna, berbentuk lonjong, bersel tunggal, dan berukuran di antara 9,7-11,1 x 7,3-8,0 mikrometer. Jamur *Botrytis cinerea* bertahan hidup sebagai saprofit dan berkoloni pada bunga, daun kering, atau jaringan yang tidak hidup pada tanaman lain (Romanazzi *et al*, 2016). Konidium dapat berkecambah pada suhu sekitar 18° hingga 23°C dan dapat berepidemi pada kondisi yang lembap dan dingin. Kelembapan yang melebihi nilai 80% dapat mempercepat pertumbuhan konidia.



Gambar 2. Gejala busuk kelabu pada buah (Sumber : Williamson *et al*, 2007)
Keterangan : (a) Busuk kelabu pada buah stroberi, (b) Busuk kelabu pada buah rasberi

Gejala serangan patogen *Botrytis cinerea* yang tampak pada buah stroberi yaitu adanya area gelap dan jaringannya lebih lunak daripada bagian lainnya. Kemudian tempat terjadinya infeksi dapat menjadi tempat berkembangnya sporulasi berwarna putih hingga ke abu-abuan. Serangan *Botrytis cinerea* dapat menyebabkan buah di sekitarnya menjadi busuk dan menyebabkan kerusakan yang luas hingga pembusukan di seluruh bagian kelompok buah (Romanazzi *et al*, 2016). Selama proses pematangan buah, kapang berubah menjadi *necrotoph* sehingga menyebabkan pembusukan yang khas dan pelunakan pada struktur epidermis buah (Romero *et al*, 2019).

Menurut (Komalaningrat *et al*, 2018) menyatakan bahwa gejala serangan jamur *Botrytis cinerea* terlihat melalui bercak kecil yang kemudian meluas menjadi busuk basah atau busuk kering baik disertai atau tidaknya pertumbuhan koloni. Kapang ini mulai menyerang jaringan yang terletak di bawah permukaan buah sehingga menyebabkan lepasnya kulit dari daging buah. Bagian buah yang

terserang menjadi berwarna kecokelatan. Kapang yang berhasil masuk ke dalam buah menjadi penyebab buah busuk, lunak, dan berair. Buah menjadi berkeriput dan berwarna cokelat tua. Pada cuaca lembap kapang akan membentuk spora di permukaan buah dimana kapang terlihat berwarna kelabu yang bertepung (Semangun, 2007).

Jamur *Botrytis cinerea* akan berkembang pada saat periode masak. Buah yang terletak di tengah rangkaian buah yang bergerombol (dompokan) dapat pecah karena terimpit dan infeksi *Botrytis cinerea* dapat terjadi melalui celah pecahan. Melalui buah yang mengalami pelukaan tersebut buah lainnya yang ada pada satu gerombol dalam pengangkutan dan penyimpanan akan ikut terinfeksi karena jamur *Botrytis cinerea* akan berkembang melalui kontakompokan keompokan lainnya. Menurut (Williamson *et al*, 2007) *Botrytis cinerea* memproduksi enzim yang mampu merusak dinding sel, racun, dan senyawa seperti asam oksalat yang memiliki berat molekul rendah yang mendukung proses infeksi tanaman inang.

2.1.3 Cangkang kelapa muda

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) merupakan salah satu komoditas yang memiliki peran strategis baik bagi sosial, budaya, maupun ekonomi. Seluruh bagian tubuh buah kelapa mudah untuk dimanfaatkan oleh manusia mulai dari bunga, batang, pelepah, daun, buah, dan akar sehingga disebut juga tumbuhan yang serba guna (Pratiwi dan Sutara, 2013). Kelapa merupakan tumbuhan palma yang biasa hidup di pantai dengan ciri khas pohon yang tinggi dan jumlahnya banyak tersebar di seluruh daerah tropis (Soekardi, 2012).

Menurut Anugrah (2011) mengatakan bahwa buah kelapa terdiri dari 3 jenis dan setiap jenis memiliki kandungan lemak, kalori, dan vitamin yang beda. Ketiga jenis kelapa itu yaitu kelapa muda dengan lemak 0,9 g dan kalori 68 kal, kelapa setengah tua dengan lemak 15 g dan kalori 180 kal, dan kelapa tua dengan lemak 34,7 g dan kalori 359 kal (Khomsan, 2009). Buah kelapa berbentuk bulat terdiri dari 35% sabut (eksokarp dan mesokarp), 12% tempurung (endokarp), 28% daging buah kelapa (endosperm), dan 25% air. Bagian terluar kelapa baik kelapa muda

maupun kelapa tua secara kimiawi mengandung komponen yang mirip dengan kayu yaitu terdiri atas senyawa lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Yunus, 2011).

Kulit kelapa muda cenderung mengandung kadar air yang lebih tinggi dan lunak daripada kelapa tua. Kulit paling luar kelapa muda berfungsi untuk menyelimuti daging buah kelapa. Serabut kelapa muda merupakan salah satu bagian kulit kelapa yang berbentuk serat dan serbuk. Sedangkan tempurung kelapa muda merupakan bagian kelapa muda yang berfungsi untuk melindungi daging buah kelapa. Tempurung kelapa muda termasuk salah satu jenis kayu keras yang tersusun atas komponen lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Sifat keras pada tempurung kelapa muda disebabkan oleh kandungan silikat yang melimpah (Pugersari dkk, 2013).

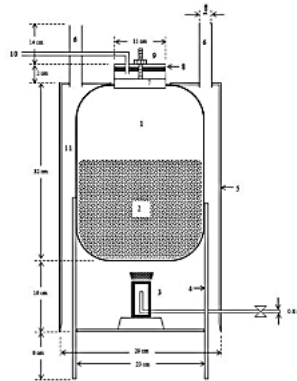
2.1.4 Asap cair

Asap cair merupakan produk hasil pengembunan uap dari rangkaian proses pembakaran bahan-bahan yang mengandung senyawa karbon, lignin, selulosa, dan hemiselulosa baik secara langsung maupun tidak langsung (Yunus, 2011). Bahan dasar yang digunakan dalam pembuatan asap cair berasal dari bahan kayu dengan kandungan lignin 25%, selulosa 50%, dan hemiselulosa 25% (Lingbeck *et al*, 2014). Kandungan tersebut akan menghasilkan senyawa asam, fenol, karbonil, dan senyawa lainnya jika dilakukan melalui proses pirolisis. Menurut (Collard dan Blin, 2014) asap cair diperoleh melalui dua tahapan, yaitu pirolisis dan distilasi. Pirolisis merupakan proses pembakaran suatu zat dengan atau tidak adanya oksigen hingga terjadi penguraian komponen penyusun bahan kayu keras, proses ini dapat dilakukan optimal pada suhu maksimal hingga 500°C. Sedangkan distilasi merupakan proses pemisahan larutan menggunakan energi panas sebagai pemisah (*separating agent*) (Balikan *et al*, 2021).

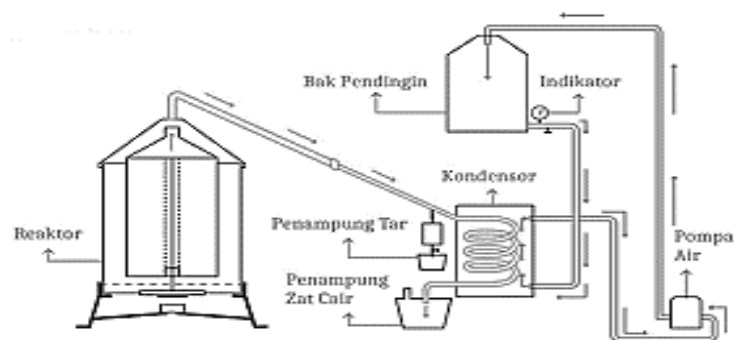
Proses pirolisis pada bahan yang mengandung lignin akan menghasilkan senyawa piragol, tar, dan metil ester. Sedangkan bahan yang mengandung selulosa jika dilakukan proses pirolisis akan menghasilkan senyawa asam asetat, furan, dan fenol. Menurut (Jamilatun dkk, 2015) asap cair mengandung tiga senyawa utama yaitu fenol, karbonil, dan asam asetat. Proses pirolisis komponen selulosa terjadi

pada suhu 180-350°C sedangkan pada lignin terjadi pada suhu 300 hingga 500°C (Lingbeck *et al*, 2014).

Asap cair memiliki prospek pengaplikasian yang luas utamanya di bidang industri makanan sebagai pengawet, di bidang industri kesehatan, dan di bidang pertanian sebagai pupuk tanaman, bio-insektisida, pestisida, desinfektan herbisida, dan lain sebagainya yang dinilai lebih unggul daripada penggunaan bahan kimia sintetik. Di bidang pertanian pada pengaplikasian asap cair sebagai bio-pestisida, asap cair dapat memperpanjang umur simpan produk hasil pertanian melalui pencegahan kerusakan secara patologis (Balikan *et al*, 2021).



Gambar 3. Reaktor pirolisis (Sumber : Rahmat dkk, 2014)



Gambar 4. Skema alur pirolisis (Sumber : Mokhtar dkk, 2018)

Senyawa dalam asap cair yang berperan aktif dalam menghambat pertumbuhan jamur (anti-jamur) yaitu senyawa fenol dan asam. Senyawa fenol dapat menghambat proses sintesis asam amino dan fenilalanin amonialase sehingga respirasi sel terganggu dan pertumbuhan jamur akan terhambat (Aisyah *et al*, 2013).

Senyawa fenol juga mampu mencegah perkecambahan konidia pada jamur hingga 80% (Xu *et al*, 2018).

2.2 Kerangka pemikiran

Stroberi merupakan salah satu jenis buah non klimaterik yang mengandung senyawa anti inflamasi dan diperkaya dengan kandungan vitamin C, serat, dan senyawa anti oksidan (Giampieri, 2012). Buah stroberi juga merupakan buah yang mengandung kadar air yang tinggi yaitu sekitar 92% (Health Matters Program, 2011). Hal tersebut menyebabkan buah stroberi rentan mengalami penurunan kualitas dan sifatnya mudah rusak (*perishable*) sehingga stroberi memiliki masa penyimpanan yang relatif rendah (Hajji *et al*, 2022). Sifat buah stroberi yang mudah rusak juga mengakibatkan buah ini rentan mengalami infeksi patogen. Menurut Sallato *et al*, (2007) infeksi patogen dapat terjadi melalui kondisi lingkungan yang optimal, pelukaan pada permukaan buah juga mengakibatkan infeksi menyebar lebih cepat terjadi karena kapang dapat mengambil nutrisi secara langsung dari cairan sel yang keluar.

Busuk kapang kelabu merupakan salah satu penyakit pascapanen yang menyerang buah stroberi melalui infeksi jamur patogen *Botrytis cinerea*. Menurut (Dean *et al*, 2012) *Botrytis cinerea* merupakan jamur yang dapat menginfeksi lebih dari 200 jenis tanaman dan termasuk ke dalam top 10 jamur patogen yang paling menyerang tanaman sehingga mempengaruhi nilai produk hasil pertanian. Beberapa usaha pengendalian terhadap serangan patogen *Botrytis cinerea* telah dilakukan dengan tujuan agar dapat menurunkan tingkat serangan patogen pada periode pascapanen.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan agen hayati dengan memadukan komponen PHT (Pengendalian Hama Terpadu). Namun usaha tersebut sulit untuk dikuasai masyarakat lapang karena sering mengalami kendala seperti musuh alami perlu lingkungan yang sesuai, memerlukan biaya yang besar, dan tidak dapat memusnahkan dan bukan penentu karena memerlukan patogen residu (Herlinda dan Chandra, 2015). Hal tersebut menyebabkan para petani dan pelaku produksi mengendalikan patogen ini menggunakan fungisida

sintetis yang menyebabkan efek samping, residu bahan kimia, dan resistensi patogen. Diperlukan alternatif solusi untuk mengendalikan patogen *Botrytis cinerea* yang ramah lingkungan, efektif dan efisien, serta tidak menimbulkan residu.

Senyawa anti fungi dapat menjadi alternatif solusi sebagai fungisida nabati dalam upaya mengendalikan patogen *Botrytis cinerea* pada buah stroberi. Senyawa anti fungi dapat diperoleh melalui rangkaian proses ekstraksi pirolisis bahan yang mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa yang kemudian menghasilkan suatu zat yang disebut asap cair (Hidayat dan Qomaruddin, 2015). Asap cair merupakan suatu zat hasil pembakaran langsung maupun tidak langsung yang menghasilkan cairan terkondensasi melalui proses pirolisis (Baimark dan Niamsa, 2009). Cairan tersebut merupakan asap cair yang mengandung beberapa asam organik dan fenol (Choi *et al*, 2012). Menurut Aisyah *et al*, (2013) menyatakan bahwa senyawa asam dan fenol mampu bersinergi untuk mendenaturasi protein dan menghidrolisis lipid pada jamur sehingga permeabilitas sel terganggu dan sitoplasma sel rusak. Rangkaian proses ini mampu mengganggu penyerapan nutrisi oleh patogen dari sel inang sehingga berdampak pada proses biologis dan fisiologis.

Penggunaan cangkang kelapa muda dapat menjadi sumber bahan utama pembuatan asap cair. Potensi cangkang kayu di Indonesia salah satunya cangkang kelapa muda sangat tinggi namun pemanfaatannya belum banyak dilakukan dan hanya dimanfaatkan dalam skala kecil saja (Simangunsong *et al*, 2017). Cangkang kelapa muda merupakan salah satu biomassa lignoselulosa yang dapat dikonversi menjadi komponen senyawa kimia yang potensial, salah satunya asap cair (Luo *et al*, 2016). Kandungan senyawa utama dalam cangkang kelapa muda yaitu selulosa (34%), hemiselulosa (21%) dan lignin (27%) sedangkan komposisi unsur terdiri atas karbon (Tamado dkk, 2013). Cangkang kelapa muda kemudian diproses melalui proses karbonisasi dan pirolisis (Wu *et al*, 2015) tanpa oksigen dengan suhu yang relatif tinggi (Oramahi dan Diba, 2014).

Penggunaan asap cair sebagai senyawa yang mampu mengendalikan penyakit pada tanaman di beberapa penelitian telah dilakukan. Pada penelitian yang dilakukan oleh Aisyah *et al*, (2013) menyatakan bahwa asap cair 1% dan 5%

mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* pada tanaman ketimun hingga 100%. Pada penelitian Yunita *et al*, (2018) menyatakan bahwa penggunaan asap cair tempurung kelapa 5% dan 10% mampu menghambat aktivitas hidup cendawan *Phytophthora palmivora* pada buah kakao.

Penelitian yang dilakukan oleh Rahmat *et al*, (2016) menunjukkan bahwa asap cair tempurung kelapa 6% mampu menekan pertumbuhan cendawan *Rhizopus stolonifer* pada buah stroberi. Pada penelitian Hartati *et al*, (2013) menunjukkan bahwa penggunaan asap cair pinus 6% mampu menekan pertumbuhan patogen *Colletotricum capsici* pada pertanaman cabai. Pada penelitian Prasetyo, (2011) penggunaan asap cair dengan konsentrasi 15% mampu mengendalikan penyakit rebah semai akibat patogen *Sclerotium rolfsii* pada tanaman kedelai. Pada penelitian yang dilakukan oleh Habibi dkk, (2017) penggunaan asap cair 30% mampu menekan pertumbuhan jamur *aspergillus* sp. secara *in vitro*.

2.3 Hipotesis

Berdasarkan uraian dan kerangka berpikir di atas, diperoleh hipotesis penelitian sebagai berikut:

- 1) Asap cair cangkang kelapa muda efektif menghambat pertumbuhan patogen *Botrytis cinerea* pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*).
- 2) Diketahui konsentrasi asap cair yang paling efektif dalam menghambat pertumbuhan patogen *Botrytis cinerea* pada buah stroberi (*Fragaria x ananassa*).