

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Edible Coating*

Khazanah Islam membagi dua kategori ilmu pengetahuan, yaitu ilmu agama dan ilmu umum. Keduanya berperan penting dalam kehidupan manusia. Ilmu dapat pula diartikan sebagai hikmah. Rahardjo (2002), mengartikan kata hikmah sebagai pengetahuan tertinggi. Dalam al-Quran sendiri kata hikmah berkaitan dengan hasil pemikiran dan suatu karunia Allah SWT yang diberikan kepada hambaNya. Sebagaimana tercermin dalam al-Quran surat al-Baqarah (2):269:

يُؤْتِي الْحِكْمَةَ مَنْ يَشَاءُ ۚ وَمَنْ يُؤْتَ الْحِكْمَةَ فَقَدْ أُوتِيَ خَيْرًا كَثِيرًا ۗ وَمَا يَذَّكَّرُ إِلَّا أُولُو الْأَلْبَابِ ﴿٢٦٩﴾

Allah SWT menganugerahkan al-Hikmah (kefahaman yang dalam tentang al-Qur'an dan as-Sunnah) kepada siapa yang Dia kehendaki. Dan barangsiapa yang dianugerahi al-Hikmah, dia benar-benar telah dianugerahi karunia yang banyak. Dan hanya orang-orang yang berakallah SWT yang dapat mengambil pelajaran (dari firman Allah SWT).

Berdasarkan ayat di atas dijelaskan bahwa Allah SWT akan memberikan hikmah kepada siapa yang dikehendaki kebaikan kepadanya. Hikmah dapat diartikan sebagai ilmu yang bermanfaat, pemikiran yang matang dan akal yang terus menerus. Inilah sebaik-sebaik karunia Allah SWT kepada hambaNya. Dari ayat di atas diperoleh pula definisi *ulul albab*. Menurut kamus bahasa Arab kata اولوا atau اولى berarti 'yang mempunyai' atau 'yang memiliki'. Sedangkan kata الالباب berarti 'inti sari' atau 'bagian penting

dari sesuatu' (Wassil, 2002). Istilah *ulul albab* dapat diartikan sebagai orang-orang yang berakal dan memiliki pemikiran. Menurut Rahardjo (2002), *ulul albab* merupakan orang yang melakukan pemikiran secara berulang-ulang dan terus-menerus, hingga akhirnya bisa meraih pengetahuan tertinggi atau hikmah. Adanya hikmah akan membangun kemajuan di dunia, dalam bidang apapun. Salah satu contoh hasil pemikiran yang bermanfaat dalam bidang pengawetan adalah teknik *edible coating*.

Edible coating adalah lapisan tipis kontinyu yang terbuat dari bahan yang bisa dimakan, yang digunakan di atas atau diantara produk pangan, berfungsi sebagai penahan (*barrier*) perpindahan masa (uap air, O₂, CO₂) (Krochta, 1994). Aplikasi *edible coating* digunakan pada buah-buahan dan sayuran untuk mengurangi terjadinya kehilangan kelembaban, memperbaiki penampilan, berperan sebagai *barrier* yang baik (bersifat selektif permeabel) untuk pertukaran gas dari produk ke lingkungan atau sebaliknya, serta memiliki fungsi sebagai antifungal dan antimikroba. Selain untuk memperpanjang umur simpan, *film* atau selaput banyak digunakan karena tidak membahayakan kesehatan manusia, dapat dimakan serta mudah diuraikan alam (*biodegradable*).

Menurut Krochta *et al.*, (1994), tidak ada perbedaan yang jelas antara *edible film* dan *edible coating*. Biasanya *edible coating* langsung digunakan dan dibentuk diatas permukaan produk, sedangkan *edible film* dibentuk secara terpisah (contoh: kantong tipis) baru digunakan untuk membungkus produk.

Komponen yang dapat digunakan untuk pembuatan pelapis *edible* dapat terdiri dari tiga kategori yaitu hidrokoloid, lipid dan kombinasinya (komposit). Hidrokoloid terdiri atas protein, turunan selulosa, alginat, pektin, tepung (*starch*) dan polisakarida lainnya, sedangkan dari golongan lipid antara lain lilin (*waxes*), gliserol dan asam lemak (Donhowe dan Fennema, 1994). Berdasarkan komposisinya, hidrokoloid terbagi atas karbohidrat dan protein. Karbohidrat terdiri dari tepung (*starch*), gum tumbuhan (alginat, pektin, gum Arab) dan pati termodifikasi. Pada umumnya *edible coating* dari polisakarida mempunyai sifat penghambatan terhadap gas yang lebih baik daripada terhadap uap air (Baldwin *et al.*, 2012).

Fungsi dari *edible coating* menurut Nisperos-Carriedo *et al.*, (1994), adalah membantu mempertahankan integritas struktural dan mencegah hilangnya senyawa-senyawa volatil penyebab aroma khas pada bahan pangan tertentu. Secara teoritis *edible coating* harus memiliki sifat dapat menahan kehilangan kelembapan produk, memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu, dapat mengendalikan perpindahan padatan terlarut untuk mempertahankan warna pigmen alami dan gizi, dan menjadi pembawa bahan aditif seperti pewarna pengawet dan penambah aroma yang memperbaiki mutu pangan.

Menurut Donhowe dan Fennema (1994), metode untuk aplikasi *coating* pada buah dan sayuran terdiri dari beberapa cara: yakni metode pencelupan (*dipping*), pembusaan, penyemprotan (*spraying*), penuangan

(*casting*), dan aplikasi penetasan terkontrol. Metode *dipping* merupakan metode yang paling banyak digunakan terutama untuk sayuran, buah, daging, dan ikan, dimana melalui metode ini produk akan dicelupkan kedalam larutan yang digunakan sebagai bahan *coating*.

2.2 Edible Coating Berbasis Polisakarida

Polisakarida larut air merupakan senyawa polimer berantai panjang yang dilarutkan ke dalam air, dengan tujuan untuk mendapatkan viskositas larutan yang cukup kental (Baldwin *et al.*, 2012). Komponen-komponen inilah yang akan berperan untuk mendapatkan kekerasan, kerenyahan, kepadatan, kualitas ketebalan, viskositas, adhesivitas, dan kemampuan pembentukan gel. Selain itu, senyawa ini sangat ekonomis bila digunakan untuk industri karena mudah didapatkan dan tidak beracun (Krochta *et al.*, 1994).

Edible coating menggunakan bahan dasar polisakarida banyak digunakan terutama pada buah dan sayuran, karena memiliki kemampuan bertindak sebagai membran permeabel yang selektif terhadap pertukaran gas CO₂ dan O₂. Sifat inilah yang dapat memperpanjang umur simpan karena respirasi buah dan sayuran menjadi berkurang (Krochta *et al.*, 1994). Selain itu, polisakarida menghasilkan film dengan sifat mekanik yang baik. Pati ganyong (*Canna edulis Ker*) dan pati singkong (*Manihot esculenta*) merupakan salah satu contoh polisakarida. Oleh karena itu, pati ganyong (*Canna edulis Ker*) dan pati singkong (*Manihot esculenta*) berpotensi diaplikasikan dalam teknologi *edible coating*.

Bahan pembuatan *edible coating* selain menggunakan pati ganyong (*Canna edulis Ker*) dan pati singkong (*Manihot esculenta*), juga dapat menggunakan bahan pati lainnya. Hasil penelitian Gunawan (2009), menyatakan bahwa *edible coating* pati sagu dengan penambahan vitamin C untuk melapisi paprika mampu memperpanjang umur simpan paprika lebih lama dibandingkan tanpa pelapisan. Sedangkan Latifah (2009), menyatakan bahwa campuran *edible coating* pati ubi jalar putih dan tapioka untuk melapisi buah apel potong menunjukkan hasil optimum untuk menekan susut bobot buah apel potong.

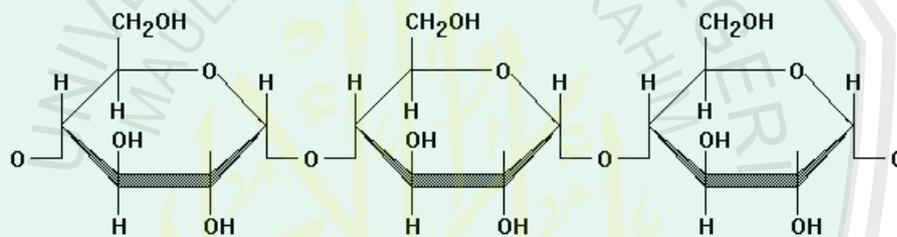
2.3 Tepung Pati

Pati terdapat banyak di alam, yaitu pada sebagian besar tumbuhan. Pati terdapat pada umbi, daun, batang dan biji-bijian. Umbi yang terdapat pada ubi jalar atau akar pada singkong (*Manihot esculenta*) mengandung pati yang cukup banyak, sehingga singkong (*Manihot esculenta*) tersebut selain dapat dijadikan sebagai makanan sumber karbohidrat juga digunakan sebagai bahan baku dalam pabrik tapioka (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006).

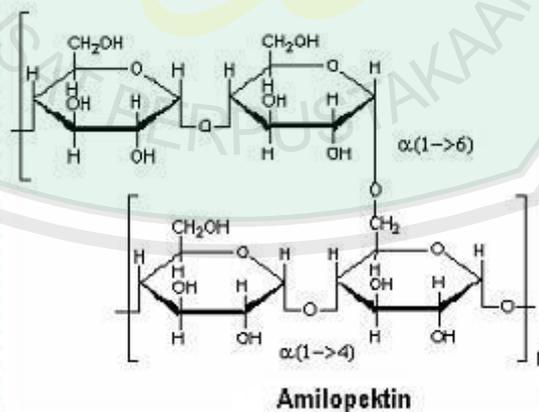
Pati terutama terdiri dari polimer D-glukopiranososa melalui ikatan α 1,4 dan α 1,6 glikosidik. Pada pembentukan ikatan tersebut, karbon 1 (C1) pada molekul glukopiranososa bereaksi dengan karbon nomor 4 (C4) atau nomor 6 (C6) dari molekul glukopiranososa yang berdekatan. Karena gugus aldehida dari satu rantai polimer pati tetap bebas, polimer pati selalu

mempunyai ujung pereduksi. Jumlah ujung pereduksi tergantung dari jumlah ikatan cabang yang ada dalam molekul pati (Estiasih, 2006).

Ada dua jenis polimer pati yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa pada dasarnya merupakan polimer linear, sedangkan amilopektin mempunyai banyak cabang dibandingkan amilosa. Perbedaan struktur kedua jenis polimer ini berpengaruh terhadap sifat fungsional pati (Estiasih, 2006). Struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2.1. Struktur Amilosa (Estiasih, 2006)



Gambar 2.2. Struktur Amilopektin (Estiasih, 2006).

Amilosa merupakan komponen pati yang mempunyai rantai lurus dan larut dalam air. Umumnya amilosa menyusun pati 17-21%, terdiri dari

satuan glukosa yang bergabung melalui ikatan α -1,4 D-glukosa (Belitz dan Grosch, 1999). Amilosa mempunyai kemampuan untuk membentuk gel setelah pati tergelatinisasi. Pembentukan gel terutama disebabkan oleh penggabungan kembali (*re-asosiasi*) dari pati terlarut setelah pemasakan dan terjadi secara cepat jika rantai pati merupakan rantai linear amilosa.

Amilopektin merupakan molekul paling dominan dalam pati. Polimer amilopektin bercabang yang terdiri dari ikatan α -1,4 dan ikatan α -1,6 pada percabangan. Pada granula pati amilopektin mempunyai keteraturan susunan. Sifat amilopektin berbeda dengan amilosa karena mempunyai banyak percabangan, seperti retrogradasi yang lambat dan pasta yang terbentuk tidak dapat membentuk gel tetapi bersifat lengket dan elastis (Estiasih, 2006).

Pembentukan *edible film* berbahan baku pati dimulai dari pecahnya granula dan diikuti keluarnya amilosa yang membentuk jaringan yang mengelilingi granula tersebut sehingga terjadi interaksi antara amilosa satu dengan amilosa lainnya dan antara amilosa dengan granula itu sendiri. Pada saat terjadi interaksi antar amilosa diduga struktur molekul amilosa satu dengan yang lain dalam keadaan homogen (terjadi pertemuan jembatan hidrogen pada amilosa satu dengan amilosa lain dan begitu juga halnya dengan jembatan fosfat). Interaksi molekul amilosa dan fosfat yang demikian menyebabkan matriks film akan terbentuk lebih rapat. Matriks *edible film* yang rapat sulit untuk ditembus oleh uap air (Santoso, 2011).

2.3.1 Pati Ganyong (*Canna edulis* Ker.)

Pati ganyong (*Canna edulis* Ker.) merupakan hasil ekstraksi umbi ganyong (*Canna edulis* Ker.) dengan cara mengekstrak pati dengan bantuan air sebagai perantaranya. Kadar pati pada umbi ganyong (*Canna edulis* Ker.) sebesar 90% sedangkan kadar gulanya 10% sehingga umbi ganyong (*Canna edulis* Ker.) rasanya tidak terlalu manis (Subandi, 2003). Kadar karbohidrat umbi ganyong (*Canna edulis* Ker.) berkisar antara 22,6-24,6%,

Pati ganyong (*Canna edulis* Ker.) tersusun atas dua fraksi penting yaitu amilosa yang merupakan fraksi linear dan amilopektin yang merupakan fraksi cabang. Menurut Richana dan Sunarti (2004), kandungan amilosa pati ganyong (*Canna edulis* Ker.) adalah 18,9% dan kandungan amilopektin pati ganyong (*Canna edulis* Ker.) adalah 81,1%. Rasio amilosa dan amilopektin akan mempengaruhi sifat-sifat pati. Apabila kadar amilosa tinggi maka pati bersifat kering, kurang lekat, dan menyerap air lebih banyak.

Sifat-sifat pati ganyong (*Canna edulis* Ker.) yaitu secara visual pati ganyong (*Canna edulis* Ker.) berwarna putih kecoklatan dengan derajat putih sekitar 62,93%, granula pati berbentuk lonjong dengan ukuran tidak seragam, diameternya berkisar antara 40 -140 μm . Tingkat umbi, suhu dan lama penyimpanan umbi tidak mempengaruhi jumlah rendemen, kadar air dan kadar pati dari pati ganyong (*Canna edulis* Ker.)



(Sudarmadji, 1997). Gambar granula pati ganyong dapat dilihat pada gambar 2.1.

Gambar 2.3. Granula Pati ganyong (*Canna edulis* Ker.)
(Richana dan Sunarti, 2004)

2.3.2 Pati Singkong (*Manihot esculenta*)

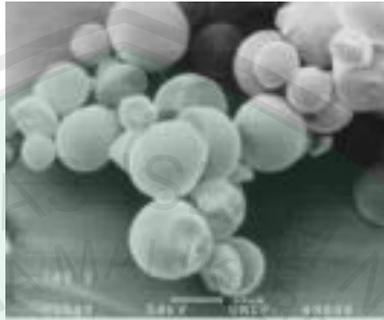
Pati merupakan karbohidrat yang tersebar dalam tanaman terutama tanaman berklorofil. Bagi tanaman, pati merupakan cadangan makanan yang terdapat pada biji, batang dan pada bagian umbi tanaman. Banyaknya kandungan pati pada tanaman tergantung pada asal pati tersebut, misalnya pati yang berasal dari umbi singkong (*Manihot esculenta*) mengandung pati 80% (Winarno *et al.*, 1980).

Stuktur fisik dan kimia pati dalam granula dapat berpengaruh terhadap sifatnya dalam makanan. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas yaitu fraksi amilosa (fraksi terlarut) dan amilopektin (fraksi tidak terlarut). Pati singkong (*Manihot esculenta*) mengandung 17% amilosa dan 83% amilopektin (Feryanto, 2007).

Menurut Sudarmadji (1997), ukuran granula pati singkong (*Manihot esculenta*) 4-35 μm , berbentuk oval, kerucut dengan bagian atas terpotong, dan seperti kettle drum. Suhu gelatinisasi pada 62-73°C, sedangkan suhu pembentukan pasta pada 63 °C. Gambar granula pati singkong dapat dilihat pada gambar 2.2.

Perbandingan amilosa dan amilopektin akan mempengaruhi sifat kelarutan dan derajat gelatinisasi pati. Semakin kecil kandungan amilosa

atau semakin tinggi kandungan amilopektinnya, maka pati cenderung menyerap air lebih banyak (Fenneme, 1996).



Gambar 2.4. Granula Pati Singkong (*Manihot esculenta*) (Budiman, 2009).

2.4 Bahan - bahan *Edible Coating*

2.4.1 *Plasticizer*

Plasticizer didefinisikan sebagai substansi non-volatil, memiliki titik didih yang tinggi, dan jika ditambahkan ke dalam suatu materi dapat mengubah sifat fisik atau sifat mekanik materi tersebut (Sudaryati *et al.*, 2010). *Plastizier* ditambahkan pada pembuatan *edible coating* untuk mengurangi kerapuhan, meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan film terutama jika disimpan pada suhu rendah.

Gliserol merupakan senyawa yang memiliki tiga gugus hidroksil dalam satu molekul (alkohol trivalen). Rumus kimianya adalah $C_3H_8O_3$, berat molekul 92.10, masa jenisnya 1.23 gr/cm^3 dan titik didihnya 204°C . Gliserol mempunyai sifat mudah larut dalam air, meningkatka viskositas

larutan, mengikat air, bersifat hidrofilik dengan titik didih yang tinggi, polar dan non volatil (Fenneme, 1996).

2.4.2 CMC (*Carboxymethyl Cellulose*)

Carboxymethyl cellulose (CMC) banyak digunakan sebagai bahan penstabil pada makanan. CMC yang banyak dipakai pada industri makanan adalah garam Na *carboxy methyl cellulose*, atau disingkat CMC, yang dalam bentuk murninya disebut gum selulosa. (Winarno *et al.*, 1980).

CMC bersifat larut dalam air panas maupun air dingin, tetapi tidak larut dalam pelarut organik. CMC masih dapat larut dalam campuran air dan pelarut yang larut air seperti etanol dan aseton. CMC dapat bereaksi dengan gula, pati, dan hidrokoloid lainnya. CMC jarang digunakan sebagai bahan dasar tunggal dalam pembuatan *edible film*. Akan tetapi kemampuannya untuk membentuk film yang kuat dan tahan minyak sangat baik untuk diaplikasikan (Nisperos -Carriedo, 1994).

CMC banyak digunakan dalam formulasi *coating* untuk melapisi produk-produk segar maupun olahan. Beberapa fungsinya adalah untuk menjaga tekstur alami, kerenyahan dan kekerasan produk mengurangi penyerapan oksigen tanpa menyebabkan peningkatan kadar karbondioksida pada jaringan buah-buahan (Nisperos -Carriedo, 1994).

Penambahan CMC ke dalam pembentukan *film* dari pati bertujuan untuk memperbaiki penampakan, kekuatan, kekompakan, laju transmisi zat, serta mempercepat pembentukan matrik film. Tanpa penambahan CMC, pembentukan film dari pati memerlukan energi yang cukup besar dan waktu yang cukup lama, serta film yang dihasilkan kurang cerah, rapuh, dan kurang kompak. CMC akan berinteraksi dengan pati dan air melalui ikatan elektrostatik dan ikatan hidrogen membentuk kompleks elektrostatik yang lebih stabil (Santoso *et al.*, 2004).

2.4.3 Asam Askorbat

Asam askorbat (vitamin C) merupakan vitamin larut air. Vitamin ini dapat berbentuk sebagai asam L-askorbat dan asam L-dehidroaskorbat, dimana keduanya mempunyai keaktifan sebagai vitamin C. Asam askorbat bersifat sangat mudah teroksidasi secara reversibel menjadi asam L-dehidroaskorbat. Asam L-dehidroaskorbat secara kimia sangat labil dan dapat mengalami perubahan lebih lanjut menjadi asam L-diketogulonat yang tidak memiliki keaktifan vitamin C lagi (Belitz dan Grosch, 1999).

Fungsi asam askorbat dalam bahan pangan adalah sebagai penangkap oksigen sehingga mencegah proses oksidasi. Dalam *edible coating* vitamin C berperan dalam menangkap O₂ sehingga laju respirasi produk yang di *coating* berkurang (Fennema, 1996).

2.5 Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

2.5.1 Botani Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Allah SWT menjelaskan dalam firmanNya surat al-Anam ayat 141:

وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا أَكْثَرَهُ
وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ ۚ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَءَاتُوا
حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ ۗ وَلَا تُسْرِفُوا ۚ إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ ﴿١٤١﴾

Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebon yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila Dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah SWT tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan.

Allah SWT menjelaskan pada ayat tersebut bahwasannya Allah SWT menciptakan kebun-kebon yang berjunjung (merambat) dan tidak berjunjung (berdiri tegak). Pohon kurma, tanaman, dan buah-buahan yang bermacam-macam. Ketika tanaman tersebut berbuah, maka buahnya dapat dimakan, sebagai rizki dari Allah SWT, selain itu jangan lupa untuk mensedekahkan sebagian dari hasil buah itu.

Penjelasan dari ayat di atas adalah penciptaan kebun-kebon yang berjunjung dan tidak berjunjung. Tanaman berjunjung merupakan tanaman yang mampu berdiri tegak. Menurut Ibnu Abbas didalam tafsir Qurthubi, lafazd *مَعْرُوشَاتٍ* artinya tanaman yang tumbuh merambat di atas tanah (berjunjung), sedangkan *غَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ* artinya tanaman yang tumbuh tinggi dan berbatang (tidak berjunjung). Salah satu tanaman yang tidak berjunjung adalah tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.),

pohonnya tumbuh tinggi mencapai 0.5-2 meter. Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) juga menghasilkan buah yang dapat dimakan. Selain itu, tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lebih banyak dibudidayakan dalam kebun-kebun guna untuk diambil buahnya, karena buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) memiliki nilai manfaat yang tinggi bagi petani maupun konsumen buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

Secara sistematis, tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Dasuki, 1991):

Kingdom : Plantae
Divisio : Spermatophyta
Classis : Dycotiledone
Ordo : Tubiflorae
Familia : Solanaceae
Genus : Lycopersicon
Spesies : *Lycopersicon esculentum* Mill.

Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) memiliki akar tunggang, akar cabang, serta akar serabut yang berwarna keputih-putihan dan berbau khas. Perakaran tanaman tidak terlalu dalam, menyebarkan ke semua arah hingga kedalaman rata-rata 30-40 cm. Akar tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) berfungsi untuk menopang berdirinya tanaman serta menyerap air dan unsur hara dari dalam tanah. Oleh karena itu, tingkat kesuburan tanah di lapisan atas sangat berpengaruh terhadap

pertumbuhan tanaman dan produksi buah, serta benih tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yang dihasilkan (Rubatzky, 1999).

Batang tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) berbentuk bulat, bercabang mulai dari ketiak daun yang berada di dekat dengan tanah. Percabangan bagian bawah bertipe monopodial, batang pokok terlihat lebih besar daripada cabangnya. Percabangan dibagian atas tanaman bertipe simpodial, antara batang dan cabang kurang jelas perbedaannya, bahkan terkadang cabang tampak lebih besar dibandingkan dengan batangnya. Batang pokok tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ada yang dapat tumbuh terus hingga mencapai ketinggian 2-3 m, namun ada pula yang pertumbuhannya terhenti setelah muncul rangkaian bunga. Batang dan cabang tidak berkayu dan dibagian dalam batang hingga cabang terdapat empulur berwarna hijau keputih-putihan. Kulit batang berwarna hijau dan berbulu. Selagi masih muda batang tanaman mudah patah, namun setelah tua menjadi kuat tidak mudah patah (Pitojo, 2005).

Daun tanaman merupakan daun majemuk bersirip gasal, duduk daun teratur pada batang dan membentuk spiral dengan phylotaxy 2/5. Daun berwarna hijau, berukuran panjang antara 15-30 cm dan lebar antara 10-25 cm. tangkai daun berbentuk bulat, berukuran panjang antara 3-6 cm. jumlah sirip daun antara 7-9, terletak berhadapan atau bergantian. Sirip daun bergerigi tidak teratur. Sirip besar panjang sirip daun antara 5-10 cm dan berbentuk sedikit menggulung keatas. Daun tomat

(*Lycopersicon esculentum* Mill.) mengeluarkan bau yang khas ketika diremas (Pitojo, 2005).

Sistem perakaran tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) berupa akar tunggang dengan akar samping yang menjalar merata. Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) berbatang lunak, mudah patah dan berbulu halus pada waktu muda, setelah tua batangnya menjadi persegi dan hamper berkayu. Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) memiliki percabangan yang menyebar atau tegak dengan cabang - cabang berwarna hijau (Rubatzky, 1999).

Munculnya bunga tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tidak tergantung pada fotoperiod. Bunga tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) merupakan bunga majemuk, terletak dalam rangkaian bunga yang terdiri atas 4-14 kuntum bunga, menggantung pada rangkaian bunga. Kedudukan rangkaian bunga beragam, ada yang terletak di antara buku, pada ruas, ujung batang atau ujung cabang. Kelopak bunga berjumlah enam, berujung runcing dan berwarna hijau. Mahkota bunga berwarna enam, bagian pangkalnya membentuk tabung pendek berwarna kuning. Bunga tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) adalah bunga sempurna, memiliki benang sari, bakal buah, kepala putik dan tangkai putik. Benang sari terletak mengelilingi putik, berjumlah enam, bertangkai pendek, dan berwarna kuning cerah (Rubatzky, 1999).

Buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) adalah buah buni, selagi masih muda berwarna hijau dan berbulu serta relative keras, setelah

tua berwarna merah muda, merah atau kuning, cerah dan mengilat, serta relative lunak. Diameter buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) antara 2-15 cm. Pada buah masih terdapat tangkai bunga yang beralih fungsi menjadi tangkai kelopak buah. Buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sejak masih muda hingga menjadi masak fisiologis mengalami tiga periode pertumbuhan. Periode pertama mencakup perkembangan ovarium yang telah dibuahi hingga berat buah mencapai sekitar 10% dari berat buah maksimal. Periode ini berlangsung antara 2-3 minggu. Periode kedua mencakup perkembangan buah hingga berat buah mencapai maksimal. Periode ketiga mencakup proses pemasakan buah hingga terjadi perubahan warna dari hijau menjadi kuning (sekitar 2 minggu) dan akhirnya menjadi merah (3-5 minggu) (Pitojo, 2005).

2.5.2 Pemanenan Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dapat menghasilkan bunga dan menjadi buah mulai dari pangkal tanaman hingga pucuk tanaman selama masa pertumbuhan tanaman belum berhenti. Ada bagian buah yang sudah dapat dipanen, tetapi sementara itu tanaman masih menghasilkan bunga di bagian pucuk. Dengan demikian pemanenan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tidak dapat dilakukan sekaligus, tetapi harus dilakukan berkali-kali sesuai dengan kematangan buah (Cahyono, 1998).

Pemetikan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dapat dilakukan sampai 10 kali pemetikan karena masakannya buah tomat

(*Lycopersicon esculentum* Mill.) tidak bersamaan waktunya. Pemetikan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dapat dilakukan setiap selang 2-3 hari sekali sampai seluruh buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) habis dipetik (Cahyono, 1998).

Warna hijau pada buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yang belum matang merupakan warna dari klorofil hasil fotosintesis selama masa pematangan buah (Verma dan Joshi, 2000). Ketika memasuki tahap pematangan, tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) akan



<i>Green</i>	<i>Breakers</i>	<i>Turning</i>	<i>Pink</i>	<i>Light Red</i>	<i>Red</i>
Fase hijau	Fase masak hijau	Fase pecah warna	Fase matang		

memproduksi lebih banyak pigmen karoten dan xantofil sehingga warnanya lebih terlihat jingga seiring dengan semakin menurunnya kandungan klorofil. Warna buah akan semakin merah seiring dengan semakin matangnya buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tersebut, hal ini terjadi karena produksi komponen likopen yang juga semakin meningkat (Verma dan Joshi, 2000). Pengelompokan warna buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) berdasarkan tingkat kematangannya dapat dilihat pada Gambar 2.3 di bawah ini.

Gambar 2.5. Perbandingan Tingkat Kematangan Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Berdasarkan Warna (Kismaryani, 2007).

Menurut Cahyono (1998), mutu buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) dapat menjadi rendah apabila waktu pemanenan dilakukan secara tidak tepat. Pemanenan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yang terlambat sehingga buahnya sudah terlalu masak menyebabkan rasanya kurang enak, dan daya simpannya menjadi lebih pendek karena buah cepat membusuk. Sedangkan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yang dipanen terlalu awal menyebabkan kualitas buah kurang baik. Buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yang masih muda, rasanya tidak enak, ukuran buah belum optimal dan tidak disukai konsumen.

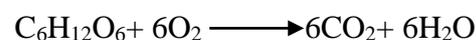
2.6 Fisiologi Pasca Panen Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Pemanenan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pada umumnya dilakukan saat tanaman berumur 70-100 hari setelah tanam. Waktu pemanenan ini juga ditentukan berdasarkan varietas, tujuan pemasaran, dan waktu pengangkutan. Setelah panen, tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lebih mudah mengalami kerusakan, baik secara fisik maupun kimia (Cahyono, 1998). Oleh karena itu, parameter-parameter yang mempengaruhi proses pemasakan buah selama penyimpanan dan pengangkutan setelah panen perlu diperhatikan untuk mempertahankan standar mutu buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) komersial siap konsumsi. Standar mutu buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) pasca-panen amat dipengaruhi oleh faktor

biologis dan faktor lingkungan selama proses pematangannya. Faktor biologis meliputi laju respirasi, produksi etilen, serta laju transpirasi (kehilangan air). Faktor lingkungan meliputi suhu, kelembaban, dan komposisi atmosfer sekitar.

Buah-buahan dan sayuran yang dipanen merupakan bentuk-bentuk benda hidup. Oleh karena itu, komposisi dan mutunya akan terus mengalami perubahan-perubahan, karena berlanjutnya kegiatan metabolisme setelah panen. Ketika masih terdapat pada tanaman hidup, kehilangan karena transpirasi dapat diganti oleh aliran cairan tanaman yang mengandung air, mineral-mineral dan bahan-bahan hasil fotosintesis. Sesudah panen dan tidak ada penggantian, maka kehilangan substrat dan air dapat diganti dan mulailah proses kemunduran (*deteriosasi*). Penurunan mutu melalui proses kemunduran atau proses penuaan (*senescence*) tidak pernah terjadi secara mengagetkan. Akan tetapi proses kemunduran membuat komoditi tersebut lebih peka terhadap serangan mikroorganismenya (Apandi, 1984).

Buah-buahan yang berada di pohon melangsungkan hidupnya dengan melakukan pernafasan (respirasi), namun setelah buah dipetik (panen), buah tersebut masih melangsungkan proses respirasi. Respirasi adalah proses biologis dimana oksigen diserap untuk digunakan pada proses pembakaran yang menghasilkan energi dan diikuti oleh pengeluaran sisa pembakaran dalam bentuk CO₂ dan air (Pantastico, 1986). Reaksi kimia sederhana untuk respirasi adalah sebagai berikut:



Kecepatan atau laju respirasi merupakan suatu indikator yang baik sekali mengenai kegiatan metabolisme dalam jaringan dan sebab itu merupakan suatu petunjuk yang sangat berguna dalam memperkirakan daya simpan komoditi tersebut. Respirasi yang tinggi biasanya disertai dengan ketahanan simpan yang pendek. Laju respirasi dapat diukur dengan penetapan O_2 yang diikat atau CO_2 yang dibebaskan (Soesanto, 2006).

Pola respirasi buah dibagi menjadi dua kelompok, yakni buah klimakterik dan buah non-klimakterik. Buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) termasuk buah dengan pola respirasi klimakterik, yaitu pola respirasi yang ditandai dengan terjadinya peningkatan laju respirasi dan produksi etilen secara cepat dan bersamaan selama proses pematangan. Menurut Winarno dan Aman (1981), laju respirasi rendah selama periode pra-klimakterik, lalu selama periode klimakterik laju respirasi akan meningkat dengan cepat hingga maksimum dan pematangan buah pun dimulai. Kemudian, laju respirasi akan turun kembali pada saat memasuki fase pasca klimakterik, proses sintesis terhenti, proses dekomposisi menjadi aktif, dan buah mulai mengalami pembusukan. Puncak respirasi klimakterik tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) terjadi pada tingkat merah jambu tua (Pantastico, 1986). Skema tahap-tahap klimakterik dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Skema Tahapan Klimakterik (Winarno dan Aman, 1981).

Buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) merupakan buah klimakterik yang menghasilkan etilen dalam jumlah besar selama pematangan. Etilen adalah hormon tanaman yang mengatur banyak aspek didalam pertumbuhan, pengembangan dan kematangan buah. Buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tidak menunjukkan kenaikan konsentrasi etilen yang tajam sebelum kematangan, namun bila pematangan dimulai maka buah memproduksi etilen dalam jumlah besar (Pantastico *et al.*, 1986).

Selama proses pematangan, buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) akan terjadi penurunan tingkat kekerasan buah atau menjadi lunak. Hal ini erat hubungannya dengan perubahan komposisi dinding sel selama proses pematangan. Dinding sel maupun lamela tengah mengandung zat pektin, yang selama proses pematangan zat pektin yang tidak larut dalam air akan diubah oleh enzim protopektinase menjadi zat pektin yang larut dalam air. Perubahan kekerasan ini tidak hanya berhubungan dengan perubahan komposisi dinding sel saja, tetapi juga ukuran sel maupun penurunan turgor (Pujimulyani, 2009).

Menurut Winarno dan Aman (1981), Penurunnya kekerasan pada buah yang disimpan disebabkan oleh terdegradasinya hemiselulosa dan pektin.

Pektin yang tidak dapat larut (protopektin) menurun jumlahnya, dan berubah menjadi asam pektat yang mudah larut dalam air. Menurut Pantastico (1986), perubahan pektin disebabkan oleh dua grup enzim, yaitu pektin metil esterase yang mengkatalisa deesterifikasi pektin, menghasilkan asam poligalakturonat bebas dan metanol, dan enzim poligalakturonase yang mengkatalisa pemecahan ikatan 1,4 - glikosidik dari molekul pektin.

Selama pematangan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) juga mengalami perubahan warna. Perubahan warna merupakan perubahan yang paling menonjol pada waktu pemasakan. Warna yang terdapat pada buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) disebabkan oleh pigmen yang dikandungnya. Pigmen tersebut terutama karoten, likopen, xantofil dan klorofil. Winarno dan Aman (1981) menyatakan bahwa pigmen utama pada buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) adalah karoten dan likopen.

Zat warna akan berubah selama pematangan atau penyimpanan. Menurut Matoo *et al.*, (1975) di dalam Pantastico (1986), tanda kematangan pertama pada kebanyakan buah adalah hilangnya warna hijau. Kandungan klorofil buah yang sedang masak lambat laun berkurang.

Menurut Verma dan Joshi (2000), warna hijau tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) disebabkan adanya klorofil, yang berperan dalam proses fotosintesis selama pematang. Dengan dimulainya proses pematangan buah, pigmen kuning (karoten dan xantofil) diproduksi, sedangkan kandungan klorofil akan berkurang. Kemudian pigmen likopen yang berwarna merah akan terakumulasi dengan cepat.

Selama proses pematangan buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) akan terjadi penurunan asam-asam organik, hal ini diduga disebabkan penggunaan asam organik pada proses respirasi atau asam-asam organik tersebut mengalami konversi menjadi gula. Asam-asam organik yang paling banyak terdapat dalam buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) adalah asam malat dan asam sitrat. Selama pematangan asam organik berkurang dan rasa yang menonjol adalah rasa manis (Pujimulyani, 2009).

Asam organik utama yang terdapat pada buah tomat adalah asam malat dan asam sitrat, sedangkan asam organik lainnya adalah asam format, asam asetat dan asam acotinat. Menurut Winarno dan Aman (1981), secara keseluruhan pada buah- buahan klimakterik asam organik menurun jumlahnya setelah proses klimakterik terjadi. Menurut Matoo *et al.*, (1975), menurunnya asam organik selama penyimpanan karena asam organik digunakan oleh sel-sel buah sebagai substrat pada proses respirasi.

Buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) setelah dipetik dari kebun tetap mengalami pernapasan dan penguapan, maka apabila dibiarkan buah akan masak, lewat masak, dan busuk. Buah yang disimpan akan mengalami penguapan (transpirasi) yang mengakibatkan buah kehilangan air dan buah tampak layu atau tidak segar dan kulit buah berkerut (Wills *et al.*, 1981).