

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi dan Morfologi Jeruk Mandarin

2.1.1 Klasifikasi Tanaman Jeruk Mandarin

Jeruk merupakan tanaman asli (indigenous) dari benua Asia, khususnya dari negara India sampai Cina. Sampai pada saat ini banyak spesies tanaman jeruk yang sudah dibudidayakan di negara daerah subtropik (Li, *et al.*, 1992 dalam Khan, 2007). Berikut merupakan klasifikasi dari tanaman jeruk Mandarin:

Kingdom: Plantae;

Divisi (*division*): Spermatophyta;

Sub divisi (*sub division*): Angiospermae;

Kelas (*class*): Dicotyledonae;

Ordo (*ordo*): Rutales;

Keluarga (*family*): Rutaceae;

Genus (*genus*): Citrus;

Spesies (*species*): *Citrus reticulata* (Swingle, 1909 dalam Bachtelor dan Webber, 1948).

Di Indonesia jeruk Mandarin atau dalam nama lokal adalah jeruk Keprok paling banyak dibudidayakan, selain jeruk Mandarin yang paling banyak dibudidayakan, terdapat beberapa spesies utama yang juga dibudidayakan di Indonesia, antara lain jeruk Siam, jeruk Bali, jeruk nipis, jeruk lemon, jeruk purut dan masih banyak lagi jeruk lainnya yang masih dikembangkan dan dibudidayakan di Indonesia (Eni, 2013). Indonesia memiliki beberapa varietas jeruk Mandarin yang sudah banyak dikembangkan antara lain Batu 55, Trigas, Maga dan masih banyak lagi dari berbagai daerah Indonesia (Martasari dan Mulyanto, 2008).

2.1.2 Morfologi Tanaman Jeruk Mandarin

Jeruk mandarin memiliki ukuran buah dari yang sangat kecil hingga medium. Umumnya jeruk mandarin memiliki rasa dan aroma buah yang khas. Tanaman jeruk Mandarin tahan terhadap cuaca dingin, memiliki karakter batang yang tumbuh tegak (Hardyanto *et al.*, 2007). Daun pada tanaman jeruk mandarin termasuk dalam kategori daun yang berukuran medium, bentuk tulang daun yang

menyirip, membulat dan memiliki sayap pada pangkal daunnya. Memiliki sedikit duri pada bagian cabang dan batang (Eni, 2013).

Tanaman jeruk Mandarin termasuk dalam jenis bunga tunggal. Tanaman jeruk mandarin memiliki ukuran bunga yang kecil dan tangkai bunga memiliki panjang 1 cm dan berdiameter lebih kecil dari panjang tangkai tersebut (Nambu, 1931; West dan Barnard, 1935; Randhawa dan Dinsa, 1947 dalam Bacthelor dan Webber, 1948). Memiliki ukuran buah yang sedang, kulit dan daging buah mudah dikelupas ketika sudah masak buah, bagian juring mudah dilepas. Morfologi biji dengan ukuran yang kecil, termasuk pada *polyembrioni* dan kotiledon berwarna hijau (Martasari, dan Hardiyanto, 2003).

Syarat tumbuh untuk tanaman jeruk umumnya berada pada ketinggian 700 hingga 1200 mdpl. Suhu optimum yang diperlukan untuk tumbuh dan berkembang berkisar antara 20 sampai 30° C, kelembaban optimum yang diperlukan yaitu sekitar 70 sampai 80%. Termasuk pada tanaman yang mampu tumbuh tanpa adanya naungan. Tanaman jeruk mampu tumbuh sampai pada kemiringan lahan sekitar 300, dengan derajat keasaman (pH) optimum tanah sekitar 6 (Reed dan MacDougal, 1937 dalam Bacthelor dan Webber, 1948).

2.1.3 Jeruk Mandarin (Keprok) SoE

Tanaman jeruk keprok SoE tumbuh pada ketinggian 500 – 1200 mdpl. Ciri khusus yang terdapat pada buah jeruk keprok SoE adalah bentuk buah yang bulat, berdiameter 5 – 7 cm, memiliki lapisan kulit yang agak tebal, berongga dan mudah dikelupas. Memiliki warna kulit buah oranye sampai oranye kemerahan dan tampak mengkilat ketika sudah masak, licin dan agak bergelombang. Pangkal buah agak menonjol ke atas. Berat per buah berkisar 100 – 125 gram. Warna daging buah kuning kemerahan, dan beraroma lembut (Martosupono *et al.*, 2007).

Jeruk keprok SoE memiliki potensi untuk dikembangkan karena memiliki warna yang lebih menarik dan harga yang lebih tinggi dibandingkan jeruk lain termasuk jeruk impor yang merupakan salah satu jeruk unggul Indonesia yang telah ditetapkan sebagai varietas unggul nasional melalui SK Menteri Pertanian No.863/Kpts/TP.240/11/98 (Departemen Pertanian, 2003). Jeruk keprok SoE umumnya dikonsumsi dalam bentuk buah segar. Kualitas buah yang dikembangkan menjadi buah tanpa biji merupakan parameter penting dan menjadi target dalam

pengembangan pemuliaan tanaman dan juga produksi jeruk (Marques dan Sumarji, 2014).

Pengembangan tanaman jeruk keprok SoE di mulai pada tahun 2002 dengan sentra utama di kabupaten Timor Tengah Selatan (TTS) dan tersebar secara luas di kecamatan Mollo Utara, Mollo Selatan, Amanuban Barat, dan kecamatan Kuantana sebagai sentra baru. Populasi Jeruk Keprok SoE di kabupaten TTS sampai tahun 2011 sebanyak 475.000 pohon dengan rincian tanaman berproduksi 271.459 pohon, dan tanaman yang belum produksi 203.541 pohon dengan produksi totalnya pada tahun 2010 mencapai 10.240 ton (Martosupono *et al.*, 2007).

2.2 Mutasi

Mutagenesis adalah proses perubahan informasi genetik secara stabil dari suatu organisme. Hal ini terjadi sebagai akibat dari kesalahan dalam perbaikan DNA. Mutagenesis adalah proses yang dihasilkan oleh mutasi. Mutagenesis dapat dieksploitasi secara eksperimental (mutagenesis induksi) yang dapat dilakukan secara fisik, kimia dan biologi (Shu *et al.*, 2011).

Mutasi berasal dari kata *mutates* (bahasa latin) yang artinya adalah munculnya suatu karakter lain atau karakter baru akibat dari perubahan genotip. Mutan merupakan suatu individu hasil mutagenesis yang dapat diidentifikasi dari kenampakan fenotipik (Lönning, 2005). Mutasi dapat terjadi secara alamiah, tetapi frekuensinya sangat rendah, yaitu 10^{-6} pada setiap generasi. Untuk mempercepat terjadinya mutasi dapat dilakukan secara buatan dengan memberikan perlakuan khusus sehingga terjadi mutasi (*induced mutation*). Mutasi pada tanaman dapat menyebabkan perubahan-perubahan pada bagian tanaman baik bentuk maupun warnanya juga perubahan pada sifat-sifat lainnya (Herawati dan Setiamihardja, 2000). Mutasi dapat menghasilkan individu mutan fenotipik dengan berbagai tingkat.

Perubahan genetik dapat terjadi secara alami yang dapat diidentifikasi dengan adanya variasi dalam susunan genetik tersebut untuk spesies yang berevolusi. Perubahan pada spesies-spesies tersebut tidak hanya untuk pertahanan atau kemampuan adaptasi lingkungan, melainkan pada eksploitasi yang dilakukan manusia dalam lingkup pertanian untuk spesies lokal dan juga peningkatan kualitas tanaman. Domestikasi dilakukan untuk mempertahankan atau meningkatkan

kemampuan kultivar untuk mampu hidup dan berkembangbiak di wilayah atau lingkungan yang ekstrim, tahan terhadap serangan dari hama maupun penyakit, dan juga meningkatkan hasil panen (Herawati dan Setiamihardja, 2000).

2.2.1 Jenis-jenis Mutasi

Mutasi muncul dapat digolongkan menjadi beberapa bagian, diantaranya, dapat terjadi secara spontan (*spontaneous mutation*) dan juga dapat terjadi melalui induksi (*induced mutation*). Mutasi spontan adalah mutasi yang terjadi tanpa adanya faktor pengaruh dari luar atau terjadi secara alami (Shu *et al.*, 2011). Mutan spontan terbentuk akibat dari proses yang menyimpang yang terjadi secara tidak sengaja di alam liar (Mba, 2013). Mutasi induksi (*induced mutation*) adalah mutasi yang terjadi baik secara melalui fisik dan kimia (Shu *et al.*, 2011).

- Mutasi fisik

Mutasi yang terjadi akibat dari pengaruh fisik diantaranya terinduksi oleh sinar gamma, radioaktif, X-rays, dan sinar UV. Pengaruh induksi sinar yang memiliki energi tinggi ini prinsip kerjanya yakni paparan radiasi tersebut mampu menembus jaringan atau organ dari makhluk hidup. Radiasi dengan paparan yang tinggi menyebabkan terjadinya mutasi gen dan mutasi kromosom (termasuk pada delesi, duplikasi, insersi, translokasi, dan fragmentasi) (Chalker dan Davis, 2010).

- Mutasi kimiawi

Mutasi kimiawi merupakan mutasi induksi dengan menggabungkan protein asam amino pada DNA asli dengan asam amino buatan (baik dalam kondisi asam amino yang sudah dimodifikasi atau tidak). Asam amino buatan tersebut yang berfungsi sebagai penanda DNA pada umumnya dan dapat dianalisis. Secara mendasar tidak terdapat perbedaan antara mutasi yang terjadi secara alami dan mutasi hasil induksi (Chalker dan Davis, 2010).

Konsep dari mutagenesis kimia dengan menggunakan enzim yang telah dilakukan oleh peneliti Koshland dan Bender di tahun 1966. Tujuan mutasi yang diinduksi secara kimiawi adalah untuk mempercepat terjadinya proses mutasi dengan hasil yang diharapkan mampu berkembang secara alami, atau tidak alami, atau telah dimodifikasi untuk menghasilkan ekspresi mutan yang diinginkan (Chalker dan Davis, 2010). Berdasarkan bagian yang bermutasi,

mutasi dibedakan menjadi mutasi DNA, mutasi gen dan mutasi kromosom (Mba, 2013).

2.3 Perbaikan Kualitas Buah Melalui Mutasi

Mutasi sudah lama diterapkan dalam bidang pemuliaan. Berbagai macam mutasi sudah dilakukan dan diterapkan di berbagai tanaman. Mutasi dimanfaatkan oleh pemulia tanaman untuk memperbaiki atau mengambil sifat unggul, yaitu varietas unggul yang mampu meningkatkan nilai ekonomi, tahan terhadap serangan hama dan penyakit serta juga tahan terhadap lingkungan yang ekstrim. Dengan adanya mutasi, program bioteknologi dapat dilakukan dengan waktu yang efisien (Sihono *et al.* 2010). Berbeda dengan pemuliaan melalui persilangan, pemuliaan mutasi dapat digunakan untuk memperoleh varietas unggul dengan memperbaiki beberapa sifat yang diinginkan, tanpa mengubah sebagian besar sifat baiknya (Mba, 2013).

Keragaman tanaman melalui induksi mutasi iradiasi dapat dilakukan pada organ reproduksi tanaman, seperti biji, stek batang, serbuk sari, rhizoma, maupun kalus. Mutagen fisik atau iradiasi untuk pemuliaan tanaman yang umum digunakan adalah sinar gamma. Kegiatan pemuliaan mutasi dengan bantuan nuklir (iradiasi sinar gamma) sudah dilakukan secara intensif di negara-negara lain dan telah menghasilkan sekitar 1.585 varietas unggul mutan, 64% di antaranya berasal dari mutasi dengan iradiasi sinar gamma (Chalker dan Davis, 2010).

Penelitian Mugiono *et al.*, (2009), bahwa penelitian yang sudah dilakukan adalah mutasi padi varietas Cisantana. Mutan yang diradiasi dengan sinar gamma menghasilkan varietas yang tahan terhadap serangan hama dan penyakit serta berpotensi meningkatkan produktivitas, baik dari gabah dan juga kualitas beras yang dihasilkan. Penelitian mengenai mutasi juga dilakukan oleh Sihono *et al.*, (2010), yang memutasi tanaman sorgum menggunakan aplikasi nuklir dan mampu meningkatkan produktivitas apabila dibandingkan dengan varietas asalnya. Perendaman biji semangka pada larutan kolkisin menghasilkan buah semangka tanpa biji dengan kualitas buah dan produksi yang lebih baik (Mba, 2013).

Mutasi juga diujikan pada tanaman jeruk. Berbagai perlakuan mutasi sudah dilakukan dan dikembangkan untuk menghasilkan kualitas buah jeruk yang terbaik, meningkatkan produktivitas buah, tahan terhadap hama dan penyakit, khususnya

penyakit CVPD yang merupakan penyakit utama menyerang tanaman jeruk, sampai pada menghasilkan buah jeruk tanpa biji (Kundu *et al.*, 2014). Para peneliti Indonesia juga melakukan mutasi yang berfokus pada tanaman jeruk lokal, diantaranya jeruk mandarin atau nama lokalnya adalah jeruk keprok (*Citrus reticulata*), jeruk Siam (*Citrus nobilis*), dan Jeruk Pamelon atau nama lokalnya adalah jeruk Bali (*Citrus grandis*) (Martasari dan Mulyanto, 2008).

2.4 Mekanisme Pembuatan Buah Tanpa Biji

Buah terbentuk dari proses panjang hasil dari pembelahan sel jantan (gamet) dan sel betina (ovarium). Proses pembuahan diawali dengan menempelnya serbuk sari pada kepala putik (stigma) atau biasa disebut dengan polinasi. Proses tersebut dapat terjadi dengan sendirinya (*Self-pollination*) maupun terjadi karena bantuan hembusan angin, serangga, dan juga oleh manusia (*cross pollination*) (Jinus *et al.*, 2012).

Serbuk sari (*pollen*) yang jatuh berkecambah dan membentuk tabung polen (*pollen tube*) untuk mencapai bakal biji (*ovule*). Peristiwa bertemunya polen dengan bakal biji di dalam bakal buah (*ovary*) disebut pembuahan (*fertilisation*), kemudian bakal buah membesar dan berkembang menjadi buah bersamaan dengan pembentukan biji dan menghasilkan buah yang berbiji (Zahedi *et al.*, 2014).

Beberapa jenis tanaman mempunyai kemampuan untuk membentuk buah tanpa melalui proses polinasi dan fertilisasi. Buah yang terbentuk tanpa melalui polinasi dan fertilisasi disebut buah partenokarpi.

2.4.1 Jenis Partenokarpi

Partenokarpi terbagi menjadi dua bagian berdasarkan peristiwanya. Partenokarpi dapat terjadi secara alami (genetik) ataupun buatan (induksi) (Zahedi *et al.*, 2014).

2.4.1.1 Partenokarpi Alami

Partenokarpi alami ada dua tipe, yaitu obligator dan fakultatif obligator. Partenokarpi obligator adalah partenokarpi yang terjadi tanpa ada faktor luar yang mempengaruhi, hal tersebut disebabkan karena perubahan genetik. Peristiwa ini terjadi pada tanaman yang memiliki gen triploid. Salah satu contoh tanaman yang memiliki tanaman triploid adalah pisang. Tanaman triploid memiliki mekanisme

penghambatan perkembangan biji atau embrio sejak awal, sehingga memunculkan buah tanpa biji. Partenokarpi fakultatif obligator apabila terjadinya karena ada faktor atau pengaruh dari luar (lingkungan) yang tidak sesuai untuk polinasi dan fertilisasi, contohnya pembentukan buah partenokarpi terjadi apabila pada keadaan lingkungan suhu terlalu (panas) tinggi atau dalam keadaan suhu yang rendah (dingin) (Pardal, 2001).

2.4.1.2 Partenokarpi Buatan

Partenokarpi buatan dapat diinduksi melalui aplikasi zat pengatur tumbuh (fitohormon) pada kuncup bunga (Schawabe dan Mills, 1981) atau melalui polinasi dengan polen inkompatibel (Tsao, 1980) atau dapat diserbuki dengan polen yang telah diradiasi sinar X atau sinar gamma (Shozo dan Keita, 1997).

A. Zat Pengatur Tumbuh (*Growth Regulator*)

Sudah banyak dilakukan percobaan mengenai pembentukan buah partenokarpi melalui induksi dari zat pengatur tumbuh. Beberapa zat pengatur tumbuh mampu menyebabkan munculnya buah tanpa biji. Secara umum hormon yang banyak dipakai dalam pengaplikasian buah partenokarpi adalah hormon dari golongan auksin.

Dilihat dari sisi fisiologis, menurut Abidin, (2004, dalam Jinus *et al.*, 2012) bahwa hormon auksin berpengaruh terhadap pengembangan sel, yang kemudian dapat mempengaruhi pertambahan panjang batang, diferensiasi dan percabangan akar, serta mempengaruhi proses partenokarpi. Hormon auksin terdiri atas IAA (*indole Asetic Acid*), IBA (*Indole Butyric Acid*), dan NAA (*Napthalent Acetic Acid*). IAA dan IBA merupakan hormon alami yang ditemukan dalam tanaman, namun IBA memiliki potensi hormon yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan IAA, sedangkan NAA termasuk pada hormon buatan. Selain dari golongan auksin, golongan hormon Giberelin, Sitokinin dan hormon pengatur tumbuh lainnya juga berpotensi untuk dijadikan sebagai pendorong pembentukan buah partenokarpi. Buah partenokarpi memiliki bentuk dan ukuran yang sama atau lebih besar dibandingkan dengan buah-buahan unggulan (Accriarri *et al.*, 2002 dalam Pandolfini *et al.*, 2002).

B. Manipulasi Ploidi

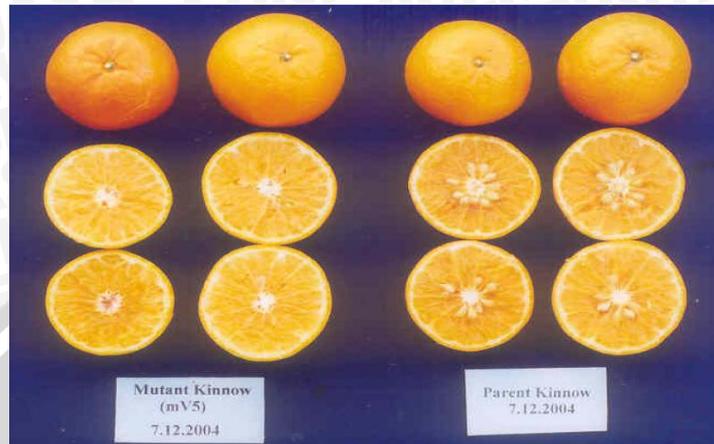
Buah partenokarpi dapat terbentuk akibat dari induksi genetik melalui manipulasi perubahan jumlah ploidi yang dimiliki oleh suatu tanaman (Pardal, 2001). Poliploidi juga berperan penting dalam hukum genetik dan juga munculnya diversitas fenotip (Xing *et al.*, 2011 *dalam* Zahedi *et al.*, 2014). Induksi untuk perubahan jumlah ploidi merupakan suatu metode untuk meningkatkan metabolisme pada tanaman (Dhawan dan Lavania, 1996 *dalam* Omidbaigi *et al.*, 2010).

Manipulasi ploidi dapat dilakukan dengan perendaman zat kolkisin atau induksi sinar X atau sinar gamma. Induksi sinar X ataupun sinar gamma merupakan salah satu metode yang sesuai untuk diaplikasikan pada tanaman haploid in situ. Kelebihan dari induksi radiasi sinar gamma adalah mudah dalam pengaplikasian, menghasilkan penetrasi yang baik, dan rendahnya masalah tingkat kegagalan dari hasil akhir mutasi induksi tersebut (Chahal dan Gosal, 2002 *dalam* Kundu *et al.*, 2014).

Efek dari pengaplikasian induksi mutasi melalui radiasi sinar gamma dapat dilakukan dengan mengamati serbuk sari dari tanaman yang sudah mutasi dan dikembangkan, yaitu dengan cara mengamati viabilitas dari serbuk sari dan juga mengamati perkecambahan pada serbuk sari yang dikulturkan pada media kultur (Kundu *et al.*, 2014) atau dapat juga diamati melalui pengamatan bentuk putik yang abnormal (Altaf, 2006). Hasil dari penelitian Kundu *et al.*, (2014), menyimpulkan bahwa pengamatan yang dilakukan pada serbuk sari dari tanaman mutasi, memiliki nilai viabilitas yang rendah. Hasil tersebut telah membuktikan bahwa induksi mutasi yang dilakukan pada tanaman telah berhasil.

Menurut penelitian Kahlil *et al.*, (2011), bahwa dengan menghitung dan melihat viabilitas dan daya perkecambahan dari serbuk sari dari tanaman mutasi serta pengamatan pada bentuk putik yang abnormal membantu para pemulia untuk menentukan standar keberhasilan mutasi induksi sinar gamma. Hasil pengujian menunjukkan bahwa keberhasilan mutasi berada pada induksi radiasi berkisar 20 Gy yang diaplikasikan pada tanaman *Citrus reticulata* Blanco. Tanaman tersebut memiliki ciri diameter buah yang lebih besar dan juga jumlah biji sedikit. Namun hal tersebut tidak tergantung pada dosis radiasi yang diberikan pada tanaman, tetapi semuanya terletak pada varietas, karakter genetik yang dimiliki serta keadaan

lingkungan (habitat) pada tanaman tersebut. Berikut merupakan gambar perbandingan antara buah dari tanaman mutasi dengan tingkat radiasi 20 Gy dengan tanaman kontrol, hasil penelitian Khalil *et al.*, (2011).



a

b

Gambar 1. Perbandingan antara buah mutan jeruk Kinnow (a) dengan buah kontrol (b) (Khalil *et al.*, 2011).

