

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Botani Jagung Manis

Jagung manis adalah tanaman herba monokotil dan tanaman semusim iklim panas. Tanaman ini berumah satu dengan bunga jantan tumbuh sebagai perbungaan ujung (*tassel*) pada batang utama dan bunga betina tumbuh terpisah sebagai perbungaan samping (*tongkol*) yang berkembang pada ketiak daun. Tanaman ini menghasilkan satu atau beberapa tongkol. Batang tanaman jagung manis memiliki ketinggian berkisar antara 1,5 m dan 2,5 m dan terbungkus oleh pelepah daun yang berselang-seling yang berasal dari setiap buku. Buku batang mudah terlihat, pelepah daun terbentuk pada buku dan membungkus rapat-rapat panjang batang utama, sering melingkupi hingga buku berikutnya. Daun tanaman jagung manis membengkok menjauhi batang sebagai daun yang panjang, luas, dan melengkung (Rubatzky *et al.*, 1998). Tanaman jagung manis termasuk tanaman menyerbuk silang dan peluang menyerbuk sendiri kurang dari 5 % sehingga tanaman mendapat serbuk sari dari tanaman jagung manis yang ada di sekitarnya (Tracy, 1994 dalam Subekti *et al.*, 2008). Jagung manis tumbuh baik pada berbagai jenis tanah. Tanah liat lebih disukai karena mampu menahan lengas yang tinggi. Jagung manis peka terhadap tanah asam, dan tumbuh baik pada kisaran pH antara 6,0 – 6,8 dan agak toleran terhadap kondisi basa.

Tanaman jagung manis memerlukan kelengasan yang tinggi, berkisar dari 500 – 700 mm per musim. Cekaman kelengasan paling kritis terjadi selama pembentukan rambut dan pengisian biji. Kekurangan air dalam waktu singkat biasanya dapat ditoleransi dan hanya berpengaruh kecil terhadap perkembangan biji. Namun, kekurangan air yang berkepanjangan setelah penyerbukan dapat secara nyata menurunkan bobot kering biji. Pada kondisi tersebut, pertumbuhan biji sebagian disokong oleh mobilisasi asimilat yang tersimpan di batang. Secara keseluruhan, tanaman agak tahan terhadap kekeringan, tetapi peka terhadap drainase tanah yang jelek dan tidak tahan genangan. Jagung manis responsif terhadap pemupukan taraf tinggi. Untuk mendapatkan hasil yang tinggi, penambahan hara biasanya diperlukan (Rubatzky *et al.*, 1998).

2.2 Sifat Biji Jagung Manis

Biji jagung manis pada saat masak keriput dan transparan. Biji yang belum masak mengandung kadar gula (*water-soluble polysaccharide*) lebih tinggi daripada pati. Kandungan gula jagung manis 4 – 8 kali lebih tinggi dibanding jagung normal pada umur 18 – 22 hari setelah penyerbukan. Sifat ini ditentukan oleh gen *sugary* (*su*) yang resesif (Tracy, 1994 dalam Subekti *et al.*, 2008). Tingkat kemanisan yang ada dalam jagung manis bukan glukosa tapi fruktosa sehingga aman dan tidak menyebabkan diabetes (Setia, 2005). Endosperm biji adalah tempat menyimpan gula dan pati. Gula endosperm utama adalah sukrosa dengan sedikit glukosa, fruktosa, dan maltosa. Komponen terbesar pati endosperm adalah amilosa dan amilopektin. Nisbah keduanya pada jagung bijian biasanya 1:3, tetapi pada kultivar jagung manis jumlah patinya lebih sedikit dan komposisinya

berbeda. Pada jagung biasa, gen Su-1 untuk biji berpati adalah dominan homozigous (Su-1/Su-1) sedangkan pada jagung manis gen tersebut adalah resesif homozigous (su-1/su-1). Endosperm biji jagung biasa yang memiliki gen Su-1 yang dominan menyebabkan jagung biasa menyimpan pati jauh lebih banyak daripada gula. Jagung manis dengan gen su-1 (*sugary*) resesif menimbun gula lebih banyak daripada pati. Gen su-1 menyebabkan tanaman lebih cenderung menimbun gula (15 %) berdasarkan bobot kering dan polisakarida larut air (fitoglikogen 35 %) dalam jaringan endospermnya. Kandungan fitoglikogen biji diperlukan agar teksturnya halus. Pengaruh lain dari gen su-1 adalah perubahan gula menjadi pati yang berlangsung lambat. Kandungan pati pada jagung manis meningkat secara lambat sejalan dengan kematangan, tetapi setelah kira-kira 20 hari cenderung ajeg sedangkan dalam jagung biasa, pati terus meningkat dan mencapai taraf yang jauh lebih tinggi hingga 75 % bobot kering. Karena biji jagung manis mengandung lebih sedikit pati, maka biji ini keriput dan agak tembus pandang ketika sudah kering.

Gen peningkat kandungan gula se-1 (*sugary enhancer*) adalah pengubah resesif dari gen bergula su-1 dan secara nyata meningkatkan kandungan gula biji dan meningkatkan masa panen lebih lama dengan lebih sedikit kehilangan gula. Pada kultivar se-1 kandungan gula meningkat tanpa mengurangi kandungan fitoglikogen. Pada kultivar se-1 laju perubahan gula menjadi pati sama dengan pada tipe su-1 normal, tetapi pada awalnya memiliki kandungan gula yang lebih tinggi sehingga tipe se-1 bertahan manis lebih lama. Gen sh-2 (*shrunk-2*) menghasilkan kandungan gula tertinggi (50 % bobot kering biji) khususnya sukrosa, tetapi berakibat pada penurunan kandungan fitoglikogen.

Laju perubahan gula menjadi patinya lebih rendah ketimbang jagung manis su-1 normal. Seperti tipe se-1, tipe ini awalnya juga memiliki kandungan gula lebih tinggi yang menyebabkan biji sh-2 bertahan manis lebih lama setelah dipanen (Rubatzky *et al.*, 1998).

2.3 Sifat kuantitatif dan Kualitatif

Sifat kuantitatif adalah sifat yang diatur oleh banyak gen minor, faktor lingkungan tidak dapat diabaikan sedangkan sifat kualitatif adalah sifat yang diatur oleh satu atau dua gen mayor dan faktor lingkungan dapat diabaikan. Sifat kualitatif mempunyai pola pewarisan sifat yang sederhana sehingga mudah diamati.

Perbedaan antara sifat kualitatif dan kuantitatif tidak begitu tergantung pada besarnya efek dari individu gen seperti pada keturunan dan kondisi lingkungan dalam menghasilkan fenotipe terakhir. Maka dari itu, kunci keberhasilan dari kemajuan dalam analisis sifat kuantitatif berada dalam penilaian relatif dari dua gen penyebab variabilitas (Allard, 1960).

Sifat kualitatif memiliki nilai duga heritabilitas yang tinggi sedangkan sifat kuantitatif memiliki nilai heritabilitas yang rendah (Hilmayanti *et al.*, 2006). Gen bersegregasi bebas sesuai dengan aturan Mendel dan dapat diidentifikasi dengan panca indra, serta dipisahkan berdasarkan kelas fenotipenya.

Secara garis besar, perbedaan sifat kuantitatif dan kualitatif adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Perbedaan sifat kualitatif dan kuantitatif

Kriteria	Kualitatif	Kuantitatif
Bentuk sebaran	<i>discrete</i> atau tegas	<i>continue</i> atau berlanjut
Penilaian	pengamatan visual	pengamatan pengukuran
Gen pengendali	satu atau dua	banyak atau <i>polygenic</i>
Pengaruh lingkungan	sedikit	mudah terpengaruh
Cara pemilihan	secara visual	berdasarkan analisis data

Keragaman yang terus-menerus dan terputus telah diamati dalam sifat seperti tinggi yang menunjukkan bahwa perbedaan sifat kualitatif dan kuantitatif adalah tidak mutlak. Pewarisan sifat kepada keturunannya dapat merupakan sifat kualitatif atau kuantitatif. Pengelompokan berdasarkan sifat kualitatif lebih mudah karena sebarannya *discrete* dan dapat dilakukan dengan melihat apa yang tampak dan pengujiannya banyak dilakukan dengan menggunakan *Chi-Squared Test* sedangkan untuk sifat kuantitatif dilakukan dengan analisis ragam dan modifikasinya (Mangoendidjojo, 2003).

2.4 Polinasi Terbuka

Polinasi terbuka (*Open Pollination*) merupakan suatu perkawinan pada tiap individu dalam populasi yang mempunyai kesempatan sama untuk kawin dengan individu lain dalam populasi tersebut. Contohnya, suatu populasi terdiri atas 25 % individu yang mempunyai genotipe AA, 50 % dengan genotipe Aa, dan 25 % dengan genotipe aa. Bila terjadi polinasi terbuka, individu dengan genotipe AA yang menghasilkan gamet jantan akan kawin dengan individu genotipe AA, Aa, dan aa yang menghasilkan gamet betina sesuai dengan frekuensi masing-masing.

Demikian juga gamet jantan yang dihasilkan oleh individu yang bergenotipe Aa dan aa. Jadi, peluang terpilihnya suatu genotipe untuk kawin dengan genotipe yang lain adalah sama dengan frekuensi relatif yang dimiliki oleh genotipe yang bersangkutan. Polinasi terbuka menghasilkan tanaman yang beragam satu sama lain sehingga mudah dilakukan seleksi (Mangoendidjojo, 2003).

Polinasi terbuka merupakan suatu persilangan alami untuk meningkatkan genetik tanaman. Melalui polinasi terbuka, terjadi penyusunan ulang gen-gen yang ada di dalam kromosom tanaman. Dengan demikian, akan terjadi perubahan fenotipe baik vegetatif maupun generatif pada tanaman generasi selanjutnya (Hikam, 2010).

2.5 Seleksi Self

Ada dua hal untuk memahami prinsip pemuliaan, yaitu (1) seleksi dapat bekerja secara efektif dalam perbedaan yang dapat diwariskan; (2) seleksi tidak dapat menciptakan variabilitas, tetapi hanya bekerja pada sifat yang ada. Dalam kaitannya dengan hal yang kedua, pemuliaan self dianggap penting dalam perbaikan tanaman. Pemuliaan self menyebabkan homozigositas meningkat. Hal ini berlaku untuk setiap sifat, baik sifat kualitatif maupun sifat kuantitatif.

Hasil pemuliaan self sampai dengan generasi enam atau sembilan memisahkan populasi menjadi subpopulasi yang berbeda secara genetik. Keseragaman timbul di dalam subpopulasi. Pemuliaan self tidak mencakup variabilitas genetik yang tidak muncul pada individu heterozigot. Polinasi terbuka memunculkan variabilitas pada individu tersebut sehingga dapat dilakukan seleksi.

Efek dari pemuliaan self penting dalam pemuliaan tanaman secara praktis. Efek utama dari penyerbukan kros dengan susunan genetik yang terencana adalah untuk menaikkan keturunan yang akan mewariskan gen interes dari kedua induknya. Pemuliaan self efektif dalam memfiksasi gen resesif yang mengendalikan karakter penting, tetapi tidak terekspresi pada individu heterozigot. Pemuliaan self tidak mungkin berhasil tanpa diseleksi. Oleh sebab itu, seleksi self sangat tergantung pada genetik tanaman karena polinasi self menaikkan homozigositas. Ukuran kuantitatif yang paling bermanfaat dari pemuliaan self adalah menurunnya heterozigositas di dalam populasi (Allard, 1960).

2.6 Segregasi Genetik

Hukum segregasi bebas menyatakan bahwa pada pembentukan gamet, kedua pasang alel yang membentuk gen akan memisah sehingga tiap-tiap gamet menerima satu alel A atau a.

Secara garis besar, hukum ini mencakup tiga pokok, yaitu sebagai berikut.

(1) Gen memiliki bentuk-bentuk alternatif yang mengatur variasi pada karakter.

Ini adalah konsep mengenai alel.

(2) Setiap individu membawa pasangan kromosom, satu dari tetua jantan dan satu dari tetua betina. Gen tersusun secara linier pada kromosom.

(3) Jika gen ini mempunyai dua alel yang berbeda (Aa), alel dominan akan terekspresikan. Alel resesif yang tidak terekspresikan, tetap akan diwariskan pada gamet yang dibentuk (Wikipedia, 2010).

Jagung manis Dwiwarna (*pearls and diamonds*) didefinisikan sebagai jagung manis yang mempunyai dua warna endosperm kuning dan putih pada satu tongkol. Kedominanan lengkap warna kuning menyebabkan lebih banyak biji kuning daripada putih dalam satu tongkol, dengan nisbah harapan 3 kuning:1 putih (Hikam, 2003). Fenotipe adalah hasil dari banyak produk gen yang diekspresikan dalam suatu lingkungan tertentu. Lingkungan tidak hanya mencakup faktor eksternal seperti temperatur dan jumlah atau kualitas cahaya, melainkan juga faktor internal seperti hormon dan enzim (Elrod dan Stansfield, 2006)

2.7 Epistasis

Epistasis adalah sebuah gen atau lokus yang menekan gen di lokus lain. Pada segregasi epistasis dialel rasio 9:3:3:1 berubah menjadi 15:1. Pada segregasi epistasis 9:7, 9 $Sh_{Su_}$:3 Sh_{susu} :3 $shshSu_$:1 $shshsusu$ berubah menjadi 9 biji bulat (9 $Sh_{Su_}$):7 biji kisut (3 Sh_{susu} + 3 $shsh Su_$ + 1 $shshsusu$) pada fenotipe yang berbeda.

2.8 Depresi Inbriding

Penyerbukan silang akan menyebabkan terjadinya vigor hibrid. Vigor hibrid adalah meningkatnya vigor dan kinerja F1 melebihi kedua tetua bila dua inbred disilangkan. Sebaliknya, depresi inbriding terjadi bila dilakukan penyerbukan self beberapa generasi dari tanaman menyerbuk silang (Jumin, 2008). Menurut Hallauer dan Miranda (1981 dalam Handayani, 2006) inbriding pada tanaman jagung dirakit dengan cara penyerbukan self untuk mendekati kehomozigotan.

Menurut Mangoendidjojo (2003), saat proses self yang dilakukan, zuriat akan mengalami kemunduran vigor, yaitu berkurangnya ukuran dari standar normal dan berkurangnya tingkat kesuburan reproduksi dibandingkan dengan tetuanya.

Kemunduran sifat-sifat ini disebut *inbreeding depression*. Penggenerasian self yang terus-menerus pada tanaman menyerbuk silang akan menyebabkan depresi inbriding. Depresi inbriding dapat dihilangkan dengan satu kali penggenerasian hibrid. Depresi inbriding terjadi akibat segregasi Mendel yang menyebabkan terekspresinya fenotipe yang merugikan. Efek yang merugikan dari pemuliaan self tidak dihasilkan oleh proses self itu sendiri, tetapi berhubungan langsung dengan jumlah dan jenis karakter heterozigot dalam populasi tetua yang bersegregasi akibat di self (Allard, 1960).

2.9 Ragam Genetik dan Heritabilitas

Ragam genetik adalah ragam yang ditimbulkan oleh perbedaan genetik di antara individu. Keragaman genetik alami merupakan sumber bagi setiap program pemuliaan tanaman. Keragaman tersebut dapat dimanfaatkan untuk melakukan introduksi sederhana dan teknik seleksi atau dapat dimanfaatkan dalam program persilangan yang canggih untuk mendapatkan kombinasi genetik yang baru (Welsh, 1991 dalam Room, 2004). Ragam genetik itu sendiri terdiri dari ragam genetik aditif (σ^2A), ragam genetik dominan (σ^2D) dan ragam genetik epistasis (σ^2I); dimana $\sigma^2g = \sigma^2A + \sigma^2D + \sigma^2I$. Ragam genetik aditif merupakan penyebab utama kesamaan diantara kerabat (antara tetua dengan turunannya). Ragam ini merupakan efek rata-rata gen; fungsi dari derajat dimana perubahan fenotipe karena terjadinya seleksi. Ragam genetik dominan merupakan penyebab utama

ketidaksamaan diantara kerabat. Ragam ini merupakan basis utama bagi heterosis dan kemampuan daya gabung (*combining ability*) (Syukur, 2005).

Heritabilitas dapat didefinisikan sebagai bagian keragaman genetik dari keragaman total (keragaman fenotipe). Pendugaan heritabilitas adalah besarnya heritabilitas suatu karakter kuantitatif dapat diduga melalui suatu desain persilangan dua galur murni. Kemajuan seleksi adalah besaran heritabilitas yang dapat digunakan dalam suatu program pemuliaan. Pengertian heritabilitas sangat penting dalam pemuliaan dan seleksi karakter kuantitatif. Efektif atau tidaknya seleksi tanaman yang berdaya hasil tinggi dari sekelompok populasi, tergantung dari:

- (1) seberapa jauh keragaman hasil yang disebabkan faktor genetik yang nantinya diwariskan kepada keturunannya.
- (2) seberapa jauh pula keragaman hasil yang disebabkan oleh lingkungan tumbuh tanaman (Makmur, 1992).

Heritabilitas suatu karakter penting diketahui, terutama untuk menduga besarnya pengaruh lingkungan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta pemilihan lingkungan yang sesuai untuk proses seleksi (Susanto dan Adjie, 2005 dalam Sujiprihati *et al.*, 2005). Heritabilitas merupakan karakter genetik untuk memilih sistem seleksi yang efektif (Sujiprihati *et al.*, 2005).

Heritabilitas dalam arti lebar atau *broad-sense* (h^2_{BS}) merupakan sifat yang melibatkan semua tipe aksi gen, meliputi aksi gen aditif, dominan, dan epistasis (Makmur, 1992) atau perbandingan antara ragam genetik total dan ragam fenotipe ($h^2_{(BS)} = \sigma^2_G / \sigma^2_P$). Secara lebih spesifik, heritabilitas merupakan bagian dari

keragaman total pada sifat-sifat yang disebabkan oleh perbedaan genetik di antara tanaman-tanaman yang diamati. Secara alami perbedaan ini mungkin terjadi karena perbedaan genetik dan perbedaan lingkungan sekitarnya dari kelompok ke kelompok dan dari tahun ke tahun. Pengetahuan tentang nilai heritabilitas sangat diperlukan dalam melakukan program seleksi dan rancangan perkawinan untuk perbaikan mutu genetik tanaman. Pengetahuan ini bermanfaat dalam menduga besarnya kemajuan untuk program pemuliaan berbeda. Di samping itu, pemulia dapat membuat keputusan penting apakah biaya program pemuliaan yang dilakukan sepadan dengan hasil yang diharapkan. Nilai heritabilitas bermanfaat dalam menaksir nilai pemuliaan individu tanaman (Rusfidra, 2006).

Heritabilitas menentukan keberhasilan seleksi karena heritabilitas dapat memberikan petunjuk suatu sifat lebih dipengaruhi oleh faktor genetik atau faktor lingkungan. Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa faktor genetik lebih berperan dalam mengendalikan suatu sifat dibandingkan faktor lingkungan. Nilai heritabilitas suatu sifat tergantung pada tindak gen yang mengendalikan sifat tersebut (Jain, 1982 dalam Suprpto *et al.*, 2007).