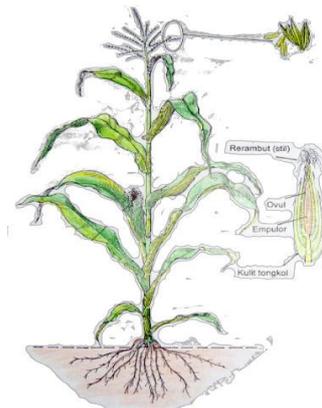


II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman jagung

Jagung merupakan tanaman semusim dengan satu siklus hidupnya diselesaikan dalam 80-150 hari (R. Neni Iriany dkk., 2007). Awal pertama dari siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan kedua yaitu untuk pertumbuhan generatif. Maka pada tanaman jagung umum terjadi apabila dilakukan penyerbukan silang. Klasifikasi dari tanaman jagung yaitu Kingdom Plantae (Tumbuhan), Divisi Spermatophyta, Sub Kelas Monocotyledoneae, Ordo Poales, Famili Poaceae, Genus *Zea*, Spesies *Zea mays* L. (Steenis, 2003)



Gambar 1. Morfologi tanaman jagung (Balit Serealia, 2017)

Tanaman jagung mampu beradaptasi dengan baik pada berbagai lingkungan. Jagung tumbuh baik di wilayah tropis hingga 50° Lintang Utara dan 50° Lintang Selatan, dari dataran rendah sampai ketinggian 3.000 mdpl, dengan curah hujan tinggi, sedang, hingga rendah sekitar 500 mm per tahun (Dowswell dalam R. Neni Iriany dkk., 2007). Tanaman jagung tumbuh optimal pada tanah yang gembur, drainase baik, dengan kelembaban tanah cukup. Pada dataran rendah, umur jagung berkisar antara 3-4 bulan, tetapi pada dataran tinggi di atas 1000 mdpl

dapat berumur 4-5 bulan. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman jagung rata-rata 26-30° C dan pH tanah 5,7-6,8 (Subandi, 1988).

1. Anatomi dan Morfologi Tanaman Jagung

a. Akar

Jagung mempunyai akar serabut dengan tiga macam akar, yaitu (a) akar seminal, (b) akar adventif, dan (c) akar kait atau penyangga. Akar seminal adalah akar yang berkembang dari radikula dan embrio. Pertumbuhan akar seminal akan melambat setelah plumula muncul ke permukaan tanah dan pertumbuhan akar seminal akan berhenti pada fase V3. Akar adventif adalah akar yang semula berkembang dari buku di ujung mesokotil, kemudian set akar adventif berkembang dari tiap buku secara berurutan dan terus ke atas antara 7-10 buku, semuanya di bawah permukaan tanah. Akar adventif berkembang menjadi serabut akar tebal. Akar seminal hanya sedikit berperan dalam siklus hidup jagung. Akar adventif berperan dalam pengambilan air dan hara. Bobot total akar jagung terdiri atas 52% akar adventif seminal dan 48% akar nodal. Akar kait atau penyangga adalah akar adventif yang muncul pada dua atau tiga buku di atas permukaan tanah. Fungsi dari akar penyangga adalah menjaga tanaman agar tetap tegak dan mengatasi rebah batang. Akar ini juga membantu penyerapan hara dan air. (Subekti dkk., 2007).

b. Batang

Tanaman jagung mempunyai batang yang tidak bercabang, berbentuk silindris, dan terdiri atas sejumlah ruas dan buku ruas. Pada buku ruas terdapat tunas yang berkembang menjadi tongkol. Dua tunas teratas berkembang menjadi tongkol yang produktif. Batang memiliki tiga komponen jaringan utama, yaitu kulit

(*epidermis*), jaringan pembuluh (*bundles vaskuler*), dan pusat batang (*pith*). Bundles vaskuler tertata dalam lingkaran konsentris dengan kepadatan bundles yang tinggi, dan lingkaran-lingkaran menuju perikarp dekat epidermis. Kepadatan bundles berkurang begitu mendekati pusat batang. Konsentrasi bundles vaskuler yang tinggi di bawah epidermis menyebabkan batang tahan rebah. Genotipe jagung yang mempunyai batang kuat memiliki lebih banyak lapisan jaringan sklerenkim ber dinding tebal di bawah epidermis batang dan sekeliling bundles vaskuler. Terdapat variasi ketebalan kulit antargenotipe yang dapat digunakan untuk seleksi toleransi tanaman terhadap rebah batang (Paliwal, 2000).

c. Daun

Setiap daun terdiri atas helaian daun, ligula, dan pelepah daun yang erat melekat pada batang. Jumlah daun sama dengan jumlah buku batang. Jumlah daun umumnya berkisar antara 10-18 helai, rata-rata munculnya daun yang terbuka sempurna adalah 3-4 hari setiap daun. Tanaman jagung di daerah tropis mempunyai jumlah daun relatif lebih banyak dibanding di daerah beriklim sedang (*temperate*). Genotipe jagung mempunyai keragaman dalam hal panjang, lebar, tebal, sudut, dan warna pigmentasi daun. Lebar helai daun dikategorikan mulai dari sangat sempit (< 5 cm), sempit (5,1-7 cm), sedang (7,1-9 cm), lebar (9,1-11 cm), hingga sangat lebar (>11 cm). Besar sudut daun mempengaruhi tipe daun. Sudut daun jagung juga beragam, mulai dari sangat kecil hingga sangat besar. Beberapa genotipe jagung memiliki antocyanin pada helai daunnya, yang bisa terdapat pada pinggir daun atau tulang daun. Intensitas warna antocyanin pada pelepah daun bervariasi, dari sangat lemah hingga sangat kuat (Paliwal, 2000).

Bentuk ujung daun jagung berbeda, yaitu runcing, runcing agak bulat, bulat, bulat agak tumpul, dan tumpul. Berdasarkan letak posisi daun (sudut daun) terdapat dua tipe daun jagung, yaitu tegak (*erect*) dan menggantung (*pendant*). Daun *erect* biasanya memiliki sudut antara kecil sampai sedang, pola helai daun bisa lurus atau bengkok. Daun *pendant* umumnya memiliki sudut yang lebar dan pola daun bervariasi dari lurus sampai sangat bengkok. Jagung dengan tipe daun *erect* memiliki kanopi kecil sehingga dapat ditanam dengan populasi yang tinggi. Kepadatan tanaman yang tinggi diharapkan dapat memberikan hasil yang tinggi pula.

d. Bunga

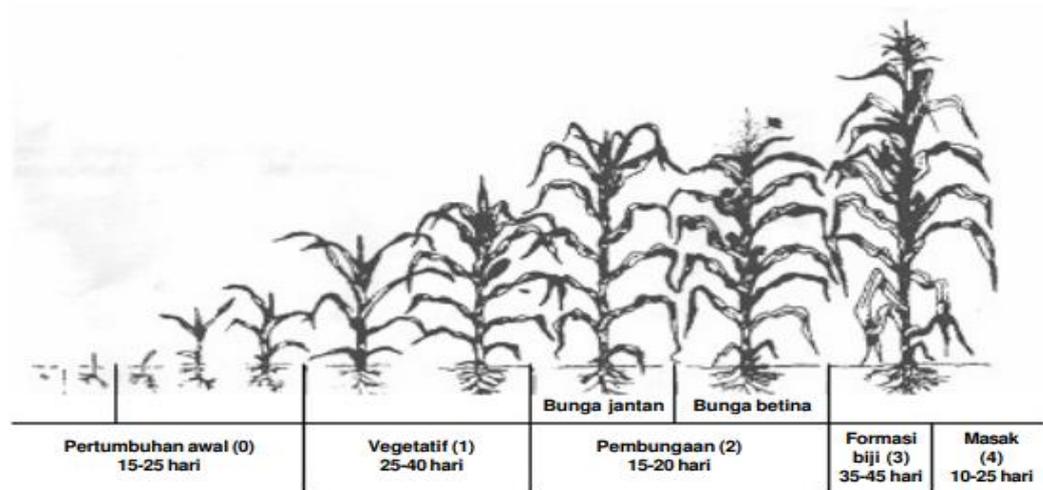
Hal yang unik dari tanaman jagung dibanding dengan tanaman sereal lain adalah karangan bunganya. jagung merupakan tanaman berumah satu (*monoecious*) di mana bunga jantan (*staminate*) terbentuk pada ujung batang, sedangkan bunga betina (*pistilate*) terletak pada pertengahan batang. Tanaman jagung bersifat *protrandy* di mana bunga jantan umumnya tumbuh 1-2 hari sebelum munculnya rambut (*style*) pada bunga betina. Oleh karena bunga jantan dan bunga betina terpisah ditambah dengan sifatnya yang *protrandy*, maka jagung mempunyai sifat penyerbukan silang. Produksi tepung-sari (*polen*) dari bunga jantan diperkirakan mencapai 25.000-50.000 butir tiap tanaman (6). Bunga jantan terdiri dari *gluma*, *lodikula*, *palea*, *anther*, *filarnen* dan *lemma*. Adapun bagian-bagian dari bunga betina adalah tangkai tongkol, tunas, kelobot, calon biji, calon janggal, penutup kelobot dan rambut-tambut (Muhadjir, F. 1988).

e. Tongkol dan Biji

Tanaman jagung mempunyai satu atau dua tongkol, tergantung varietas. Tongkol jagung diselimuti oleh daun kelobot. Tongkol jagung yang terletak pada bagian atas umumnya lebih dahulu terbentuk dan lebih besar dibanding yang terletak pada bagian bawah. Setiap tongkol terdiri atas 10- 16 baris biji yang jumlahnya selalu genap. Biji jagung disebut kariopsis, dinding ovarium atau perikarp menyatu dengan kulit biji atau testa, membentuk dinding buah. Biji jagung terdiri atas tiga bagian utama, yaitu (a) pericarp, berupa lapisan luar yang tipis, berfungsi mencegah embrio dari organisme pengganggu dan kehilangan air; (b) endosperm, sebagai cadangan makanan, mencapai 75% dari bobot biji yang mengandung 90% pati dan 10% protein, mineral, minyak, dan lainnya; dan (c) embrio (lembaga), sebagai miniatur tanaman yang terdiri atas plumula, akar radikal, skutelum, dan koleoptil (Hardman and Gunsolus 1998). Pati endosperm tersusun dari senyawa anhidroglukosa yang sebagian besar terdiri atas dua molekul, yaitu amilosa dan amilopektin, dan sebagian kecil bahan antara (White 1994). Namun pada beberapa jenis jagung terdapat variasi proporsi kandungan amilosa dan amilopektin. Protein endosperm biji jagung terdiri atas beberapa fraksi, yang berdasarkan kelarutannya diklasifikasikan menjadi albumin (larut dalam air), globulin (larut dalam larutan salin), zein atau prolamin (larut dalam alkohol konsentrasi tinggi), dan glutein (larut dalam alkali). Pada sebagian besar jagung, proporsi masing-masing fraksi protein adalah albumin 3%, globulin 3%, prolamin 60%, dan glutein 34% (Vasal 1994).

2. Stadia pertumbuhan

Menurut Yasin dkk., (2014) secara umum jagung mempunyai pola pertumbuhan yang sama. Berikut merupakan stadia pertumbuhan tanaman jagung setelah fase perkecambahan:



Gambar 2. Stadia pertumbuhan tanaman jagung Balit Serealia (2016).

Tabel 1. Stadia Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) (Subekti dkk., 2007)

Fase	Umur	Fase Pertumbuhan
V1	5 hst	Saat tanam muncul koleptil di atas permukaan tanah
V2	9 hst	Daun pertama mulai muncul
V3-5	10 – 18 hari setelah berkecambah	Jumlah daun terbuka sempurna 3-5. Pada fase ini akar seminal sudah mulai berhenti tumbuh, akar nodul sudah mulai aktif dan titik tumbuh di bawah permukaan tanah.
V6-10	18 – 35 hari setelah berkecambah	Jumlah daun terbuka sempurna 6-8. Titik tumbuh sudah di atas permukaan tanah, perkembangan akar dan penyebarannya di atas tanah sangat cepat dan pemanjangan batang meningkat cepat. Pada fase ini bakal bunga jantan (<i>tassel</i>) dimulai (Lee, 2007) dalam (Subekti dkk., 2007)
V11-Vn	33 – 50 hari setelah berkecambah	Pada fase ini, kekeringan dan kekurangan hara sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tongkol, dan bahkan akan menurunkan jumlah biji dalam satu tongkol karena mengecilnya tongkol, yang akibatnya menurunkan hasil (mcwilliams <i>et al.</i> 1999, Lee 2007) dalam (Subekti dkk., 2007). Kekeringan pada fase ini juga akan memperlambat munculnya bunga betina (<i>silking</i>).
Vt (<i>Tasseling</i>)	45 – 52 hari	Ditandai adanya cabang terakhir dari bunga jantang sebelum kemunculan bungan betina (<i>silk</i> /rambut tongkol). Tinggi tanaman hampir mencapai tinggi maksimum dan mulai menyebar serbuk sari (<i>pollen</i>)
R1 (<i>Silking</i>)	2 – 3 hari setelah <i>tasseling</i>	Diawali oleh munculnya rambut dari dalam tongkol yang terbungkus kelobot. Penyerbukan (polinasi) terjadi ketika serbuk sari yang dilepas oleh bunga jantan jatuh menyentuh permukaan rambut tongkol yang masih segar. Serbuk sari tersebut membutuhkan waktu 24 jam untuk mencapai sel telur, di mana pembuahan (fertilization) akan berlangsung membentuk bakal biji. Rambut tongkol muncul dan siap diserbuki selama 2-3 hari. Rambut tongkol tumbuh memanjang 2,5-3,8 cm/hari dan akan terus memanjang hingga diserbuki.

Tabel 1. Stadia Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) (Subekti dkk., 2007) (Lanjutan)

Fase	Umur	Fase Pertumbuhan
R2 (<i>Blister</i>)	10 – 14 hari setelah <i>silking</i>	Rambut tongkol sudah kering dan berwarna gelap. Ukuran tongkol, kelobot, dan janggol hampir sempurna, biji sudah mulai nampak dan berwarna putih meledak, pati mulai diakumulasi ke endosperm, kadar air biji sekitar 85%, dan akan menurun terus sampai panen.
R3 (masak susu)	18 – 22 hari setelah <i>silking</i>	Pengisian biji semula dalam bentuk cairan bening, berubah seperti susu. Akumulasi pati pada setiap biji sangat cepat, warna biji sudah mulai terlihat (bergantung pada warna biji setiap varietas), dan bagian sel pada endosperm sudah terbentuk lengkap. Kekeringan pada fase R1-R3 menurunkan ukuran dan jumlah biji yang terbentuk. Kadar air biji dapat mencapai 80%.
R4 (<i>Dough</i>)	24 – 28 hari setelah <i>silking</i>	Bagian dalam biji seperti pasta (belum mengeras). Separuh dari akumulasi bahan kering biji sudah terbentuk, dan kadar air biji menurun menjadi sekitar 70%. Cekaman kekeringan pada fase ini berpengaruh terhadap bobot biji.
R5 (pengerasan biji)	35 – 42 hari setelah <i>silking</i>	Seluruh biji sudah terbentuk sempurna, embrio sudah masak, dan akumulasi bahan kering biji akan segera terhenti. Kadar air biji 55%.
R6 (masak fisiologis)	55 – 65 hari setelah <i>silking</i>	Biji-biji pada tongkol telah mencapai bobot kering maksimum. Lapisan pati yang keras pada biji telah berkembang dengan sempurna dan telah terbentuk pula lapisan absisi berwarna coklat atau kehitaman. Pembentukan lapisan hitam (<i>black layer</i>) berlangsung secara bertahap, dimulai dari biji pada bagian pangkal tongkol menuju ke bagian ujung tongkol.

B. Jagung Kaya amilopektin

Jagung varietas Kaya amilopektin (*Waxy Corn*) atau jagung ketan termasuk jenis jagung kusus yang makin populer dan banyak dibutuhkan konsumen dan industri. Jagung kaya amilopektin merupakan salah satu jenis jagung lokal yang di kembangkan pada beberapa daerah di sulawesi selatan. Jagung ini mempunyai karakter spesial memiliki kandungan amilopektin yang sangat tinggi, mencapai 90%, memiliki rasa manis, pullen, dan penampilan menarik yang tidak dimiliki jagung lain sehingga banyak digemari oleh masyarakat. Namun jagung kaya amilopektin kurang populer, kusunya di masyarakat kota karena kurang di promosikan dan belum mendapat perhatian sungguh-sungguh untuk dikembangkan. Hal ini dapat mengakibatkan hilangnya sumber plasma nutfah jagung kaya amilopektin (Mahendradatta dan Tawali, 2008).



Gambar 3. Morfologi Tongkol Jagung Kaya amilopektin
(Balit Serealia, 2018)

Menurut R. Neni Iriany dkk., (2005) menerangkan bahwa jagung varietas Kaya amilopektin merupakan jagung lokal yang memiliki potensi hasil rendah, yaitu kurang dari 2-2,5 ton/ha, tongkol berukuran kecil dengan diameter 10-11 mm dan sangat peka terhadap penyakit bulai. Azrai dkk., (2007), menyebutkan bahwa,

perlu dikembangkan varietas jagung var. Kaya amilopektin agar produktivitasnya lebih tinggi dan memiliki nilai biologis yang tinggi dengan membentuk jagung varietas Kaya amilopektin hibrida yang berdaya hasil tinggi.

Balai tanaman Serealia melakukan sejumlah upaya untuk meningkatkan produktivitas jagung kaya amilopektin, salah satunya dengan melakukan persilangan dengan plasmanutfah lokal yang mempunyai potensi hasil yang lebih tinggi. Hasil kerja keras peneliti Balit Serealia kemudian menghasilkan varietas jagung kaya amilopektin baru dengan produktivitas mencapai 6 ton/ha atau 3 kali lebih tinggi dari jagung kaya amilopektin lokal. Selain itu kandungan amilopektin juga tinggi sampai 90% sehingga memberikan rasa gurih. Jagung baru yang diberi nama Kaya amilopektin URI (Untuk Rakyat Indonesia) dapat digunakan untuk memenuhi permintaan industri olahan berbasis jagung seperti marning.

1. Anatomi dan Morfologi Varietas Jagung Kaya amilopektin

a. Batang

Hasil karakterisasi jagung kaya amilopektin menurut Budi Susanto (2018), menunjukkan batang tanaman jagung varietas Kaya amilopektin berwarna hijau dan mempunyai tinggi yang beragam. Tinggi rata-rata tanaman adalah 210,7 cm. Indeks anakan pada tanaman adalah 4/20, artinya terdapat 4 dari 20 tanaman yang mempunyai anakan. Berbeda dengan tanaman jagung Kaya amilopektin lokal asal Sulawesi Utara, tinggi tanaman mencapai 245 cm dan tinggi keberadaan tongkol 106,4 cm (Balit Serealia, 2017b).

b. Daun

Daun tanaman jagung Kaya amilopektin berwarna hijau dengan tulang daun berwarna putih. Jumlah total daun per tanaman rata-rata 12 helai. Daun mempunyai panjang 113 cm dan lebar 9,5 cm. Pada pelepah daun terdapat bulu dengan intensitas yang rapat. Saat muncul pertama kali, ujung daun berbentuk bulat. Sudut antara batang dan helaian daun termasuk kecil yaitu 25° dengan arah lurus. Karakter daun tidak terlalu berbeda dengan tanaman jagung Kaya amilopektin lokal asal Sulut (Budi Susanto, 2018).

c. Bunga

Bunga jantan muncul sekitar 45 hst, dengan tipe cabang pada malai, primer-sekunder-tercier. Panjang malai 39,33 cm dan tangkai 23,2 cm. Jarak cabang terbawah dengan cabang teratas yaitu 13,63 cm. Rata-rata jumlah cabang primer, sekunder dan tercier pada malai berturut-turut 13, 6 dan 1. Arah cabang malai, lurus dengan sudut besar $+70^\circ$. Bunga betina muncul 47 hst, dengan warna kelobot hijau dan warna rambut merah. Tinggi tongkol pada tanaman yaitu 95,9 cm. Rata-rata tanaman mempunyai 2 tongkol. Bunga jantan muncul lebih cepat dibandingkan dengan jagung Kaya amilopektin lokal asal Sulut, yang baru muncul pada 55 HST (Budi Susanto, 2018).

2. Tongkol

Menurut Budi Susanto, (2018) Jagung kaya amilopektin mempunyai karakter penutupan kelobot bagus dengan tertutupnya semua biji. Jagung ini mempunyai susunan baris biji yang teratur dengan jumlah baris biji 10-14 baris (rata-rata 12 baris). Indeks prolifkasi, yaitu perbandingan jumlah tongkol dengan jumlah tanaman, mempunyai nilai 1,7, yang artinya 14 individu dari 20 tanaman

mempunyai 2 tongkol. Rata-rata panjang tongkol adalah 18,33 cm dan panjang tangkai 16,58 cm. Tongkol memiliki diameter 4,42 cm, janggal 2,91 cm dan rakhis berdiameter 2,04 cm. Jumlah biji per baris pada tongkol adalah 20-28 baris dengan rata-rata 24 baris. Janggal berwarna putih. Bentuk bagian atas tongkol mengkerucut. Sudut keberadaan tongkol dan batang sedang, yaitu lebih dari 50o , serta kerontokan biji 1%.

C. Jagung Kaya Antosianin

Jagung ungu merupakan salah satu varietas yang banyak dikembangkan di negara Thailand. Jagung ini berbeda dengan jagung pada umumnya yang memiliki keunikan tersendiri yaitu mempunyai biji berwarna ungu. Menurut Balai Penelitian Tanaman Serealia (2017), warna ungu pada biji disebabkan oleh tingginya kandungan antosianin. Antosianin merupakan senyawa fenolik yang terdapat pada beberapa tumbuhan yang berwarna ungu. Fei Lao *et al.* (2017), menyebutkan bahwa senyawa fenolik jagung ungu berpotensi sebagai anti oksidan, anti peradangan, anti mutagenik, anti kanker dan anti angiogenesis. Potensi tersebut juga dapat mencegah penyakit akibat gaya hidup yang salah seperti obesitas, diabetes, hiperglikemia, hipertensi dan kardiovaskular, dan diklaim memiliki nutrisi yang lebih banyak yang mengandung kalsium, lemak, asam filkat, potasium, selenium, niasin, zat besi, serat, dan asam amino. Kandungan antosianin pada jagung ungu sangat tinggi yaitu 290 – 1323 mg/ 100 g berat kering dan asilasi antosianin 35 – 54 % (Pu Jing, 2016). Sedangkan menurut Jones (2005), kandungan antosianin rata-rata jagung ungu adalah 1.640 mg/100 g berat segar.

Sementara kadar gulanya menurut Gao Lei dari Lembaga Pengembangan Riset dan Teknologi Pertanian (2005), sekitar 11,95%, atau tiga kali lebih banyak dari pada jagung biasa. Kekurangan dari jagung ini yaitu mempunyai biji yang keras, sehingga harus dilakukan pengolahan untuk mengkonsumsinya. Jagung ungu memiliki potensi manfaat yang besar untuk dikembangkan di Indonesia. Balai Penelitian Serealia (2017a), menyatakan perlu mengembangkan jagung ungu yang dapat digunakan untuk diverifikasi pangan. Galu-galur jagung ungu baik lokal maupun galur introduksi dari luar negeri dapat disilangkan dan di uji adaptasi agar sesuai dengan kondisi lingkungan Indonesia.



Gambar 4. Morfologi Tongkol Jagung tinggi antosianin (Balit Serealia, 2013)

1. Anatomi dan Morfologi Jagung Kaya Antosianin

a. Batang

Jagung ungu menurut Budi Susanto (2018), mempunyai karakter batang berwarna ungu dari bagian akar sampai tempat bunga jantan tumbuh. Tinggi tanaman rata-rata 177,85 cm. Tanaman mempunyai Indeks anakan 2/20. Menurut BPTP Maluku, tinggi tanaman jagung ungu mencapai 250,2 cm dan tinggi keberadaan tongkol 180,6 cm (Balit Serealia, 2017b).

b. Daun

Tanaman jagung ungu kaya antosianin mempunyai daun berwarna hijau dan pada tepi tulang daun terdapat warna ungu. Rata-rata tanaman mempunyai jumlah total daun 12 helai. Daun mempunyai panjang 104,8 cm dan lebar 9,38 cm. Pada pelepah daun, bulu mempunyai intensitas yang rapat. Ujung daun pertama berbentuk bulat. Sudut antara helaian daun dan batang kecil $+25^\circ$ dengan arah helaian agak melengkung (Budi Susanto, 2018).

c. Bunga

Menurut Budi Susanto (2018) bunga jantan pada jagung ungu muncul pada umur 44 hst dan bunga betina keluar rambut tongkol pada 46 hst. Bunga jantan atau malai mempunyai panjang 40,53 cm dengan tangkai sepanjang 20,2 cm. Jarak cabang malai adalah 13,38 cm. Jumlah cabang primer pada malai berkisar antara 8-19 cabang dan cabang sekunder 2-10 cabang. Cabang malai membentuk sudut yang kecil $+25^\circ$ dengan arah cabang malai agak melengkung.

2. Tongkol

Karakter tongkol pada jagung ungu menurut Budi Susanto (2018) memiliki beberapa perbedaan. Susunan baris biji teratur dengan jumlah baris biji 12-18 baris (rata-rata 14 baris). Memiliki tongkol lebih dari satu tongkol. Panjang Tongkol 14,83 cm, panjang tangkai 9,75 cm dan diameter 4,4 cm. Diameter janggal dan rakhis berturut-turut 2,75 cm dan 1,74 cm. Jumlah biji perbaris pada tongkol yaitu 18-34 baris dengan rata-rata 27 baris. Janggal berwarna ungu. Kerontokan butir 1%. Kelobot pada tongkol berwarna ungu sampai ungu kehijauan dengan rambut

berwarna merah kecoklatan. Rata-rata tanaman mempunyai 1 tongkol (Balit Serealia, 2017b).

D. Macam-Macam Persilangan pada Tanaman Jagung

Persilangan merupakan teknik mengawinkan bunga dengan meletakkan pollen atau serbuk sari pada stigma (lubang atau rongga yang dangkal berisi cairan kental agak lengket sebagai tempat meletakkan pollen dan masuknya tabung pollen ke dalam ovari (bakal buah) pada waktu polinasi/penyerbukan (Sandra, 2008). Ada beberapa macam persilangan yang dilakukan pada tanaman jagung menurut wikipedia, yaitu sebagai berikut:

1. Silang Ganda (*Double cross*)

Double cross merupakan persilangan antara 2 dua hibrida F1 silang tunggal yang berlainan. Keturunan hasil dari persilangan ini dinamakan hibrida silang ganda dan bersifat homogen heterozigot. Awal mulanya hibrida silang ganda di pergunakan untuk mewakili hibrida silang tunggal pada jagung yang pada masa itu produksi dan penampilan tanamannya kurang patut.

2. Silang Tiga Jalur (*Three Way Crosses*)

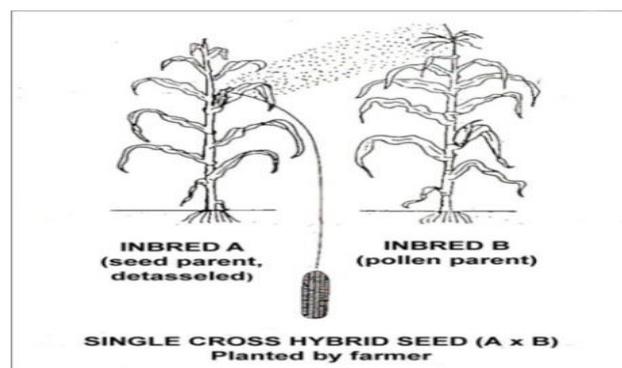
Silang Tiga Jalur merupakan persilangan antara hibrida F1 hasil silang tunggal dengan satu galur inbred. Keragaman genetik hibrida silang tiga jalur lebih besar daripada hibrida silang tunggal karena menggunakan tiga macam galur inbred yang berlainan. Dalam praktik pembuatan kultivar hibrida jagung, silang tiga jalur mulai dibiarkan lepas dan digantikan oleh hibrida silang tunggal.

3. Silang Balik (*Back Cross*)

Back cross adalah persilangan antara suatu keturunan hasil persilangan dengan satu diantara tetuanya. Tujuan dari silang balik yaitu memulihkan penampilan dari individu hasil persilangan yang kurang patut dan mengakumulasi gen-gen yang menjadi target dari persilangan agar stabil pada individu keturunan.

4. Persilangan Silang Tunggal (*Single Cross*)

Single cross merupakan metode persilangan antara 2 galur inbred yang di pergunakan untuk membuat kultivar hibrida. Hibrida hasil persilangan ini dinamakan hibrida silang tunggal serta bersifat homogen dan heterozigot. Hibrida silang tunggal (*single cross*) adalah cara pertama perakitan kultivar hibrida yang ditemukan oleh George Harrison Shull pada tahun 1908.



Gambar 5. Metode persilangan *single cross*
(<http://nrcca.cals.cornell.edu>)

Single Cross atau silang tunggal, merupakan langkah awal perakitan kultivar hibrida. Silang tunggal yang superior mendapatkan kembali vigor dan produktifitas yang hilang saat penyerbukan sendiri serta akan lebih vigor dan produktif dibandingkan dengan tetuanya. Keuntungan menggunakan metode ini disamping memiliki hasil yang tinggi, hibrida silang tunggal lebih seragam dan produksi benihnya relatif lebih mudah (Anonim, 2019). Salah satu upaya untuk

meningkatkan kadar protein biji jagung adalah dengan memanfaatkan efek xenia (serbuk sari (*pollen*) pada fenotip biji dan buah yang dihasilkan tetua betina). Persilangan buatan ini dilakukan dengan cara memilih tongkol tanaman sesuai dengan perlakuan tertentu yang sudah ditentukan. Kemudian tongkol yang telah diserbuki ditutup dengan kantong khusus untuk melindungi dari penyerbukan oleh tepung sari bunga lain (Wijaya, 2018).

Tahap selanjutnya prinsip seleksi berulang yaitu memilih *family* yang diinginkan serta membuat suatu persilangan antar *family* terpilih, dan menanam kembali benih hasil rekombinasi untuk diseleksi lagi. Demikian dilakukan berulang-ulang sehingga memperoleh populasi yang lebih baik dari populasi awal. Pada umumnya satu daur seleksi memerlukan tiga musim yaitu pertama persilangan untuk pembuatan *family*, kedua percobaan untuk mengevaluasi penampilan *family*, ketiga memilih *family* yang dikehendaki. Selanjutnya dilakukan pembuatan persilangan antara *family* yang terpilih (Azrai, 2009). Tujuan seleksi ini adalah untuk memperbaiki sifat-sifat tanaman yang umum, misalnya umur, kekuatan akar dan batang, ketahanan hama dan penyakit, atau daya hasil.

E. Hukum Mendel

Menurut Gregor Johann Mendel (1842), dalam Gnugroho (2012), Mendel mulai melakukan penelitian dan meletakkan dasar-dasar hereditas. Ilmuwan dan biarawan ini menemukan prinsip-prinsip dasar pewarisan melalui percobaan yang dilakukan dan dikendalikan sangat cermat dalam pembiakan silang. Penelitian Mendel menghasilkan hukum Mendel I dan II.

1. Hukum Mendel I

Mendel melakukan persilangan *monohybrid* atau persilangan satu sifat beda, dengan tujuan mengetahui pola pewarisan sifat dari tetua kepada generasi berikutnya. Persilangan monohibrida adalah persilangan sederhana yang hanya memperhatikan satu sifat atau tanda beda. Persilangan ini untuk membuktikan hukum Mendel I yang menyatakan bahwa pasangan alel pada proses pembentukan sel gamet dapat memisah secara bebas. Hukum Mendel I disebut juga dengan hukum segregasi.

P (Parental 1)	:	Bunga Merah	X	Bunga Putih
		MM	X	mm
Gamet 1	:	M		m
F1	:		M m	

Gambar 6. Persilangan Monohibrid (Ahab, 2017)

2. Hukum Mendel II

Hukum Mendel II atau yang dikenal hukum asortasi bebas bahwa bila dua individu mempunyai dua pasang atau lebih sifat, maka diturunkannya sepasang sifat secara bebas, tidak bergantung pada pasangan sifat yang lain. Hukum mendel II berlaku pada pembentukan gamet persilangan dihibrid yang merupakan perkawinan dua individu dengan dua tanda beda (G. Nugroho, 2012).

P (parental)	:	<u>bunga merah</u> \times	<u>bunga putih</u>
		MM	<u>mm</u>
<u>Gamet</u>	:	M	<u>m</u>
F1	:	Mm	
		<u>Merah muda</u>	
<u>Jika F1 disilangkan dengan sesamanya (F1 \times F1)</u>			
P	:	Mm \times	Mm
<u>Gamet</u>	:	M, m	<u>M, m</u>

Gambar 7. Contoh Persilangan dihibrid (Ahab, 2017)

Menurut Mendel (1842), dalam G. Nugroho (2012), Pada hukum ini Mendel melanjutkan persilangan dengan menyilangkan tanaman dengan dua sifat beda, misalnya warna bunga dan ukuran tanaman. Persilangan dihibrid juga merupakan bukti berlakunya hukum Mendel II berupa pengelompokkan gen secara bebas saat pembentukan gamet. Persilangan dengan dua sifat beda yang lain juga memiliki perbandingan fenotip F2 sama, yaitu 9 : 3 : 3 : 1. Berdasarkan penjelasan pada persilangan monohibrid dan dihibrid tampak adanya hubungan antara jumlah sifat beda, macam gamet, genotip, dan fenotip beserta perbandingannya.

3. Epistasis

Menurut Ronald Fisher (1918), epistasis (*epistacy*) merupakan interaksi antara dua atau lebih lokus yang mengendalikan sifat kuantitatif tertentu yang sama. Epistasis dalam pengertian Fisher bersifat statistik karena didefinisikan sebagai penyimpangan dari nilai harapan. Pada fenomena epistasis, ekspresi suatu gen akan ditutupi oleh gen lain yang mengkodekan sifat yang sama (Klug, dkk., 2012; Snustad dan Simmons, 2012: Corebima, 2013).

Epistasis adalah interaksi antara dua gen atau lebih dari lokus yang berbeda dalam membentuk suatu fenotip (Saxena, dkk.,2012). Epistasis terdiri dari epistasis komplementer dan epistasis duplikat. Epistasis komplementer merupakan interaksi gen dimana fungsi suatu gen akan diperlukan oleh gen lain untuk membentuk suatu fenotip, sedangkan epistasis duplikat adalah interaksi yang hanya jika dua gen menghasilkan bahan yang sama untuk membentuk fenotip yang sama (Klug, dkk., 2011).

- a. Dua puncak, maka kemungkinan nisbah yang terjadi adalah 3:1 (1 gen dominan penuh), 9:7 (2 gen epistasis resesif duplikat), 13:3 (2 gen epistasis dominan resesif), 15:1 (2 gen epistasis dominan duplikat).
- b. Tiga Puncak, maka kemungkinan nisbah yang terjadi adalah 1:2:1 (1 gen dominan tidak sempurna), 9:3:4 (2 gen epistasis resesif), 9:6:1 (2 gen dengan efek kumulatif), 12:3:1 (2 gen epistasis dominan).
- c. Lebih dari tiga puncak, maka kemungkinan nisbah fenotip yang terjadi adalah 9:3:3:1 (2 gen dominan penuh), atau 6:3:3:4 (1 pasang gen dominan sempurna dan 1 pasang gen dominan sebagian).
- d. Grafik yang unimodal (menyebar normal) menunjukkan pewarisan poligenik.

F. Hipotesis

1. Penampilan karakter fenotip generasi F1 hasil persilangan tanaman jagung kaya amilopektin (♀) dan tinggi antosianin (♂) tidak mengalami pola segregasi.
2. Karakter kuantitatif generasi F1 hasil persilangan tanaman jagung kaya amilopektin (♀) dan tinggi antosianin (♂) memiliki nilai heritabilitas rendah.
3. Terdapat individu hasil nilai indeks seleksi yang tinggi berdasarkan karakter jumlah daun per tanaman, tinggi tanaman dan rebah batang dari total populasi F1 sebanyak 333 individu.