

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Morfologi dan Fisiologi Tanaman Jagung

Jagung (*Zea mays L*) adalah tanaman semusim dan termasuk jenis rumputan/graminae yang mempunyai batang tunggal, meski terdapat kemungkinan munculnya cabang anakan pada beberapa genotipe dan lingkungan tertentu. Batang jagung terdiri atas buku dan ruas. Daun jagung tumbuh pada setiap buku, berhadapan satu sama lain. Bunga jantan terletak pada bagian terpisah pada satu tanaman sehingga lazim terjadi penyerbukan silang. Jagung merupakan tanaman hari pendek, jumlah daunnya ditentukan pada saat inisiasi bunga jantan, dan dikendalikan oleh genotipe, lama penyinaran, dan suhu. Tanaman jagung termasuk famili rumput-rumputan (*graminae*) dari subfamili *myadeae*. Dua famili yang berdekatan dengan jagung adalah teosinte dan tripsacum yang diduga merupakan asal dari tanaman jagung. Teosinte berasal dari Meksico dan Guatemala sebagai tumbuhan liar di daerah pertanaman jagung (Subekti *et al.*, 2007).

Jagung disebut juga tanaman berumah satu (*monoeciuous*) karena bunga jantan dan betinanya terdapat dalam satu tanaman. Bunga betina, tongkol, muncul dari axillary apices tajuk. Bunga jantan (*tassel*) berkembang dari titik tumbuh apikal di ujung tanaman. Pada tahap awal, kedua bunga memiliki primordia bunga biseksual. Selama proses perkembangan, primordia stamen pada axillary bunga tidak berkembang dan menjadi bunga betina. Demikian pula halnya primordia ginaecium pada apikal bunga, tidak berkembang dan menjadi bunga jantan (Paliwal, 2000).

Menurut Gradner *et al* (2008), menyatakan bahwa saat terjadi transisi ke pembungaan maristem pucuk menghasilkan pemula daun atau perbungaan, tergantung pada fotoperiode dan kemungkinan interaksi dengan temperatur. Pertumbuhan yang tidak tertentu terus menghasilkan daun. Pada beberapa spesies kuncup yang sama pada mulanya menghasilkan daun, kemudian struktur bunga, selanjutnya daun lagi. Pada tanaman semusim, transformasi kuncup vegetatif ke perbungaan mengakhiri produksi daun lebih lanjut. Permulaan pembungaan pada tanaman tersebut dapat dianggap sebagai keterlibatan terakhir dari sumber energi. Setelah pembungaan dan pembuahan tanaman akan mati.

Pengaruh panjang hari terhadap pembungaan atau respon tanaman terhadap panjang hari disebut fotoperiode. Panjang hari yang lebih dari optimum akan menyebabkan tertundanya pembungaan tanaman hari pendek sampai tercapai panjang hari kritis tertentu, di atas panjang hari kritis ini tanaman tetap vegetatif. Begitu pula, panjang hari dibawah panjang kritis menyebabkan tanaman menjadi peka pada kondisi fotoinduktif setelah memenuhi tahap vegetatif dasar (Major, 1980).

Meskipun terdapat kompleksitas respon tanaman terhadap panjang hari dan bermacam-macam interaksi dengan faktor lingkungan, klasifikasi sangat bermanfaat untuk membantu mengerti mengenai respon tanaman terhadap panjang hari. Tanaman jagung, sorgum, dan kedelai merupakan salah satu tanaman yang termasuk tanaman hari pendek. Pembungaan digalakkan oleh panjang hari yang lebih pendek daripada panjang hari maksimum kritis dan biasanya

dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan lainnya seperti temperatur (Kasperbauer,1973).

Ada tiga tahap dalam pembungaan yang masing-masing dengan fotoperiode yang berbeda serta kebutuhan suhu yang jelas,terdiri dari :

1. Induksi pembungaan yang merupakan rangsangan pembungaan sebagai respon terhadap temperatur dingin dan hari pendek musim gugur.
2. Permulaan pembungaan yang terjadi transformasi dari titik tumbuh yang telah terinduksi tetapi secara morfologi berbentuk vegetatif menjadi pemula pembungaan sebagai respon terhadap hari panjang dan temperatur yang cukup hangat pada musim semi.
3. Perkembangan pembungaan lebih lanjut terjadi pertumbuhan dan perkembangan pemula pembungaan menjadi bunga sampai perbungaan dewasa,sebagai respon terhadap hari panjang dan temperatur musim semi yang cukup hangat (Gradner *et al.*,2008).

Pada kebanyakan tanaman budidaya lapangan,biji merupakan produk akhir yang diinginkan,dan buah umumnya tidak mempunyai kepentingan praktis.Umumnya pernyerbukan merupakan isyarat untk pertumbuhan buah,dan fertilisasi memicu pertumbuhan bakal biji dan pembentukan biji dibawah pengaruh hormon pertumbuhan.Butir serbuk sari terbentuk dari sel induk mikrospora di dalam kepala sari.Serbuk sari berkecambah hampir seketika apabila bersentuhan dengan kepala putik penerimanya, yang memberikan rangsangan substrat yang cocok (Gradner *et al.*,2008).

Penyerbukan pada jagung terjadi bila serbuk sari dari bunga jantan menempel pada rambut tongkol. Hampir 95% dari persarian tersebut berasal dari serbuk sari tanaman lain, dan hanya 5% yang berasal dari serbuk sari tanaman sendiri. Oleh karena itu, tanaman jagung disebut tanaman bersari silang (*cross pollinated crop*), di mana sebagian besar dari serbuk sari berasal dari tanaman lain. Terlepasnya serbuk sari berlangsung 3-6 hari, bergantung pada varietas, suhu, dan kelembaban. Rambut tongkol tetap reseptif dalam 3-8 hari. Serbuk sari masih tetap hidup (*viable*) dalam 4-16 jam sesudah terlepas (*shedding*). Penyerbukan selesai dalam 24-36 jam dan biji mulai terbentuk sesudah 10-15 hari. Setelah penyerbukan, warna rambut tongkol berubah menjadi coklat dan kemudian kering (Subekti *et al.*,2007).

Tanaman memperoleh bentuk khas terutama karena pertumbuhan kuncup pertumbuhan kuncup ujung dan kuncup lateral. Pertumbuhan dari kuncup lateral sesungguhnya dapat mengubah bentuk dan penampakan tanaman. Pada tanaman semusim, pertumbuhan vegetatif umumnya diakhiri oleh reproduksi. Daun, batang, dan bagian-bagian lainnya tidak hanya gagal untuk bersaing dalam hal hasil asimilasi yang diproduksi selama pemasakan buah, tetapi sampai batas tertentu mungkin menyumbangkan karbon dan mineral yang telah ditimbun sebelumnya melalui proses mobilisasi dan redistribusi (Gardner *et al.*,2008).

Pada tanaman monokotil, endosperma merupakan suatu satuan struktural utama biji yang mempunyai ciri tersendiri. Endosperma monokotil tersusun atas sel parenkima yang tidak mengalami diferensiasi yang terbungkus dalam kantung

lapisan luar yang tipis, yang membungkus sel hidup dan kaya akan protein, yaitu *aleurone* (Leopold dan Kriedemann, 1975).

Menurut Toole dan Hendrick (1956), perkecambahan merupakan peristiwa fisiologis dan morfologis yang meliputi, imbibisi dan absorpsi air, hidrasi jaringan, absorpsi O<sub>2</sub>, pengaktifan enzim dan pencernaan, transport molekul yang terhidrolisis ke sumbu embrio, peningkatan respirasi dan asimilasi, inisiasi pembelahan dan pembesaran sel, dan munculnya embrio.

Pertumbuhan vegetatif diawali di dalam meristem kuncup ujung dan lateral dan di dalam meristem, interkalar daun muda dan ruas. Pertumbuhan dari meristem interkalar biasanya terbatas pada jumlah tertentu sel-sel aktif dan pada kebutuhan akan hormon yang dipasok dari sumber yang lain (kuncup dan daun muda) (Gardner *et al.*, 2008).

Pada tanaman jagung memiliki perakaran dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada kondisi tanah yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada kondisi tanah yang subur dan gembur karena sistem pengolahan tanah yang baik, akan didapat jumlah akar yang cukup banyak, sedang pada tanah yang kurang baik akar akan tumbuh kurang maksimal (Warisno, 1998).

Tingginya curah hujan di sebagian Indonesia menyebabkan tingkat pencucian hara tinggi terutama basa-basa, sehingga basa-basa dalam tanah akan segera tercuci keluar lingkungan tanah dan yang tinggal dalam kompleks adsorpsi liat dan humus adalah ion H dan Al. Akibatnya tanah menjadi bereaksi masam dengan kejenuhan basa rendah, dan menunjukkan kejenuhan aluminium yang tinggi. Selain itu tanah-tanah yang terbentuk umumnya merupakan tanah

berpenampang dalam, berwarna merah-kuning, dan mempunyai kesuburan alami yang rendah (Subagyo *et al.*, 1998).

### **B. Pemuliaan Tanaman Menyerbuk Silang**

Prosedur pemuliaan tanaman menyerbuk silang berbeda dengan tanaman menyerbuk sendiri. Pada tanaman menyerbuk sendiri bertujuan untuk memperoleh individu tanaman homozigot sedangkan pada tanaman menyerbuk silang bertujuan untuk memperoleh populasi tanaman heterozigot. Suatu varietas tanaman menyerbuk silang pada dasarnya merupakan suatu populasi yang mempunyai frekuensi gen tertentu, maka keragaman genetik dapat dipertahankan dari generasi ke generasi karena adanya kawin acak, sehingga baik frekuensi gen maupun genotipe dapat tetap sama pada generasi keturunan.

Sebagai langkah awal program pemuliaan tanaman menyerbuk silang adalah tersedianya populasi dasar, yang dapat berasal dari varietas lokal atau dibentuk oleh pemuliaan. Tujuan dari pembentukan populasi dasar untuk meningkatkan keragaman sifat yang mempunyai arti ekonomi penting dan mempertahankan keseragaman sifat lainnya (Poespodarsono, 1988).

Peningkatan keragaman genetik pada populasi dasar disamping ditentukan oleh genotipe penyusunnya, juga oleh sifat perkawinan setiap individu anggota populasi dasar itu. Menurut Allard (1960) ada 5 sistem persilangan yang dikenal dalam persilangan menyerbuk silang, yaitu : kawin acak (*Random Mating*) ; kawin antar tanaman yang secara genetik sejenis ; kawin antar tanaman yang secara fenotipe sejenis ; kawin antar tanaman yang secara genetik tidak sejenis ; kawin antar tanaman yang secara fenotipe tidak sejenis.

Pada program pemuliaan tanaman menyerbuk silang seleksi merupakan penerapan teori genetika kuantitatif dari genetika populasi terhadap peramalan dan penampilan perilaku populasi. Seleksi dapat berlangsung secara alam dan buatan. Secara buatan biasanya dapat berupa seleksi stabilitas, seleksi pemecahan dan seleksi terarah (Allard, 1960).

Dengan seleksi diharapkan adanya perubahan frekuensi gen yang dikehendaki. Dengan perkataan lain, seleksi dapat menciptakan populasi dengan susunan genotipe baru. Perubahan susunan genotipe dapat dilihat dari terjadinya pergeseran rata-rata populasi, yakni dari populasi dasar ke arah populasi tanaman terseleksi. Selisih kedua rata-rata populasi ini menunjukkan besaran tanggap terhadap seleksi (Poespodarsono, 1988).

### **C. Interaksi Genetik**

Ilmuwan modern menemukan bahwa banyak sifat tidak hanya dikendalikan oleh satu gen, seperti yang dikemukakan oleh Mendel. Untuk dapat membentuk fenotipe, satu gen harus berinteraksi dengan banyak gen lain yang dikenal dengan interaksi gen. Interaksi gen dibedakan menjadi interaksi antar-alel dan interaksi antar-lokus. Interaksi antar-alel membicarakan hubungan antara dua alel pada satu lokus untuk membentuk suatu fenotipe tertentu. Sedangkan interaksi antar-lokus lebih kompleks dibandingkan dengan interaksi antar-alel karena melibatkan alel pada dua lokus berbeda (Griffith *et al.*, 2005).

Epistasis merupakan interaksi antara gen dengan gen dalam mengendalikan satu sifat. Kombinasi alel gen tertentu akan berpengaruh terhadap gen yang lain dalam menentukan suatu sifat (Sobir dan Syukur, 2015).

Menurut Miko (2008), menyatakan bahwa epistatis terjadi pada kondisi ketika :

1. Dua lokus atau lebih berinteraksi untuk membentuk fenotipe baru.
2. Salah satu lokus menutupi efek lokus lainnya.
3. Salah satu lokus memodifikasi efek lokus lainnya.

Epistatis digunakan untuk menjelaskan tiga hal, yaitu hubungan fungsional antar gen, urutan genetik jalur-jalur metabolisme, dan perbedaan kuantitatif dari efek interaksi antar-alel (Phillips, 2008).

Aksi gen dinilai berdasarkan nisbah potensi yang menggambarkan peran gen dominan. Pada dominasi ini, terdapat simpangan dari nilai genotipe terhadap nilai pemuliaannya. Simpangan dominan muncul dari sifat-sifat dominan diantara alel-alel pada suatu lokus, dan merupakan interaksi antar alel atau interaksi di dalam lokus (Krisnawati *et al.*, 2011).

Interaksi antar-alel adalah interaksi yang terjadi antara dua atau lebih alel yang berasal dari lokus yang sama untuk menghasilkan suatu fenotipe. Interaksi antar-alel terdiri atas dominan, dominan tidak lengkap, kodominan, dan dominan berlebih (Poespodarsono, 1988).

Dominan merupakan kehadiran alel dominan dari suatu gen menyebabkan efek alel resesif dari lokus yang sama akan terselubungi, sehingga fenotipe yang tampak adalah efek alel dominan. Pada tipe ini, fenotipe dari individu bergenotipe heterozigot identik dengan fenotipe individu bergenotipe homozigot dominan. Zuriat individu heterozigot yang menyerbuk sendiri akan bersegregasi



menjadi 3 zuriat dominan : 1 zuriat resesif. Tipe ini disebut juga dengan kedominanan penuh (Hartana,1992).

Pada dominan tidak sempurna, alel dominan tidak dapat menutupi alel resesif sepenuhnya. Akibatnya, individu yang heterozigot memiliki sifat yang setengah resesif (Aryulina *et al.*,2006).

Kodominan adalah dua alel menghasilkan produk berbeda yang kerjanya berlainan dan dapat diketahui pada heterozigot. Pada tipe ini, alel-alel suatu gen dari lokus yang sama berinteraksi dan sama-sama memberikan efek pada penampilan fenotipnya (de Meijer *et al.*,2003).

Sedangkan dominan berlebih merupakan dua alel yang dalam keadaan heterozigot menghasilkan sifat yang terletak di luar kedua tetuanya. Kasus seperti ini terjadi pada kasus warna anther jagung (Hollic dan Chandler,1998).

#### **D. Pendugaan Parameter Genetik**

Dalam pendugaan parameter genetik, nilai ragam genotipe, fenotipe, dan lingkungan dapat dipisahkan dan dapat diduga antara satu dan lainnya, sehingga mudah mengukur nilai variabilitas, heritabilitas dan kemajuan genetik. Pendugaan parameter genetik dalam kaitan karakteristik sifat-sifat tanaman merupakan komponen utama dalam upaya perbaikan sifat tanaman sesuai dengan yang dikehendaki. Keberhasilan seleksi tanaman dalam pemuliaan tergantung pada seberapa luas variabilitas genetik yang ada dari suatu materi yang akan diseleksi (Akhtar *et al.*,2007).

Beberapa parameter genetik yang dapat digunakan sebagai pertimbangan agar seleksi efektif dan efisien adalah keragaman genetik, heritabilitas, korelasi dan

pengaruh dari karakter-karakter yang erat hubungannya dengan hasil. Adanya keragaman genetik, yang berarti terdapat perbedaan nilai antar individu genotipe dalam populasi merupakan syarat keberhasilan seleksi terhadap karakter yang diinginkan (Suharsono *et al.*, 2006).

Pengertian dari populasi adalah suatu kelompok individu yang berkembang biak secara seksual dan melakukan perkawinan secara acak. Suatu populasi dapat disebut juga sebagai kumpulan individu yang membentuk suatu *gene pool*. Dalam suatu populasi tanaman, penampilan karakter dapat berbeda antar individu tanaman. Adanya perbedaan penampilan dari suatu karakter diantara individu dalam suatu populasi disebut sebagai keragaman (Sobir dan Syukur, 2015).

Keragaman genetik dapat diuraikan atas komponen keragaman aditif, dominansi dan epistatis. Suatu analisis berbasis informasi kekerabatan, dapat menguraikan keragaman fenotipe atas keragaman antarfamily dan intrafamily, dan dengan menggunakan korelasi nilai pemuliaan sebesar 1 untuk hasil kawin sendiri, dapat diduga ragam aditif antarfamily dan intrafamily (Becker, 1975 ; Falconer dan Mackay, 1996).

Heritabilitas merupakan suatu alat ukur relatif yang sering digunakan pemulia tanaman untuk menilai seberapa besar suatu keragaman fenotipe disebabkan oleh keragaman genetik. Semakin tinggi nilai heritabilitas, semakin besar pula keragaman fenotipe tersusun atas keragaman genotipe (Jambormias *et al.*, 2004).

Heritabilitas adalah proporsi ragam genetik terhadap besaran total ragam genetik ditambah dengan ragam lingkungan, dengan kata lain heritabilitas merupakan proporsi besaran ragam genetik terhadap ragam fenotipe untuk suatu karakter tertentu. Ada dua nilai heritabilitas yang dikenal yaitu heritabilitas dalam arti luas dan dalam arti sempit. Nilai heritabilitas dalam arti luas memperhatikan ragam genetik total dalam kaitannya dengan lingkungan. Sedangkan dalam arti sempit yang menjadi fokus perhatian adalah keragaman yang diakibatkan oleh peran gen aditif merupakan bagian dari keragaman genetik total (Alif, 2008).

Nilai heritabilitas dikatakan rendah apabila kurang dari 20%; cukup tinggi pada 20-50%; tinggi pada lebih dari 50%. Namun, nilai-nilai ini sangat tergantung dari metode dan populasi yang digunakan (Sobir dan Syukur, 2015).

Nilai heritabilitas berkisar antara 0 dan 1. Heritabilitas dengan nilai 0 berarti bahwa keragaman fenotipe terutama disebabkan oleh faktor lingkungan, sedangkan keragaman dengan nilai 1 berarti keragaman terutama disebabkan oleh genotipe. Semakin mendekati 1 heritabilitasnya dinyatakan semakin tinggi, sebaliknya semakin mendekati 0 heritabilitasnya semakin rendah. Jadi heritabilitas dapat diartikan proporsi keragaman teramati yang disebabkan oleh sifat menurun. Heritabilitas dalam arti luas dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$h^2 = \sigma^2_G / \sigma^2_P$$

Dimana :  $h^2$  = heritabilitas arti luas

$\sigma^2_G$  = ragam genetik

$\sigma^2_P$  = ragam fenotipe

Sedangkan heritabilitas dalam arti sempit merupakan perbandingan antara ragam aditif dan ragam fenotipe dengan persamaan berikut :

$$h^2 = \sigma^2_A / \sigma^2_P$$

Dimana :  $h^2$  = heritabilitas arti sempit

$\sigma^2_A$  = ragam aditif

$\sigma^2_P$  = ragam fenotipe

Umumnya heritabilitas dalam arti sempit banyak mendapatkan perhatian karena pengaruh aditif dari tiap alelnya diwariskan dari tetua kepada keturunannya (Poespodarsono,1988).

Keragaman genetik disusun atas keragaman aditif ( $\sigma^2_A$ ),penyimpangan dominansi ( $\sigma^2_D$ ), dan penyimpangan antar beda alel atau epistatis ( $\sigma^2_I$ ).Dengan demikian dapat dibuat persamaan sebagai berikut :

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I$$

Keragaman gen aditif merupakan keragaman yang diakibatkan oleh alel yang mempunyai pengaruh secara kuantitatif.Keragaman penyimpangan dominansi akibat penyimpangan keragaman aditif yang timbul bila heterozigot melebihi homozigot.Ragam genetik aditif merupakan penyebab utama kesamaan antara kerabat.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 daya gabung ( Muhamad Syukur,2005).

Ragam yang diukur dari suatu populasi untuk karakter tertentu merupakan ragam fenotipe.Ragam fenotipe ( $\sigma^2_P$ ), terdiri dari ragam genetik ( $\sigma^2_G$ ), serta interaksi antara ragam genetik dan lingkungan ( $\sigma^2_{GXE}$ ),sehingga :

$$\sigma^2_P = \sigma^2_G + \sigma^2_E + \sigma^2_{G \times E}$$

Ragam genetik terdiri dari ragam genetik aditif ( $\sigma^2_A$ ), ragam genetik dominan ( $\sigma^2_D$ ), dan ragam genetik epistatis ( $\sigma^2_I$ ), ketiga hubungan adalah sebagai berikut :

$$\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I.$$

Ragam aditif merupakan penyebab utama kesamaan di antara kerabat. Ragam ini muncul akibat adanya aksi gen aditif dan dominan, dengan rumus :

$$\sigma^2_A = 2pq(a+d(q-p))^2$$

$\sigma^2_A$  adalah ragam aditif, (a) adalah nilai genotipe homozigot, (p) adalah frekuensi alel yang diinginkan, (q) adalah frekuensi alel yang tidak diinginkan, (d) adalah nilai genotipe heterozigot. Sedangkan ragam dominan merupakan penyebab utama ketidaksamaan di antara kerabat. Ragam ini muncul akibat adanya aksi gen dominan, dengan rumus :

$$\sigma^2_D = 4p^2q^2d^2$$

Ragam ini semakin besar jika nilai (d) (akibat aksi gen dominan) semakin besar. Ragam dominan dapat diperoleh dengan rumus  $\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I$ , dengan asumsi tidak ada epistatis  $\sigma^2_G = \sigma^2_A + \sigma^2_D$ . Ragam dominan adalah ragam genotipe dikurangi ragam aditif  $\sigma^2_D = \sigma^2_G - \sigma^2_A$ . Peran masing-masing ragam dapat tercermin dari rasio heritabilitas arti sempit dengan heritabilitas arti luas (Sobir dan Syukur, 2015).

Sejak diperkenalkan oleh Comstock dan Robinson tahun 1948, rancangan-rancangan North Carolina telah digunakan oleh banyak pemulia tanaman untuk menduga komponen ragam genetik dalam populasi tanaman. Materi genetik diambil dari populasi secara acak, sebagai tetua betina dan tetua jantan. Setiap

jantan disilangkan kepada satu kelompok betina (yang sama jumlahnya), maka akan terbentuk  $P_m \times P_f$  single cross ( $P_m$  : adalah tetua jantan;  $P_f$  : adalah tetua betina) sebanyak  $m \times f$  single cross. Turunannya ditanam menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL). Ragam diantara single cross terdiri dari ragam diantara jantan dan ragam diantara betina dalam jantan (bersarang). Anova dari Rancangan Persilangan Noth Carolina I dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Ragam Rancangan Persilangan Noth Carolina I yang Berasal dari satu set populasi

Sumber keragaman	Derajat bebas	Kuadrat tengah	Nilai harapan E(MS)
Set (s)	(s-1)		
Ulangan/Set (r)	s(r-1)		
Jantan/Set (m)	s(m-1)	M1	$\sigma^2 + r \sigma_{f/m}^2 + rf \sigma_m^2$
Betina/Jantan/Set (f)	s m(f-1)	M2	$\sigma^2 + r \sigma_{f/m}^2$
Error	s(mf-1)(r-1)	M3	$\sigma^2$

Dari Tabel 1, dapat dicari nilai ragam aditif dan dominan :

$$M1 = \sigma^2 + r \sigma_{f/m}^2 + rf \sigma_m^2$$

$$M2 = \sigma^2 + r \sigma_{f/m}^2$$

$$\sigma_m^2 = (M1 - M2)/rf \text{ dimana } \sigma_m^2 = \text{Cov HS}$$

$$\sigma_{f/m}^2 = (M2 - M3)/r \text{ dimana } \sigma_{f/m}^2 = \text{Cov FS}$$

Bila tetuanya non inbred (bukan galur murni) maka  $F = 0$  sehingga

$$\text{Cov HS} = \frac{1}{2} \sigma_A^2 + \frac{1}{16} \sigma_{AA}^2 + \text{epistasis aditif tingkat tinggi}$$

$$\text{Cov FS} = \frac{1}{2} \sigma_A^2 + \frac{1}{4} \sigma_D^2 + \frac{1}{4} \sigma_{AA}^2 + \text{aditif dan dominan epistasis}$$

Bila diasumsikan tidak ada epistasis, maka dapat diduga nilai ragam aditif dan dominan sebagai berikut :

$$\sigma^2_A = 4 \text{ Cov HS} = 4 (M3 - M2)/rf$$

$$\sigma^2_D = 4 (\text{Cov FS} - 2\text{Cov HS}) = 4\{(M2 - M1)/r - [1/2 (\sigma^2_A)]\}$$

Maka dapat juga diduga nilai heritabilitas sebagai berikut :

$$\sigma^2_G = 1/2 \sigma^2_A + 1/4 \sigma^2_D$$

$$\sigma^2_P = 1/2 \sigma^2_A + 1/4 \sigma^2_D + \sigma^2_{e/r}$$

$$h^2 \text{ arti sempit} = 1/2 \sigma^2_A / \sigma^2_P$$

$$h^2 \text{ arti luas} = \sigma^2_G / \sigma^2_P$$

Asumsi yang digunakan pada rancangan persilangan Noth Carolina I adalah :

1. Perilaku tanaman diploid
2. Tidak ada efek maternal
3. Tidak ada keterpautan
4. Tidak ada epistasis ( Muhamad Syukur,2005)