

# **DASAR PEMULIAAN TERNAK**

*Ir. Irzal Irda, MP  
Ir. Nelzi Fati, MP  
Eva Yulia, Spt, MSi*



# DASAR PEMULIAAN TERNAK

Penulis :

***Ir. Irzal Irda, MP***  
***Ir. Nelzi Fati, MP***  
***Eva Yulia, SPT, MSi***

**ISBN :**

**Editor :** Dihan Kurnia

**Reviewer :** Dr. Ramaiyulis, S.Pt, MP  
Dr. Salvia, MP

**Desain sampul dan Layout :** Toni Malvin

**Penerbit :**

**POLITEKNIK PERTANIAN NEGERI PAYAKUMBUH**

Jl Raya Negara km 7 Tanjung Pati, Kec. Harau, 26574  
Kabupaten Lima Puluh Kota Sumatera Barat Indonesia

Web: <http://ppnp.ac.id>

Telp. 0752-7754192

Email: [p3m.pnp@gmail.com](mailto:p3m.pnp@gmail.com)

**Hak Cipta dilindungi Undang Undang.**

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, atas rahmat dan hidayahnya sehingga penulisan buku ini dapat diselesaikan. Peran ternak yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan manusia akan protein hewani melalui produksi daging, telur dan susu. Produksi ternak baik daging, telur dan susu sangat tergantung pada bibit (*breeding*), pakan (*feeding*) dan manajemen.

Bibit yang baik akan dihasilkan dari program pemuliaan ternak yang baik pula yang dalam pelaksanaannya berintikan seleksi dan persilangan (perkawinan). Seleksi dapat dilaksanakan dengan baik bila diketahui sifat-sifat yang akan diseleksi yaitu sifat kuantitatif dan sifat kualitatif sebagai dasar seleksi. Buku ini memuat pokok bahasan antara lain : Dasar-dasar Genetika, Sifat Kualitatif dan Kuantitatif, Heritabilitas dan Repeatabilitas, Seleksi dan Culling serta Sistem Perkawinan.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh yang telah menyediakan anggaran untuk pembiayaan penulisan buku ini dan kepada semua pihak yang telah membantu sehingga buku ini bisa terwujud.

Demikianlah semoga buku ini bermanfaat dan menjadi amal ibadah disisi-Nya.

Tanjung Pati, Agustus 2022

Tim Penulis

## **SINOPSIS**

Ilmu dasar pemuliaan ternak adalah ilmu yang mempelajari dasar dari pemuliabiakan ternak yang merupakan dasar dari pengembangan ternak sehingga dapat meningkatkan produksi ternak, efisiensi ternak, memperbaiki keturunan ternak sehingga diharapkan peningkatan populasi ternak yang sangat diharapkan di bidang peternakan.

Buku ini memuat ilmu tentang dasar genetika ternak yang meliputi dasar genetika, persilangan mono, dihibrida, trihibrida, hukum hardy dan Weinberg, disamping itu juga sifat kualitatif dan kuantatif ternak. Agar kita tidak melakukan kesalahan dalam persilangan maka kita harus mengetahui bagaimana melakukan seleksi dan culling yang benar. Sifat hereditas dan repeatabilitas juga ada dalam buku ini, sehingga kita bisa mengetahui seberapa besar sifat genetik itu dapat diturunkan pada turunannya terutama pada sifat produksi ternak.

Salah satu yang cukup penting juga adalah sistem perkawinan, salah dalam mengawinkan ternak tanpa tahu asal dari ternak akan bisa menghasilkan keturunan yang tidak diinginkan. Dalam buku ini juga berisi perkawinan dari ternak dan dampaknya pada ternak itu sendiri. Peningkatan produktivitas ternak melalui seleksi dan system perkawinan sehingga kita dapat meningkatkan mutu genetic ternak yang berdampak pada peningkatan populasi ternak di masa mendatang.

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> -----	iii
<b>SINOPSIS</b> -----	iv
<b>DAFTAR ISI</b> -----	v
<b>DAFTAR TABEL</b> -----	vii
<b>BAB I. DASAR-DASAR GENETIKA</b> -----	1
1.1. Tujuan Instruksional Khusus-----	1
1.2. Prinsip Dasar Genetika Klasik (Hukum Mendel) --	1
1.3. Sistem Persilangan Untuk Pewarisan Satu, Dua dan Tiga Sifat/Faktor -----	1
1.3.1. Sistem Persilangan Untuk Pewarisan Satu Faktor -----	1
1.3.2. Sistem Persilangan Untuk Pewarisan Dua Faktor-----	7
1.3.3. Sistem Persilangan untuk Pewarisan Tiga Faktor (Persilangan Trihibrida)-----	12
1.4. Perhitungan Kombinasi yang Bersifat Epistasis---	12
1.4.1. Prinsip Epistasis -----	12
1.4.2. Epistasis Sederhana -----	12
1.4.3. Epistasis Ganda-----	14
1.4.4. Interaksi yang Tidak Mengubah Rasio-----	16
1.5. Hukum hardy-weinberg -----	16
Soal Latihan-----	17
1.7. Sumber Pustaka -----	18
<b>BAB II. SIFAT KUALITATIF DAN KUANTITATIF</b> -----	19
2.1. Tujuan Instruksional Khusus-----	19
2.2. Pengertian -----	19
2.3. Identifikasi pada Ternak-----	20
2.4. Keunggulan Heterozigot-----	21
2.5. Analisis Statistika Populasi, Koefisien Keragaman dan Korelasi-----	24
2.5.1. Populasi dan Sampel -----	24
2.5.2. Cara Mengukur Keragaman -----	25
2.5.3. Ciri-Ciri Sebaran Normal -----	27
2.5.4. Metode Analisis Statistik -----	28
2.6. Soal Latihan-----	32
2.7. Sumber Pustaka -----	32
<b>BAB III. HERITABILITAS DAN REPEATABILITAS</b> -----	33
3.1. Tujuan Instruksional Khusus-----	33

3.2. Heretabilitas -----	33
3.3. Repeatabilitas -----	41
3.4. Soal Latihan -----	44
3.5. Sumber Pustaka -----	44
<b>BAB IV. SELEKSI DAN CULLING</b> -----	45
4.1. Tujuan Instruksional Khusus-----	45
4.2. Seleksi dan Culling-----	45
4.2.1. Pandangan Umum Tentang Seleksi -----	45
4.2.2. Efektifitas Seleksi -----	47
4.2.3. Metode Seleksi-----	49
4.2.4. Seleksi Individu -----	50
4.2.5. Seleksi Berdasarkan Catatan Silsilah -----	52
4.2.6. Seleksi Berdasarkan Penggunaan Catatan Kerabat (Famili) -----	54
4.2.7. Seleksi Atas Dasar Keturunan -----	54
4.3. Culling -----	56
4.4. Soal Latihan-----	56
4.5. Sumber Pustaka-----	56
<b>BAB V. SISTEM PERKAWINAN</b> -----	57
5.1. Tujuan Instruksional Khusus-----	57
5.2. Sistem Perkawinan Individu Berkerabat -----	58
5.2.1. Silang Dalam ( Inbreeding ) -----	58
5.2.2. Biak Sisi ( Line Breeding )-----	61
5.3. Sistem Perkawinan Individu Tidak Berkerabat ----	62
5.3.1. Silang Luar ( Outbreeding/Out Crossing ) -	62
5.3.2. Silang Balik ( Back Crossing ) -----	62
5.3.3. Silang Puncak ( Top Crossing )-----	62
5.3.4. Silang Tingkat ( Grading Up ) -----	63
5.3.5. Perkawinan Seragam ( Mating Likes ) ----	63
5.3.6. Perkawinan Tak Seragam ( Mating Unlikes )	63
5.3.7. Biak Luar Lain -----	65
5.4. Soal Latihan-----	66
5.5. Sumber Pustaka-----	66

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Contoh Sifat-sifat Dominan dan Resesif pada Ternak -----	5
2. Fenotip yang Dihasilkan oleh Aksi Gen Kodominan Pada Sapi Shorthon -----	6
3. Contoh Sifat-Sifat Yang Diwariskan Secara Kodominan Pada Ternak-----	6
4. Beberapa Sifat Yang Dikontrol Oleh Gen Dominan Atau resesif Letal -----	7
5. Hubungan Antara Alel Tetua Dengan Anaknya-----	12
6. Jumlah Kombinasi Gamet dan Genotip Dari Berbagai Jenis Persilangan -----	12
7. Cara Perhitungan Rataan dan Ragam Bobot Babi -----	26
8. Tinggi (Inci) Dari 532 Mahasiswa-----	28
9. Daerah Di Bawah Kurva Normal Untuk Unit-Unit Standar Deviasi Tertentu Yang Terletak Pada Daerah Yang Bersebelahan Dengan Rataan-----	29
10. Data Bobot Lahir Induk dan Anak Dalam lb (1 lb = 0,454 kg)-----	30
11. Beberapa Nilai Angka Pewarisan (Heritabilitas) pada Ternak (%) -----	35
12. Model Analisis Sidik Ragam, Untuk Menghitung Nilai $h^2$ dengan menggunakan Data Saudara Tiri -----	37
13. Beberapa Nilai Angka Pengulangan pada Berbagai Macam Ternak (%)-----	42
14. Hubungan Heritabilitas dengan Kecermatan Seleksi-----	48
15. Ketepatan Seleksi Uji Zuriat untuk Berbagai Jumlah Anak per Calon Pejantan dan Berbagai Nilai $h^2$ -----	55
16. Depresi Silang Dalam Sebagai Akibat Adanya Kenaikan Koefisien Silang Dalam 10 %-----	61

## I. DASAR-DASAR GENETIKA

### 1.2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti Bab ini diharapkan Mahasiswa mampu :

1. Menjelaskan prinsip dasar genetika klasik (hukum Mendel)
2. Menjelaskan sistim persilangan untuk pewarisan satu faktor.
3. Menjelaskan sistem persilangan untuk pewarisan dua faktor.
4. Menjelaskan sistem persilangan untuk pewarisan tiga faktor.
5. Menjelaskan perhitungan kombinasi yang bersifat epistasis.

### 1.2. Prinsip Dasar Genetika Klasik (Hukum Mendel)

Ilmu genetika berakar dari hasil kerja Mendel, seorang biarawan Austria yang tidak terkenal, dalam tahun 1860-an. Prinsip-prinsip klasik yang dikembangkan oleh Mendel dan oleh banyak penggantinya mengemukakan bahwa :

- a. Unit keturunan terdapat dalam pasangan-pasangan di dalam tubuh hewan dan tanaman tingkat tinggi.
- b. Reduksi terjadi pada saat pembentukan gamet atau sel benih/germ cell (sperma, sel telur) dengan akibat bahwa hanya satu anggota dari masing-masing pasangan unit keturunan akan terdapat dalam tiap-tiap sel benih.
- c. Anggota dari satu pasang unit keturunan akan memasuki salah satu benih, dan terjadi secara acak.
- d. Pembuahan terjadi secara acak yaitu setiap sel benih dengan unit keturunan tertentu dari jenis kelamin yang satu mempunyai kesempatan yang sama untuk bergabung dengan setiap sel benih jenis kelamin yang lain.

### 1.3. Sistem Persilangan Untuk Pewarisan Satu, Dua dan Tiga Sifat/Faktor

#### 1.3.1. Sistem Persilangan Untuk Pewarisan Satu Faktor

Prinsip-prinsip genetika klasik digambarkan oleh Mendel dengan melakukan persilangan antara dua galur Kapri, yaitu galur murni untuk sifat tinggi (T) dan galur murni untuk sifat kerdil (t) :

Tetua ;

Fenotipe	tinggi	x	kerdil
Genotipe	TT	x	tt
Gamet	semua T		semua t

Keturunan, atau generasi F<sub>1</sub> :

Fenotipe	tinggi	x	tinggi
Genotipe	Tt	x	Tt
Gamet-gamet	½ T ½ t		½ T ½ t



Keturunan  $F_1$  disilangkan dengan  $F_1$  , sehingga diperoleh turunan kedua atau generasi  $F_2$

Fenotipe	tinggi	tinggi	tinggi	kerdil
Genotipe	TT	Tt	Tt	tt
Nisbah fenotipik		3	:	1

Beberapa istilah yang digunakan di atas dan beberapa istilah lain yang digambarkan dengan contoh tersebut didefinisikan sebagai berikut :

- Gen* : Unit keturunan pokok. Digunakan secara bergantian dengan istilah faktor "keturunan".
- Hibrida* : Keturunan dari tetua yang genetik murni untuk satu pasang atau lebih faktor-faktor keturunan yang berlainan.
- $F_1$  Hibrida* : atau generasi keturunan yang pertama dari suatu persilangan. Keturunan dari persilangan antar generasi  $F_1$  adalah  $F_2$ , dst.
- Fenotipe* : Kenampakan luar atau sifat-sifat lain dari suatu individu yang dapat diamati atau dapat diukur. Dalam contoh di atas , tinggi dan kerdil adalah fenotipe.
- Genotipe* : Susunan genetik dari suatu individu. Dalam hal ukuran dari tanaman kapri genotipenya adalah TT, Tt dan tt.
- Dominan* : Satu anggota dari satu pasang faktor keturunan atau gen-gen yang efeknya muncul sebagian atau seluruhnya dalam fenotipe, dengan tidak memandang anggota lain yang menjadi pasangannya dari pasangan atau rangkaian faktor tersebut. Pada contoh ukuran tanaman kapri, T faktor untuk tinggi dominan terhadap t, faktor untuk kerdil.
- Resesif* : Faktor keturunan yang efeknya tidak terlihat apabila ada bersama-sama dengan anggota dominan dari pasangannya atau rangkaian faktor itu. Pada genotipe Tt, faktor t tidak tampak dalam fenotipe.
- Homozigot* : (keadaan homozigot). Individu yang genetik murni untuk anggota dari suatu pasangan atau rangkaian faktor keturunan tertentu. Sebagai contoh genotipe TT dan tt adalah homozigot. Individu homozigot akan menghasilkan satu macam gamet dalam hubungannya dengan pasangan atau rangkaian faktor tersebut.
- Heterozigot*: (keadaan heterozigot). Individu yang membawa anggota yang tidak sama dari suatu pasangan atau rangkaian faktor keturunan tertentu; yaitu Tt. Individu heterozigot akan menghasilkan dua macam gamet untuk pasangan atau rangkaian faktor tersebut, dalam proporsi yang sama.
- Segregasi* : Pemisahan anggota dari satu pasang faktor pada saat pembentukan sel benih . Gen-gen tetap sebagai satuan yang dari generasi ke generasi memisah pada saat

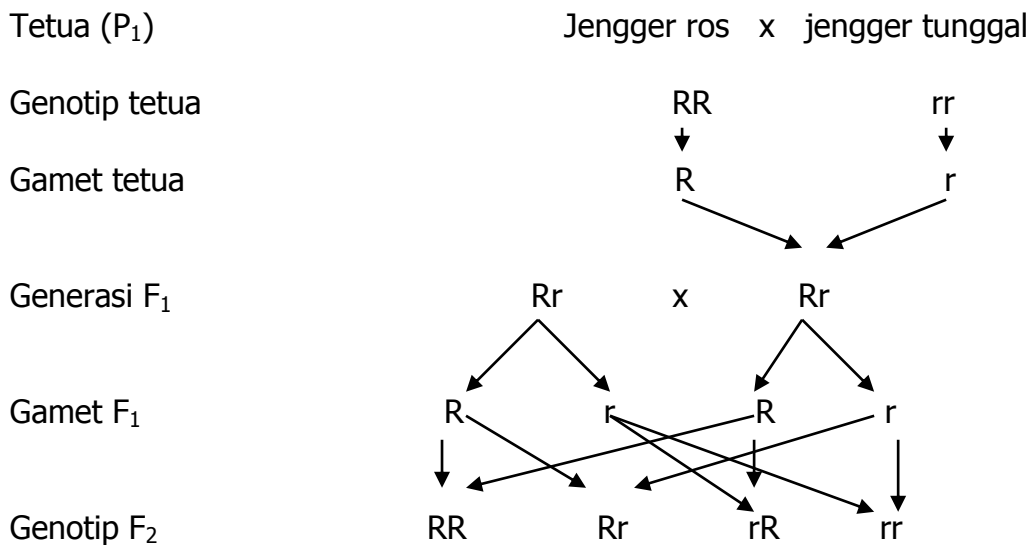
pembentukan sel benih dan tidak bergabung atau bercampur. Hal ini merupakan prinsip pewarisan Mendel yang pertama.

**Alele** : Anggota-anggota dari satu pasang (atau rangkaian) faktor keturunan.

Persilangan sederhana antara varietas kapri tinggi dan kerdil menggambarkan tingkah laku sifat-sifat yang diatur oleh satu pasang alel tunggal dari gen-gen atau faktor keturunan. Semua genotipe  $F_1$  adalah Tt dan fenotipnya tinggi. Masing-masing orang tua adalah genetik murni atau homozigot, dan hanya menghasilkan satu gamet untuk sifat tertentu.

Persilangan sederhana lainnya antara varietas ayam berjengger ros dengan ayam berjengger tunggal disebut persilangan parental atau  $P_1$ , sedangkan anak yang heterozigot disebut keturunan pertama (Filial = filial pertama).

Jika keturunan pertama disilangkan sesamanya maka akan dihasilkan  $\frac{3}{4}$  ayam yang berjengger rose dan  $\frac{1}{4}$  yang berjengger tunggal. Hasil persilangan antar turunan pertama ( $F_1$ ) ini disebut  $F_2$ . Persilangan lengkap antar kedua bibit murni dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Genotip dan fenotip pada generasi  $F_1$  dan  $F_2$  yang dihasilkan dari persilangan ayam berjengger tunggal homozigot dengan berjengger ros homozigot

### Testcross

Pada contoh persilangan antar turunan pertama ( $F_1$ ) di atas didapatkan dua macam fenotip, yaitu  $\frac{3}{4}$  ayam berjengger ros dan  $\frac{1}{4}$  ayam berjengger tunggal serta tiga macam genotip, yaitu RR, Rr dan rr.

Kita tidak bisa membedakan ayam yang bergenotip RR dengan Rr karena fenotipnya sama, yaitu yang berjengger ros. Untuk menentukan genotip ayam tersebut maka digunakan testcross. Testcross dilakukan dengan cara menyilangkan individu yang belum diketahui genotipnya dengan individu yang bergenotip homozigot resesif.

Secara teoritis, jika ayam yang bergenotip RR disilangkan dengan rr, maka semua anak yang dihasilkan adalah anak yang berjengger ros (Rr). Jika ayam yang bergenotip Rr disilangkan dengan ayam bergenotip rr maka akan dihasilkan dua macam fenotip, yaitu 50% ayam berjengger ros (Rr) dan 50% ayam yang berjengger tunggal (rr). Dengan kata lain, jika dari hasil persilangan yang dilakukan ditemukan ayam yang berjengger tunggal maka akan dapat dipastikan bahwa ayam yang diuji genotipnya adalah Rr. Sebaliknya, jika semua anak yang dihasilkan berjengger ros maka ayam yang diuji genotipnya adalah RR.

Dalam melakukan pengujian ini, diperlukan jumlah anak yang cukup. Jika dari 10 anak yang dihasilkan semuanya berjengger ros maka dapat dipastikan bahwa individu yang diuji bergenotip RR. Secara statistik, 10 anak ini sudah dianggap cukup mewakili, sebab peluang untuk mendapatkan 10 anak yang berjengger ros adalah  $(1/2)^{10}$ , atau 1 dalam 1.024.

### **Sifat dominan dan resesif**

Penurunan sifat tunggal mengikuti dua pola yaitu dominasi sempurna (dominan sempurna) dan dominasi tidak sempurna (dominan tidak sempurna).

Gen suatu sifat dikatakan dominan sempurna adalah bila gen dominan menutup ekspresi pasangan alel resesifnya dengan sempurna. Contoh sifat tidak bertanduk (polled) pada sapi Shorthorn ditentukan oleh gen P, dimana P dominan sempurna terhadap p yang mengatur sifat bertanduk. Apabila genotipnya PP dan Pp, maka fenotipnya tidak bertanduk dan apabila genotipnya pp maka fenotipnya adalah bertanduk. Beberapa contoh sifat dominan dan resesif pada ternak dapat dilihat pada Tabel 1.

Gen suatu sifat dikatakan dominan tidak sempurna adalah bila gen dominan menutup ekspresi pasangan alel resesifnya dengan tidak sempurna, sifat dominan hanya muncul pada kondisi genotip homozigot dominan, sedangkan pada kondisi heterozigot akan muncul sifat intermediet, yaitu sifat peralihan atau gabungan antara sifat dominan dan resesif.

**Tabel 1. Contoh Sifat-sifat Dominan dan Resesif pada Ternak**

Spesies	Sifat Dominan	Sifat Resesif
Sapi	Bulu hitam Tidak bertanduk Muka putih Polos Merah Kuku berbelah	Bulu merah Bertanduk Muka polos Bercak putih Kuning Kuku tunggal
Ayam	Jengger ros Kulit putih Putih dominan Bulu berwarna Jengger pea Shank berbulu Bulu hitam	Jengger tunggal Kulit kuning Berwarna Putih resesif Jengger tunggal Shank tidak berbulu Bulu merah
Kuda	Bulu hitam Bay Bulu lurus	Chesnut atau sorrel Hitam Keriting
Domba	Wol bercampur bulu Wol berwarna putih Mata coklat	Wol tidak berbulu Wol berwarna hitam Mata biru
Babi	Bulu hitam Berselempang putih Telinga tegak Berkuku tunggal	Bulu merah Polos Telinga Berkuku belah

**Penyimpangan Rasio Persilangan dari Pewarisan Satu Faktor****a. Intermediet (Kodominan)**

Pada sapi shorthorn terdapat tiga pola warna, yaitu merah, putih, dan roan ( di sela-sela bulu putih tumbuh bulu merah). Warna merah dihasilkan jika gen merah dalam keadaan homozigot (genotip RR), sedangkan warna putih dihasilkan jika gen putih dalam keadaan homozigot (rr). Warna roan timbul jika gen merah dan putih ada secara bersamaan (Rr). Dalam hal ini gen merah dan gen putih tidak saling mendominasi sehingga muncul warna antara.

Semua kemungkinan persilangan yang melibatkan warna bulu ini dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan beberapa contoh sifat yang diwarisi secara kodominan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 2. Fenotip yang Dihasilkan oleh Aksi Gen Kodominan Pada Sapi Shorthorn**

Fenotip Tetua	Fenotip Anak
Merah (RR) x merah (RR)	Semua merah (RR)
Putih (rr) x putih (rr)	Semua putih (rr)
Putih (rr) x merah (RR)	Semua roan (Rr)
Roan (Rr) x merah (RR)	1/2 roan (Rr) : 1/2 merah (RR)
Roan (Rr) x putih (rr)	1/2 roan (Rr) : 1/2 putih (rr)
Roan (Rr) x roan (Rr)	1/4 merah (RR): 1/2 roan (Rr): 1/4 putih (rr)

**Tabel 3. Contoh Sifat-Sifat Yang Diwariskan Secara Kodominan Pada Ternak**

Spesies	Sifat- sifat homozigot		Sifat-sifat heterozigot
Sapi	Merah	putih	Roan
Ayam	Hitam	putih	Biru
	Bulu normal	Keriting berat	Keriting sedang
Kuda	Chesnut	putih	Palomino
	Bay	putih	Buckskin
Babi	Hitam	merah	Merah bercak hitam
Domba	Wol normal	Wol kasar	Wol sedang
Marmot	Kuning	putih	Krem
Kambing	Telinga panjang	Telinga pendek	Telinga sedang

b. Pengaruh gen letal (lethal) dan detrimental

Secara teknis suatu gen dikatakan letal jika dapat menyebabkan kematian dini pada ternak yang membawa gen tersebut. Gen yang menyebabkan kematian ternak sesaat atau beberapa saat setelah dilahirkan disebut subletal, semi letal atau laten letal.

Gen letal yang resesif harus dalam keadaan homozigot resesif agar bisa diekspresikan. Individu yang homozigot resesif ini tidak akan bertahan hidup lama dan biasanya mati sebelum berproduksi. Individu ini dapat dihasilkan dari persilangan antara dua individu yang heterozigot (carrier). Sebagaimana persilangan monohibrida, persilangan ini akan menghasilkan rasio genotip 1 : 2 : 1. Oleh karena 25% hasil persilangan akan mati (yang bergenotip aa) maka fenotip yang ada hanya yang normal, yaitu AA dan Aa.

Gen letal ini merupakan hasil mutasi dari gen normal. Jika gen resesif letal mengalami mutasi menjadi gen dominan letal maka gen baru ini akan menyebabkan kematian sebelum individu tersebut bereproduksi. Satu-satunya cara agar gen dominan letal ini diwariskan ialah bila gen bersifat sub letal. Beberapa gen letal memperlihatkan aksi kodominan. Dalam keadaan homozigot, hanya individu yang homozigot normal akan hidup. Dalam keadaan heterozigot individu tersebut menunjukkan sebagian sifat letalnya, sedangkan dalam keadaan homozigot letal, individu tersebut akan mati.

Sebagai contoh adalah sifat creeper pada unggas. Individu creeper akan menunjukkan deformasi kaki yang menyebabkan individu berjalan seperti merayap. Bila diasumsikan bahwa individu creeper bergenotip (Cc). Gen C adalah gen normal sedangkan gen c adalah gen letal. Persilangan antar unggas creeper akan menghasilkan rasio genotip 1:2:1 (CC:Cc:cc). Individu yang bergenotip CC akan normal. Individu yang bergenotip Cc akan memperlihatkan sifat creeper, sedangkan individu yang bergenotip cc akan mati pada tahap embrio. Kejadian ini akan ditandai dengan daya tetas telur. Jadi, rasio fenotip dan genotip ayam yang hidup adalah 2/3 creeper (Cc) dan 1/3 normal (CC).

Beberapa sifat letal yang tidak bersifat dominan penuh diperlihatkan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Beberapa Sifat Yang Dikontrol Oleh Gen Dominan Atau resesif Letal**

Spesies	Heterozigot	Homozigot
Ayam	Creeper	Normal
Domba	Wol berwarna abu-abu	Hitam
Tikus	Berwarna kuning	Selain kuning
Srigala	Platinum	Perak
Sapi	Cebol	Normal
Kuda	Berwarna roan	Selain roan
Anjing	Tidak berbulu	Normal
Kelinci	Pelger	Normal

### 1. 3. 2. Sistem Persilangan Untuk Pewarisan Dua Faktor

Untuk persilangan antar bibit murni diambil contoh persilangan antara sapi hereford dengan sapi angus. Sapi angus memiliki warna dominan hitam (B-), sedangkan sapi hereford memiliki warna merah yang resesif (bb). Pola warna putih pada wajah sapi shorthorn dikontrol oleh gen dominan (H-), sedangkan warna polos dikontrol oleh gen resesif (hh).

Jika kedua sapi ini disilangkan maka semua anaknya berwarna hitam dengan bagian wajah putih seperti sapi hereford. Diantara anak-anak sapi pada generasi F<sub>2</sub> terdapat sapi hitam dengan wajah putih dan sapi merah, juga akan diperoleh warna seperti sapi hereford dan angus.

Prinsip segregasi dan rekombinasi dari sifat ini dikenal sebagai hukum Mendel ke 2. Sapi yang berwarna hitam dan berwajah putih pada keturunan pertama disebut *black baldies*.

Persilangan dapat digambarkan dalam bagan berikut ;

Tetua:

Fenotipe	hitam polos	x	merah berwajah putih
Genotipe	BBhh		bbHH
Gamet	semua Bh		semua bH

Generasi F<sub>1</sub> :

Fenotipe	Semua hitam berwajah putih
Genotipe	BbHh

Gamet-gamet F<sub>1</sub>

	BH	Bh	bH	Bh
BH	Hitam wajah putih, BBHH	Hitam wajah putih, BBHh	hitam wajah putih, BbHH	Hitam wajah putih, BbHh
Bh	Hitam wajah putih, BBHh	Hitam wajah polos, BBhh	Hitam wajah putih, BbHh	Hitam wajah polos, Bbhh
bH	Hitam wajah putih, BbHH	Hitam wajah putih, BbHh	Merah wajah putih, bbHH	Merah wajah putih, bbHh
bh	Hitam wajah putih, BbHh	Hitam wajah polos, Bbhh	Merah wajah putih, bbHh	Merah wajah polos, bbhh

Nisbah fenotipik F<sub>2</sub> pada persilangan dengan pewarisan satu faktor (monohibrida) yang memperlihatkan dominasi adalah 3 :1, maka pada persilangan dengan pewarisan dua faktor (dihibrida) (apabila masing-masing rangkaian gen memisah bebas) kita dapat mengharapkan nisbah pada F<sub>2</sub> yaitu (3 : 1)<sup>2</sup> atau 9 : 3 : 3 : 1.

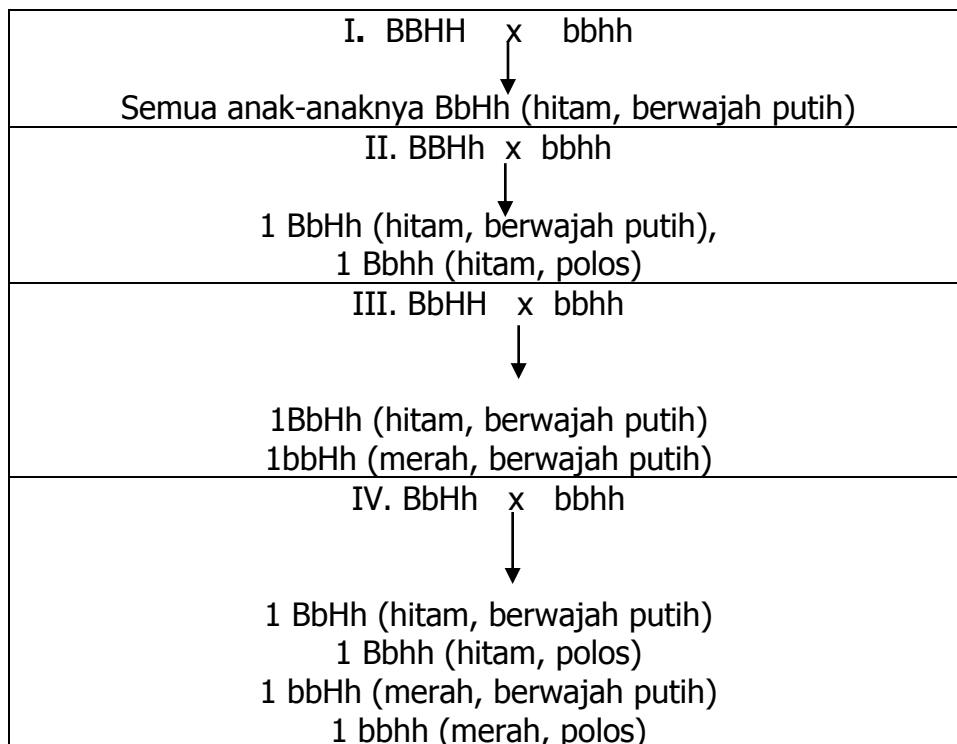
Keempat tipe gamet dibentuk dalam proporsi sama. Seperti dapat dilihat pada diagram papan catur atau Tabel 4 kali 4. Dengan menyisipkan pecahan 1/4 untuk masing-masing gamet dan mengalikan pecahan 1/4 untuk satu gamet dengan 1/4 untuk gamet lain, maka dapat dilihat bahwa 1/16 dari seluruh keturunan akan mewakili masing-masing kombinasi genetik.

Hasil persilangan antara generasi  $F_1$  maka untuk mendapatkan  $F_2$  didapatkan hasil sebagai berikut :

- Kira-kira 9/16 hitam wajah putih
- Kira-kira 3/16 hitam wajah polos
- Kira-kira 3/16 merah wajah putih
- Kira-kira 1/16 merah wajah polos

### Testcross untuk Persilangan Dihibrida

Tujuan testcross ini adalah untuk menentukan apakah individu yang menampakkan satu atau lebih sifat dominan membawa gen resesif atau tidak. Sebagai contoh, sapi yang berwarna hitam dan berwajah putih (B-H-) diuji genotipenya dengan jalan mengawinkannya dengan sapi merah polos (bbhh). Ada empat macam kemungkinan genotip sapi yang akan diuji, yaitu BBHH, BBHh, BbHH dan BbHh. Hasil persilangan dapat dilihat pada diagram berikut :



#### Diagram persilangan untuk mengetahui sifat dominan membawa Gen resesif atau tidak

Jika jumlah anak hasil pengujian ini cukup banyak sehingga semua kombinasi yang ada muncul maka dapat ditentukan genotip individunya . Sebagai contoh, jika dari 5 – 10 anak sapi tidak ada yang merah maka kemungkinan besar tetuanya BB. Jika dari 5 – 10 anak yang ada tidak



satupun yang berwajah putih (pola herefor) maka kemungkinan tetuanya HH.

### **Pengaruh Alel Kodominan**

Warna hitam pada beberapa jenis babi dikontrol oleh gen untuk warna hitam dalam keadaan homozigot (BB), alelnya adalah warna merah. Warna merah akan muncul jika genotipnya bb. Dalam keadaan heterozigot (Bb) akan dihasilkan babi merah yang bercak hitam. Prinsip pewarisan ini sama dengan pewarisan warna merah, putih dan roan pada sapi shorthorn.

Daun telinga yang berdiri (kaku) pada babi dikontrol oleh gen dominan (E-). Daun telinga yang jatuh (menutupi lubang telinga) terjadi jika gen resesif dalam keadaan homozigot (ee). Persilangan antara Ee dengan Ee akan menghasilkan rasio 3 babi dengan telinga berdiri : 1 babi dengan telinga jatuh.

Babi yang bergenotip BbEe dapat dihasilkan dari persilangan antara babi murni berkshire yang berwarna hitam dengan telinga berdiri (genotip BBEE) dengan babi duroc murni yang memiliki warna merah dan telinga jatuh (genotipnya bbee).

Rasio fenotip F<sub>2</sub> dapat dihitung dengan mengalikan rasio fenotip monohibrida, yaitu (1/4 hitam polos : 1/2 merah bercak hitam : 1/4 merah polos) x (3/4 telinga berdiri : 1/4 telinga jatuh). Hasilnya yaitu :

- 3/16 hitam polos, telinga berdiri,
- 3/8 merah bercak hitam, telinga berdiri,
- 3/16 merah polos, telinga berdiri,
- 1/16 hitam polos, telinga jatuh,
- 1/8 merah bercak hitam, telinga jatuh dan
- 1/16 merah polos, telinga jatuh.

Dapat disimpulkan bahwa rasio fenotip hasil persilangan ini adalah 3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1.

### **Pengaruh gen Letal**

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, persilangan antar ayam creeper akan menghasilkan rasio 2/3 creeper dan 1/3 normal. Warna hitam pada ayam dominan terhadap warna merah. Jika ayam creeper hitam heterozigot disilangkan dengan sesamanya maka rasio fenotip hasil persilangannya adalah (3/4 hitam : 1/4 merah) x (2/3 creeper : 1/3 normal), yaitu 6/12 hitam creeper : 3/12 hitam normal : 2/12 merah creeper dan 1/12 merah normal, atau 6 : 3 : 2 : 1.

Contoh kombinasi sifat yang dikontrol oleh gen letal dan aksi gen lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Hubungan Antara Alel Tetua Dengan Anaknya**

Hubungan Alel Tetua Dihibrida		Rasio fenotipik Harapan Anak
Lokus pertama	Lokus kedua	
Dominan-resesif	Dominan resesif	9 : 3 : 3 : 1
Dominan-resesif	kodominan	3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1
Dominan-resesif	Kodominan letal	6 : 3 : 2 : 1
Kodominan	kodominan	1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1
Kodominan	Kodominan letal	2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1
Kodominan letal	Kodominan letal	4 : 2 : 2 : 1

### 1.3.3. Sistem Persilangan untuk Pewarisan Tiga Faktor (Persilangan Trihibrida)

Selain kedua sifat yang telah dibahas pada sapi angus dan hereford, sapi american hereford memiliki tanduk yang muncul jika berada dalam keadaan homozigot resesif (pp). Sifat tidak bertanduk dikontrol oleh alel dominan (P-) yang merupakan ciri khas sapi angus murni.

Persilangan antara sapi angus murni dengan american hereford akan menghasilkan sapi black baldies yang tidak bertanduk (BbHhPp). Rasio fenotip persilangan antar F<sub>1</sub> nya yaitu ( 3 hitam : 1 merah ) x ( 3 wajah putih : 1 polos ) x ( 3 tidak bertanduk : 1 bertanduk), adalah

- 27 berwajah putih, hitam, tidak bertanduk,
- 9 berwajah putih, hitam , bertanduk,
- 9 polos , hitam, tidak bertanduk,
- 3 polos, hitam, bertanduk,
- 3 berwajah putih, merah, bertanduk.
- 3 polos, merah, tidak bertanduk,
- 1 polos, merah, bertanduk.

Untuk mencocokkan jumlah kombinasi gamet dan genotip hasil persilangan digunakan rumus berikut :

<p>Jumlah kombinasi gamet = <math>2^n</math>                  Jumlah kombinasi genotip = <math>3^n</math>                  Keterangan : n adalah jumlah sifat yang terlibat</p>
---

Jumlah gamet dan genotip hasil persilangan monohibrida, dihibrida, trihibrida, dan n hibrida tercantum pada Tabel 6.

**Tabel 6. Jumlah Kombinasi Gamet dan Genotip Dari Berbagai Jenis Persilangan**

Macam Persilangan	Jumlah Gamet	Jumlah genotip
Monohibrida	$2^1$	$3^1$
Dihibrida	$2^2$	$3^2$
Trihibrida	$2^3$	$3^3$
n-hibrida	$2^n$	$3^n$

#### 1.4. Perhitungan Kombinasi yang Bersifat Epistasis

##### 1.4.1. Prinsip Epistasis

Epistasis adalah interaksi antara gen-gen yang tidak sealel. Sebagai gambaran paling sedikit harus ada dua pasang gen yang terlibat. Gen pada lokus yang satu berinteraksi dengan gen pada lokus lain. Dari hasil interaksi tersebut diperoleh fenotip yang tidak akan diperoleh jika gen-gen tersebut bekerja sendiri-sendiri.

Sebagian besar fenotip merupakan hasil serangkaian reaksi kimia yang dikontrol oleh enzim. Produksi enzim dikontrol oleh gen. Pigmen melanin diproduksi karena reaksi enzim C yang dikontrol oleh gen C. Melanin kemudian diubah oleh enzim yang sintesisnya dikontrol oleh gen e untuk memproduksi pigmen kuning. Jika gen C tidak ada (seperti pada kasus individu dengan genotip cc) maka enzim yang mengatalis produksi melanin tidak akan ada. Oleh karena itu, melanin tidak disintesis. Walaupun gen e ada tetapi tidak ada melanin maka pigmen kuning tidak akan diproduksi. Oleh karena gen ini merupakan gen resesif yang terletak pada lokus C yang tidak memungkinkan dihasilkannya melanin maka reaksi seperti ini disebut reaksi gen epistasis.

##### 1.4.3 Epistasis Sederhana

Contoh epistasis yang paling sederhana adalah gen-gen pada satu lokus mengubah ekspresi gen pada lokus kedua tidak memodifikasi ekspresi gen yang ada pada lokus pertama.

#### 1. Epistasis dominan

Reaksi gen ini melibatkan satu gen pada satu lokus yang menekan atau memodifikasi ekspresi gen pada lokus yang kedua.

Pada kucing terdapat dua macam kucing putih. Pertama, kucing putih albino dengan mata merah muda yang sangat jarang dijumpai. Kedua, kucing putih yang warna putihnya dikontrol oleh gen penghambat warna yang beraksi secara epistasis dominan, yaitu gen W. Pemunculan warna akan dihambat hanya pada bulu, bukan pada mata. Warna hitam dikontrol oleh gen dominan B, sedangkan warna coklat disebabkan oleh gen resesif b. Jika kucing jantan hitam homozigot (BBww) disilangkan dengan kucing putih pembawa gen homozigot resesif untuk gen warna coklat (bbWW) maka akan dihasilkan anak berwarna putih dan heterozigot (BbWw) pada generasi F<sub>1</sub>. Jika hasil F<sub>1</sub> disilangkan sesamanya, akan terdapat empat macam genotip dan tiga macam fenotip, yaitu 9 B-W- (putih), 3 bbW- (putih), 3 B-ww (hitam), dan 1 bbww (coklat). Gen penghambat dominan (W) akan menekan pemunculan warna hitam dan coklat yang dikontrol oleh gen-gen yang terletak pada lokus B.

## 2. Epistasis resesif

Adanya gen albino pada mamalia merupakan contoh yang sangat baik untuk memberikan gambaran bagaimana suatu sifat dikontrol oleh gen epistasis resesif. Gen dominan C mengontrol produksi pigmen melanin, sedangkan gen homozigot resesif (cc) menyebabkan tidak diproduksinya enzim yang memproduksi melanin penyebab albino. Warna hitam pada kelinci dominan terhadap warna coklat dan masing-masing dikontrol oleh gen B dan b. Persilangan dihibrida antara kelinci heterozigot (BbCc x BbCc) akan menghasilkan empat macam genotip dan tiga macam fenotip, yaitu 9 B-C- (hitam), 3 bbC- (coklat), 3 B-cc (albino), dan 1 aabb (albino). Pada contoh ini, jika gen dalam keadaan homozigot maka fenotip yang dihasilkan adalah kelinci albino.

## 3. Epistasis Kodominan

Keberadaan gen E pada kuda akan mengakibatkan timbulnya pola warna bay. Kuda memiliki warna coklat kemerahan di seluruh tubuh, kecuali pada kaki, bulu suri dan ekor yang berwarna hitam. Gen resesif e yang homozigot akan menghasilkan warna chesnut. Gen dilusi c yang kodominan terhadap C yang dalam keadaan heterozigot akan memodifikasi warna bay menjadi warna buckskin dan chesnut menjadi palomino. Jika gen dilusi dalam keadaan homozigot (cc) maka warna akan didilusi menjadi putih, putih buram, atau krem kemerahan yang disebut warna creamello. Oleh karena dalam satu set alel dikontrol oleh gen dominan dan resesif, sedangkan alel lainnya beraksi secara kodominan maka rasio genotipnya menjadi 3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1. Jika kita memiliki kesempatan untuk mengamati pola warna anak-anak hasil persilangan dihibrida maka secara teoritis akan diperoleh 3 CCE- (bay), 6

CcE- (buckskin), 3 ccE- (putih atau krem), 1 ccee (putih atau krem), 2 Ccee (palomino), dan 1 Ccee (chestnut).

### **1.4.3. Epistasis Ganda**

#### **1. Epistasis dominan ganda**

Epistasis dominan timbul jika satu gen dominan pada satu lokus berinteraksi memodifikasi ekspresi gen pada lokus lainnya. Jika ada satu gen dominan lain pada lokus kedua juga epistasis terhadap gen pada lokus pertama maka aksi gen seperti ini disebut epistasis dominan ganda. Sebagai contoh, keberadaan bulu pada shank ayam. Ada dua set gen dominan dan resesif yang mengontrol pemunculan bulu pada shank, yaitu F dan f, S dan s. Tidak hadirnya satu saja dari gen dominan ini (F-ss, ffS-, atau F-S-) akan mengakibatkan timbulnya bulu pada shank. Genotip ffss akan menghasilkan shank yang tidak berbulu. Sebagian besar bangsa ayam tidak memiliki bulu pada shanknya. Shank yang berbulu biasanya dijumpai pada ayam black langshan.

Jika ayam murni black langshan disilangkan dengan ayam murni plymouth rocks, semua anak-anaknya akan memiliki shank yang berbulu. Jika hasil F<sub>1</sub> disilangkan sesamanya maka akan dihasilkan sekitar 15/16 ayam yang shanknya berbulu dan 1/16 tidak berbulu. Hasil testcross ayam yang bergenotip heterozigot akan menghasilkan anak  $\frac{3}{4}$  shank berbulu dan  $\frac{1}{4}$  yang tidak berbulu, atau 1 FfSs (shank berbulu), 1 Ffss (shank berbulu), 1 ffSs (shank berbulu), dan 1 ffss (shank tidak berbulu).

#### **2. Epistasis dominan dan resesif**

Contoh yang menarik dari aksi gen ini dapat dijumpai pada ayam. Dalam hal ini, gen dominan pada satu lokus dan gen resesif pada lokus lainnya berinteraksi secara bersama-sama. Warna putih pada ayam jenis white leghorn disebabkan oleh penghambat warna I yang bersifat dominan. Genotip yang resesif (ii) memungkinkan munculnya warna yang dikontrol oleh gen lain. Pada ayam white plymouth rocks, warna putih disebabkan oleh sepasang gen resesif cc, sedangkan warna lain disebabkan oleh gen dominan C. Gen putih yang resesif tidak sama dengan Albino, sebab pigmentasi terdapat di mata.

Jika ayam murni white leghorn (CCII) disilangkan dengan ayam murni white plymouth rock (iicc) maka akan dihasilkan anak-anak ayam yang berwarna putih dengan genotip (CcIi). Jika antar anak disilangkan sesamanya maka akan dihasilkan sembilan macam genotip seperti pada persilangan dihibrida dengan rasio fenotip 13/16 putih dan 3/16 berwarna.

Ayam yang bergenotip I-C-, I-cc dan iicc akan berwarna putih. Genotip yang menghasilkan warna bukan putih adalah iiC-.

### **3. Epistasis resesif ganda**

Pada ayam terdapat lokus ketiga yang menghasilkan warna bulu putih. Sepasang gen resesif (aa) akan menghasilkan ayam berbulu putih seperti yang terdapat pada ayam jenis white silkie. Gen dominan A mengontrol pemunculan warna selain warna putih. Aksi gen A ini sama dengan aksi gen C pada lokus C yang telah dibahas sebelumnya. Jika ayam white silkie disilangkan dengan ayam white plymouth rock maka semua anak-anaknya akan berwarna. Jika antar anak tersebut disilangkan sesamanya maka akan dihasilkan 9/16 ayam berwarna dan 7/16 ayam putih, atau 9 A-C- (berwarna), 3 A-cc (putih), 3 aaC- (putih), 1 aacc (putih). Adanya gen resesif pada lokus A atau pada lokus C akan menghasilkan warna putih.

### **4. Interaksi Ganda**

Warna merah pada babi jantan akan diekspresikan jika hanya ada satu gen dominan dari setiap lokus yang berbeda ( R dan S) bersamaan dengan gen pengontrol warna merah. Genotip individu yang berwarna merah adalah R-S-. Individu yang memiliki genotip rrss akan berwarna putih atau kuning muda. Individu yang bergenotip R-ss atau rrS- akan berwarna antara warna merah pada babi durocs dan warna putih yang diekspresikan oleh individu rrss. Warna antara ini disebut warna sandy.

Tanpa mengetahui pengaruh fisiologis dari gen-gen yang terlibat, sangatlah sulit untuk menentukan macam epistasisnya. Tampaknya gen-gen dominan pada kedua lokus menghasilkan warna merah. Gen dominan dari satu lokus (tidak muncul dua-duanya) akan menghasilkan warna sandy dan jika tidak ada gen dominan akan dihasilkan warna putih. Rasio fenotip dari aksi gen yang seperti ini adalah 9 : 6 : 1.

### **5. Gen letal dan epistasis**

Sifat albino pada tikus diwariskan sama seperti pada kelinci atau mamalia lainnya. Jika gen albino adalah c dan alelnya yang mengontrol pemunculan warna yang dominan adalah C maka genotip cc bersifat epistasis terhadap gen-gen yang mengontrol pemunculan warna. Dua alel yang terletak pada lokus agauti, yaitu A<sup>Y</sup> dan A masing-masing menghasilkan warna kuning dan agauti. Warna agauti adalah warna yang paling umum dijumpai pada tikus dan kelinci. Warna kuning dihasilkan dari interaksi kodominan A<sup>Y</sup>A. Genotip A<sup>Y</sup>A<sup>Y</sup> akan berakibat letal, biasanya embrio mati pada tahap awal perkembangannya. Akibatnya, jika 2 ekor tikus kuning disilangkan maka anaknya adalah 1/3 agauti dan

2/3 kuning. Rasio fenotipnya adalah 3 : 6 : 3 : 1 : 2 : 1, karena adanya sepasang gen kodominan. Rasio ini akan berubah menjadi 3 : 6 : 2 : 1 setelah kematian individu dengan genotip  $A^YA^Y$  diperhitungkan. Rasio ini kemudian berubah menjadi 3 : 6 : 3 karena adanya gen albino yang bersifat epistasis resesif. Genotip dan fenotip hasil persilangan dihibridanya adalah 3 C-AA (agouti), 6 C- $A^YA$  (kuning), 3 C- $A^YA^Y$  (letal), 1 cc  $A^YA^Y$  (letal), 2 cc  $A^YA$  (albino) dan 1 ccAA (albino).

#### 1.4.4. Interaksi yang Tidak Mengubah Rasio

Apabila tikus berwarna kuning homozigot disilangkan dengan tikus berwarna hitam homozigot maka dihasilkan anak-anak yang berwarna abu-abu. Jika tikus abu-abu itu disilangkan sesamanya, akan dihasilkan anak 9/16 abu-abu, 3/16 hitam, 3/16 kuning dan 1/6 krem. Jika diasumsikan bahwa pigmen hitam dikontrol oleh gen dominan B dan warna krem dikontrol oleh bb. Selanjutnya, agar kedua warna itu bisa diekspresikan maka gen-gen resesif harus ada pada lokus A ( B-aa = hitam, bbaa = krem). Kehadiran gen A akan memodifikasi warna hitam menjadi abu-abu (B-A-) dan warna krem menjadi kuning (bbA-). Beberapa warna pada kuda, sapi dan anjing dikontrol oleh aksi gen seperti ini.

#### 1.5. Hukum hardy-weinberg

Hukum hardy-weinberg ditemukan oleh ahli fisika W. Weinberg dan ahli matematika G. H. Hardy pada tahun 1908. Kedua ahli tersebut berasal dari Inggris.

Untuk menjelaskan hukum ini digunakan contoh perkawinan sapi shorthorn warna merah, putih dan roan. Seperti diketahui, sifat ini dikontrol oleh dua alel yang kodominan, yaitu alel merah (R ) dan alel putih (r) . Jika kita asumsikan bahwa frekuensi gen merah adalah p dan frekuensi gen putih adalah q, dengan  $p = 0,7$  dan  $q = 0,3$ , maka proporsi sapi merah dengan genotip RR adalah  $p^2 = (0,7)^2 = 0,49$ , proporsi sapi putih =  $q^2 = (0,3)^2 = 0,09$ , dan proporsi sapi roan =  $2pq = 2 (0,7) \times (0,3) = 0,42$ . Angka dua di depan pq disebabkan oleh adanya dua kemungkinan terbentuknya sapi roan, yaitu dari pertemuan sperma yang mengandung gen R dengan sel telur yang mengandung gen r dan dari sperma yang mengandung gen r dengan sel telur yang mengandung gen R.

Ada dua hal yang perlu diperhatikan sehubungan dengan hukum Hardy Weinberg.

- 1). Jumlah frekuensi gen dominan dan resesif ( $p + q$ ) adalah 1.

2). Jumlah proporsi dari ketiga macam genotip ( $p^2 + 2pq + q^2$ ) adalah 1.

Jadi pada dasarnya hukum ini menyatakan bahwa frekuensi gen dominan dan resesif pada suatu populasi yang cukup besar tidak akan berubah dari satu generasi ke generasi lainnya jika tidak ada seleksi, migrasi, mutasi dan genetic drift. Keadaan populasi yang demikian disebut dalam keadaan equilibrium (dalam keadaan seimbang).

Contoh lain penggunaan Hukum Hardy Weinberg :

Diketahui frekuensi orang albino pada suatu masyarakat adalah 1 : 10.000 . (ini kalau dipersentasekan : 0.01%).

Carilah berapa persentase orang pembawa (Aa).

Orang albino : aa

$$aa = q^2 = 1 / 10000$$

$$q = \sqrt{1/10000}$$

$$= 0,01$$

$$p + q = 1 \rightarrow p = 1 - 0,01 \\ = 0,99$$

Orang pembawa Aa berfrekwensi 2 pq.

$$= 2 \times 0,99 \times 0,01$$

$$= 0,0198$$

$$= 0,0198 \times 100 \%$$

$$= 1,98 \%$$

Ini berarti ada kira-kira 2 orang pembawa setiap 100 penduduk, atau 1 orang tiap 50 penduduk.

Dari rumus persamaan kuadrat di atas dapat kita lihat, bahwa orang heterozigot itu jauh lebih banyak daripada orang homozigot baik yang resesif maupun yang dominan.

### Soal Latihan

Kerjakanlah soal latihan berikut ini :

6. Jelaskan apa yang dimaksud dengan dominan, resesif, gen , hibrida, epistasis, genotip, fenotip, test cross.
2. Jika ayam berwarna putih disilangkan sesamanya maka akan dihasilkan anak-anak ayam yang berwarna putih pula. Dapatkah kita menyimpulkan cara pewarisan sifat warna bulu putih ini?
3. Pada marmot bulu pendek dominan terhadap panjang (L-l); sedangkan bulu kuning kodominan terhadap putih yang hasil hibridnya berwarna cream. Dikawinkan sama-sama bulu pendek cream. Buatlah Punnet square hasil perkawinan itu. Berapa bagian yang berbulu panjang kuning?
4. Pada sapi kawinan hereford warna tubuh umumnya merah, sedang muka , leher perut dan kaki putih. Sapi kawinan lain, Aberden Angus



warna tubuh hitam menyeluruh. Hitam dominan terhadap merah. Muka, leher, perut dan kaki putih dominan terhadap warna menyeluruh. Carilah ratio fenotip anak kalau dikawinkan Aberdeen angus yang hitam tak bertanduk homozigot dengan hereford bertanduk homozigot pula.

### **1.7. Sumber Pustaka**

- Artadana, I. B. M., & Savitri, W. D. (2018). Dasar-dasar Genetika Mendel dan Pengembangannya.
- Effendi, Y., & Rumah, P. P. (2020). *Buku Ajar Genetika Dasar*. Penerbit Pustaka Rumah Cinta.
- Irawan, B. (2019). *Genetika: penjelasan mekanisme pewarisan sifat*. Airlangga University Press.
- Kartikawati, E. (2021). *Modul Pembelajaran Genetika Dasar*. Media Sains Indonesia.
- Lidi, M. W., & Daud, M. H. (2019). Penggunaan Media Animasi pada Mata Kuliah Biologi Dasar untuk Meningkatkan Hasil Belajar dan Motivasi Mahasiswa Materi Genetika. *Didaktika Biologi: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, 3(1), 1-9.
- Wulandari, S., Gusmalini, A., & Zulfarina, Z. (2021). Analisis Miskonsepsi Mahasiswa Pada Konsep Genetika Menggunakan Instrumen Four Tier Diagnostic Test. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(4), 638-650.

## II. SIFAT KUALITATIF DAN KUANTITATIF

### 2.1. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti Bab ini diharapkan Mahasiswa mampu :

7. Menjelaskan Pengertian sifat kualitatif
8. Menjelaskan identifikasi pada ternak
9. Menjelaskan keunggulan heterozigot.
10. Melakukan analisis terhadap perhitungan statistika populasi, koefisien keragaman dan korelasi

### 2.2. Pengertian

Sifat kualitatif adalah suatu sifat di mana individu-individu dapat diklasifikasikan ke dalam satu, dua kelompok atau lebih dan pengelompokan itu berbeda jelas satu sama lain. Ini berlawanan dengan sifat kuantitatif di mana tidak ada pengelompokan yang jelas.

Dalam arti luas, sifat kualitatif diklasifikasikan sebagai berikut :

#### 1. Sifat luar

Sifat luar yang tampak dengan sedikit atau bahkan tak ada hubungannya dengan kemampuan produksi. Kelompok ini termasuk sifat-sifat seperti warna, bentuk dan panjang telinga, panjang ekor, ada tidaknya tanduk, dsb. Walaupun mungkin ada sedikit hubungannya dengan produksi, sifat-sifat ini mungkin penting bagi para pemulia sebagai "cap dagang" dan akibatnya sering dipertimbangkan dalam program pemuliaan. Juga sifat-sifat dapat netral, bermanfaat atau merugikan tergantung dari keadaan dimana ternak itu dipelihara. Misalnya, tanduk pada sapi mungkin berguna untuk menyerang predator di daerah di mana hal tersebut merupakan masalah. Tetapi untuk ternak yang dipelihara dalam kandang yang sempit akan mengakibatkan ternak itu melukai satu sama lain, jadi sifat itu tidak diinginkan.

Selanjutnya, beberapa sifat yang kelihatannya netral dan pengaruhnya kecil terhadap kemampuan produksi, dapat mempunyai pengaruh pleiotropik yang merugikan. Suatu contoh yaitu gen dominan untuk sifat tak bertanduk pada kambing. Apabila homozigot (PP) , yang betina berubah menjadi interseks steril dan yang jantan mempunyai sterilitas tinggi. Jadi, kita harus berhati-hati terhadap sifat-sifat semacam ini dan perlu mempertimbangkan besar kecilnya pengaruh sifat tersebut terhadap kemampuan produksi, sebelum mengambil keputusan.

#### 2. Cacat genetik

Cacat genetik berkisar dari yang hanya sedikit pengaruhnya terhadap kemampuan produksi, sampai yang mematikan individu yang cacat. Pengaruh letal muncul dan terlihat pada saat yang berbeda,

misalnya segera setelah pembuahan terjadi pada saat individu sudah dewasa atau bahkan sampai saat akhir hidupnya. Saat dimana cacat itu paling sering diketahui adalah pada saat atau segera sesudah individu dilahirkan.

Kebanyakan cacat genetik adalah resesif. Apabila homozigot resesif tidak mampu berkembang biak, maka terjadi seleksi otomatis melawan gen resesif dan biasanya cukup untuk menjaga frekuensi sifat cacat dalam populasi agak rendah. Tetapi, apabila ada keunggulan heterozigot yang nyata atau jelas akan mengakibatkan frekuensi gen meningkat dan akan timbul satu masalah.

### 3. Polimorfisme genetik.

Kelompok sifat-sifat ini dapat diketahui pada seekor ternak hanya dengan penelitian laboratorium pada cairan atau jaringan tubuh. Sifat-sifat ini sangat berguna untuk menentukan hubungan filogenetis antara spesies, bangsa dan tipe ternak yang berbeda. Dalam banyak hal biasanya tidak ada hubungannya dengan kemampuan produksi atau hubungannya sangat kecil.

## 2.3. Identifikasi pada Ternak

Kebanyakan sifat-sifat kualitatif dari ketiga tipe umum (sifat luar, cacat genetik dan polimorfisme genetik) dikontrol oleh gen-gen dan tidak banyak dipengaruhi oleh lingkungan. Umpama, bulu merah dan hitam pada sapi ditentukan secara genetik. Perbedaan lingkungan seperti memelihara ternak di tempat yang kena sinar matahari atau yang terlindung dapat mempengaruhi mengkilapnya bulu, tetapi bukan warna dasarnya.

Akan tetapi, kadang-kadang sukar untuk menentukan apakah penyebabnya genetik atau lingkungan terutama untuk sifat cacat.

Pada beberapa keadaan, faktor lingkungan dapat mempunyai pengaruh merusak terhadap embrio yang kenampakannya sangat mirip dengan pengaruh genetik yang menyebabkan cacat. Pengaruh lingkungan seperti ini disebut *teratogenik*.

Misalnya di Amerika Serikat bagian barat domba betina yang memakan jenis rumput liar tertentu (*Veratrum californicum*) pada hari ke -14 dari masa bunting sering menghasilkan keturunan cacat, antara lain dengan bentuk kepala cacat dan kerap kali hanya mempunyai satu mata. Kejadian ini sangat mirip dengan kenampakan yang diketahui merupakan cacat genetik pada anak sapi.

Pada babi, kekurangan beberapa macam vitamin B dapat menyebabkan perubahan bentuk kaki yang mirip dengan yang disebabkan genetik.

Jadi, apabila suatu cacat yang tidak diketahui penyebabnya terdapat pada sekelompok ternak, maka diperlukan "pekerjaan detektif" yang hati-hati untuk menentukan apakah cacat tersebut disebabkan oleh genetik atau lingkungan.

Kemungkinan pendekatan adalah :

1. Meninjau lagi pustaka ilmiah untuk memastikan apakah cacat yang sama telah dilaporkan sebelumnya sebagai genetik atau lingkungan.
11. Mempelajari ransum yang diberikan dan cara pengelolaannya. Adakah keadaan yang dipandang tidak biasa yang mungkin menjadi penyebabnya.
12. Mempelajari timbulnya cacat dalam silsilah keluarga ternak. Apakah hanya timbul pada keturunan dari perkawinan tertentu tetapi tidak timbul pada keturunan dari ternak lain yang mendapat ransum dan pengelolaan yang sama. Atau hanya timbul pada satu strain atau bangsa ternak tetapi tidak pada strain atau bangsa ternak lain.
13. Mempelajari frekuensi munculnya cacat itu. Apakah nisbah antara yang cacat dan normal sesuai dengan yang diharapkan apabila cacat itu disebabkan oleh homozigot resesif pada autosom, resesif terangkai kelamin atau pola genetik yang lain.
14. Menguji dengan mengawinkan kembali orang tua dari individu cacat untuk mengetahui apakah cacat timbul lagi pada musim yang berbeda dan dengan ransum yang berbeda.

Apabila sudah banyak bukti-bukti yang menunjukkan kemungkinan penyebabnya, maka dapat diambil tindakan yang sesuai untuk memperbaikinya.

Apabila diketahui ransum dan cara pengelolaan adalah penyebabnya, maka harus dilakukan perubahan.

Penyebab dari beberapa cacat tidak diketahui dan dapat digolongkan sebagai "kecelakaan dalam perkembangan". Apabila hanya satu kejadian atau beberapa yang terjadi, sering sulit atau tidak dapat menentukan apakah suatu cacat itu memang genetik atau karena lingkungan, atau merupakan kejadian sporadis yang terjadi secara kebetulan yang tak mungkin terjadi kembali. Oleh karena itu tanpa bukti-bukti yang cukup masuk akal tentang penyebabnya, sebaiknya kita tidak mengambil tindakan untuk merubah ransum atau lingkungan ataupun tindakan yang berhubungan dengan program pemuliaan.

#### **2.4. Keunggulan Heterozigot**

Pada akhir tahun 1940-an dan awal tahun 1950-an suatu tipe kerdil yang dicirikan dengan ukuran kecil, dahi yang menonjol, dan pernafasan sukar, mulai muncul dalam jumlah yang mengkhawatirkan dalam dua bangsa sapi yang terkenal. Individu kerdil dapat hidup, sering

untuk beberapa tahun, tetapi kebanyakan steril dan secara otomatis tersisihkan walaupun tidak disisihkan oleh pemiliknya. Penelitian secara cepat menunjukkan bahwa pola yang jelas adalah resesif autosomal , yaitu:

- DD - Normal
- Dd - Normal
- dd. - Kerdil

Disamping itu juga diketahui bahwa pada tahun-tahun sebelumnya mungkin telah lahir beberapa tipe kerdil yang serupa tetapi jumlahnya belum cukup besar untuk menimbulkan suatu masalah.

Peningkatan jumlah kerdil secara drastis dalam tahun 1940-an dan tahun 1950-an ternyata disebabkan oleh heterozigot yang lebih disukai. Banyak penelitian dilakukan untuk mendapatkan sifat apa dari heterozigot yang menyebabkan mereka lebih disenangi dan dipilih oleh para pemulia dan karena itu menaikkan frekuensi gen untuk sifat cacat.

Suatu metode yang cermat yang dapat menentukan apakah seekor ternak DD atau Dd belum didapatkan. Tampaknya ternak Dd rata-rata memiliki sifat yang menyebabkan pemulia ternak memilihnya dalam proporsi yang lebih tinggi daripada proporsi acak. Akan tetapi untuk dapat mengenal apakah seekor ternak DD atau Dd adalah tidak mungkin karena sebarannya saling menutup. Diketahui bahwa ternak-ternak Dd rata-rata memiliki kaki dan badan yang sedikit lebih pendek dan hal ini merupakan tanggung jawab pemulia ternak yang memilihnya.

Masalah itu diselesaikan dengan memilih ternak-ternak untuk bibit terutama dari galur-galur bibit yang tidak menghasilkan kerdil. Pada masa yang sama, sasaran seleksi telah beralih kepada tipe hewan yang besar dan tentu saja hal ini akan mengurangi atau mengalihkan kesukaan akan ternak-ternak pembawa cacat (carrier).

Gen P untuk sifat tidak bertanduk pada kambing akan dipergunakan disini untuk contoh keadaan serupa yang lebih rumit.

Jenis Kelamin	Genotipe dan fenotipe		
	PP	Pp	pp
Jantan	Tak bertanduk, 50%, fertil <sup>1</sup> dan 50% steril	Tak bertanduk, fertil	Bertanduk, fertil
Betina	Tak bertanduk, interseks Steril	Tak bertanduk Fertil <sup>2</sup>	Bertanduk Fertil

1. Individu –individu ini ternyata agak lebih fertile daripada individu pp
2. Ternyata agak lebih prolifk daripada individu pp

Jadi gen P ini dapat dianggap dominan untuk sifat tak bertanduk tetapi sifat resesif untuk betina interseks. Keadaan ini bertambah rumit karena ternyata betina Pp hiperprolifik dan sebagian jantan PP lebih fertil dibandingkan dengan individu-individu pp.

Seperti yang telah diketahui dibanyak tempat pernah dilakukan seleksi yang menguntungkan sifat tak bertanduk, sehingga terjadi peningkatan betina interseks dan jantan steril.

Sebagai contoh, dalam beberapa jenis ternak terdapat suatu keadaan yang dikenal sebagai muscular hypertrophy, double muscling, dopplender (pembesaran otot) dengan keadaan genetiknya sebagai berikut :

DMDM - Normal

DMdm - Normal, tetapi rata-rata lebih baik bentuk tubuhnya dengan otot yang menonjol, laju kenaikan berat badan perhari, dan persentase daging tak berlemak lebih tinggi.

Dmdm - otot-otot sangat menonjol, pedet yang menderita ini menyebabkan kesukaran waktu dilahirkan, bentuk tubuh yang jelek daging tak berlemak, lambat dewasa kelamin, banyak individu yang menderita dapat berkembang biak tetapi laju perkembangbiakannya dibawah normal.

Pada kebanyakan bangsa ternak "double muscling" (dmdm) tidak diinginkan. Meskipun semua ternak yang menderita disisihkan, ternyata terjadi seleksi tak sengaja untuk ternak DMdm dalam beberapa bangsa sehingga cukup untuk mempertahankan frekuensi kelahiran ternak dmdm 5 sampai 10%. Perlu diketahui bahwa di beberapa daerah di Eropa, ada kesenangan akan daging ternak dmdm dan pada beberapa bangsa ternak sengaja dilakukan seleksi untuk ternak ini meskipun terdapat masalah produksi. Dua laporan Rollins dkk (1980) yang paling akhir menyatakan bahwa keunggulan ternak DMdm dipandang cukup memadai untuk membenarkan prosedur pemuliaan yang menghasilkan ternak tersebut dalam jumlah yang besar.

Contoh-contoh seperti ini tidak banyak dalam sejarah pemuliaan ternak akan tetapi kemungkinannya cukup besar sehingga para pemulia harus waspada terhadap kemungkinan kesenangan akan heterozigot apabila hal ini menyebabkan kenaikan frekuensi cacat resesif. Bila sekali sudah diketahui maka keputusan perlu diambil mengenai apakah keunggulan dari heterozigot cukup besar untuk :

1. Mengganti kerugian karena kelahiran ternak-ternak cacat, apabila ternak terpilih kawin secara acak.

2. Membenarkan penggunaan prosedur pemuliaan yang khusus untuk produksi heterozigot maksimum.

Kemungkinan yang terakhir ini dapat dilihat pada gen dm pada sapi karena banyak jantan dmdm menghasilkan mani yang memenuhi syarat untuk inseminasi buatan. Mani ini dapat digunakan pada kelompok betina dari galur-galur atau bangsa-bangsa ternak dengan frekuensi dm rendah dan dengan demikian akan menghasilkan sejumlah besar individu Dmdm dan hanya beberapa individu dmdm.

## **2.5. Analisis Statistika Populasi, Koefisien Keragaman dan Korelasi**

### **2.5.1. Populasi dan Sampel**

Variasi berhubungan dengan perbedaan antar individu dalam suatu populasi. Rataan bobot lahir anak-anak sapi pada suatu kelompok ternak mungkin sekitar 37,5 kg. Namun, bobot lahir individunya bisa antara 25 – 50 kg. Pada kelompok ternak lain yang rata-rata bobot lahirnya sama dengan 37,5 kg memiliki kisaran bobot lahir 32,5 - 42,5 kg. Variasi pada kedua kelompok ini sangat berbeda.

Populasi meliputi seluruh ternak yang ada di dalam suatu kelompok besar ternak atau pada suatu daerah geografis. Salah satu ciri penting dari populasi atau sampel adalah nilai rata-ratanya. Rataan populasi dapat dihitung dengan jalan menjumlahkan nilai-nilai seluruh individu di dalam suatu populasi dan membagi nilai tersebut dengan jumlah individu yang ada dalam populasi tersebut. Rataan populasi biasanya dilambangkan dengan  $\mu$  (baca : my). Rumus matematikanya adalah  $\mu = \frac{\sum X}{n}$ , dengan  $\mu$  = rata-rata suatu populasi,  $\Sigma$  = penjumlahan,  $X$  = nilai-nilai pengamatan dalam suatu populasi, dan  $n$  = jumlah individu.

Pada kenyataannya, suatu populasi dapat berukuran sangat besar sehingga tidak memungkinkan untuk mengukur semua individu yang ada dalam populasi tersebut. Pada kasus seperti ini, sampel digunakan untuk menduga rata-rata populasi. Lambang yang digunakan untuk sampel ini adalah  $\bar{X}$ . Rumus matematikanya sama dengan rumus matematika untuk mencari rata-rata populasi. Individu-individu yang diambil sebagai sampel haruslah acak sehingga dapat mewakili populasi. Ukuran besar kecilnya sampel sangatlah penting. Dalam hal ini semakin besar ukuran sampel maka akan semakin mewakili populasi.

### **2.5.2. Cara Mengukur Keragaman**

Untuk menggambarkan perbedaan antara dua populasi, kita tidak cukup hanya dengan membandingkan nilai rata-rata populasinya saja.

Variasi di dalam populasi tersebut merupakan tambahan informasi yang penting bagi kita. Ada dua cara untuk mengukur variasi, yaitu keragaman dan simpangan baku.

### 1. Keragaman statistik

Ragam dapat digunakan sebagai alat untuk mengukur jumlah keragaman di dalam suatu populasi. Semakin besar ragamnya maka semakin besar pola keragamannya. Rumus matematika untuk mencari ragam ( $\sigma$  = baca tau ) adalah:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(X - \mu)^2}{n}$$

Keterangan :  $\sigma^2$  = ragam, X = nilai setiap individu di dalam populasi,  $\mu$  = rata-rata populasi dan n = jumlah individu di dalam populasi. Seperti halnya pada kasus rata-rata, ragam populasi jarang ditentukan. Biasanya digunakan ragam sampel. Rumus matematika ragam sampel adalah :

$$S^2 = \frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n-1}$$

Perbedaan utama kedua rumus matematika ini adalah faktor pembaginya. Untuk ragam populasi hanya dibagi dengan n, sedangkan untuk ragam sampel dibagi dengan n, sedangkan untuk ragam sampel dibagi dengan (n - 1) . Tabel 7. memperlihatkan cara perhitungan ragam ini.

Catatan : satuan yang dipakai untuk bobot adalah lb (pon; 1 lb=0,454kg)

Jika menggunakan kalkulator atau komputer maka rumus berikut yang digunakan adalah :

$$S^2 = \frac{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}{n-1} = \frac{\sum x^2}{n-1}$$

Jumlah penyimpangan dari nilai rata-rata yang dikuadratkan akan sama dengan  $\sum x^2$ . Nilai ini sering disebut dengan kuadrat tengah.



Tabel 7. Cara Perhitungan Rataan dan Ragam Bobot Babi

Nomor Babi	Bobot sapih (X)	Rata-rata ( $\bar{X}$ )	Penyimpangan dari rata-rata ( $X - \bar{X}$ )	Kuadrat penyimpangan ( $(X - \bar{X})^2$ )	Kuadrat bobot ( $X^2$ )
1	17	15	+2	4	289
2	14	15	-1	1	196
3	14	15	-1	1	196
4	19	15	+4	16	361
5	16	15	+1	1	256
6	11	15	-4	16	121
7	15	15	0	0	225
8	16	15	+1	1	256
9	13	15	-2	4	169
10	15	15	0	0	225
$\Sigma X = 150$ $\bar{X} = 15$ $\Sigma (X - \bar{X})^2 = 44$ $\Sigma X^2 = 2.294$ $S^2 = 4,9$ $(\Sigma X)^2/10 = 2.250$ $s = + 2,2$ $\Sigma x^2 = 44$					

(Sumber : Sufflebeam, 1989)

## 2. Simpangan baku

Simpangan baku adalah rata-rata penyimpangan nilai pengamatan dari rata-rata sampel atau populasi. Simpangan baku ini didapat dengan jalan mengakarkan nilai ragam. Lambang untuk simpangan baku ini adalah  $\sigma$ .

## 3. Koefisien variasi

Jika kita membandingkan dua populasi, kadang-kadang perlu diketahui populasi mana yang lebih beragam. Jika rata-rata kedua populasi tersebut hampir sama maka akan lebih mudah disimpulkan bahwa populasi yang memiliki simpangan baku lebih besar adalah populasi yang lebih beragam. Sebagai contoh, suatu populasi dengan rata-rata 50 dan simpangan baku 15 akan memiliki variasi yang lebih kecil dibandingkan dengan populasi yang memiliki rata-rata 50 dengan simpangan baku 24.

Cara yang lebih umum untuk membandingkan keragaman dua populasi adalah dengan menggunakan koefisien variasi (CV). Koefisien variasi ini diperoleh dengan jalan membagi nilai simpangan baku (S) dengan rata-rata populasi ( $CV = S / \bar{X}$ ). Jika ada dua populasi dengan

rataan dan simpangan baku  $27 \pm 9$  dan  $43 \pm 11$ , maka dapat dihitung CV dari populasi pertama adalah  $9 / 27 = 0,3333$  dan CV populasi kedua adalah  $11/43 = 0,256$ . Sekarang akan lebih mudah bagi kita untuk menentukan populasi mana yang lebih beragam. Populasi yang lebih beragam adalah populasi yang memiliki nilai CV yang lebih tinggi.

### **2.5.3. Ciri-Ciri Sebaran Normal**

Pada tabel 8 dapat dilihat tinggi badan dari 532 mahasiswa dalam satuan inci ( catatan : 1 inci = 2,54 cm). Data ini merupakan contoh yang baik untuk menggambarkan sifat kuantitatif. Jika ukuran sampel cukup besar maka nilai pengamatan sifat-sifat kuantitatif akan menyerupai sebaran normal. Sebaran ini berbentuk seperti lonceng. Tinggi kurva pada titik-titik di sepanjang kurva mewakili jumlah individu dengan nilai performa tertentu. Nilai-nilai yang mendekati rata-rata memiliki frekuensi yang lebih besar. Dengan semakin jauhnya nilai-nilai rata-rata maka frekuensinya akan semakin kecil. Luas area mewakili jumlah individu dalam suatu populasi.

Individu-individu yang berada di daerah kisaran nilai rata-rata dikurangi 1 x simpangan baku sampai nilai rata-rata ditambah 1 x simpangan baku (68,5 – 73,5 inci) akan mewakili 68,20% dari total populasi. Kisaran nilai antara rata-rata dikurangi 2 x simpangan baku dan nilai rata-rata ditambah 2 x simpangan baku akan mewakili 95,44% dari total populasi. Sedangkan kisaran antara nilai rata-rata dikurangi dengan 3 x simpangan baku sampai nilai rata-rata ditambah dengan 3 x simpangan baku akan mewakili 99,74% dari total individu yang ada dalam populasi tersebut.

Tabel 8. Tinggi (Inci) Dari 532 Mahasiswa

Tinggi X	Frekuensi f	Tinggi x frekuensi X x f	Penyimpangan		
			d	.d <sup>2</sup>	.d x f
64	2	128	-7	49	98
65	4	260	-6	36	144
66	13	858	-5	25	325
67	23	1.541	-4	16	358
68	51	3.468	-3	9	459
69	57	3.933	-2	4	228
70	73	5.110	-1	1	73
71	88	6.248	0	0	0
72	81	5.832	1	1	81
73	51	3.723	2	4	104
74	47	3.478	3	9	423
75	21	1.575	4	16	336
76	14	1.064	5	25	350
77	3	231	6	36	108
78	4	312	7	49	196

#### 2.5.4. Metode Analisis Statistik

##### 1. Membandingkan Dua Sampel

Dalam membandingkan nilai rata-ran dua populasi, perlu diketahui apakah perbedaan nilai rata-ran tersebut nyata atau hanya disebabkan oleh kesalahan pengambilan sampel. Untuk itu, perlu diketahui nilai standar error dari kedua rata-ran tersebut (Sd) yang rumusnya adalah :

$$Sd = \sqrt{(S^2_1/n_1 + S^2_2/n_2)}$$

Keterangan :  $S^2_1$  dan  $S^2_2$  adalah ragam kedua sampel yang akan dibandingkan. Agar lebih jelas diambil sampel umum yang mirip dengan data bobot sapih pada Tabel 7 dengan nilai rata-ran dan ragam masing-masing 15 dan 4,9. Sampel kedua mewakili rata-ran dan ragam masing-masing 16,5 dan 5,8. Standar error perbedaan kedua nilai rata-ran ini adalah :

$$Sd = \sqrt{(4,9/10 + 5,8/10)} = \pm 1,03$$

Untuk menentukan apakah perbedaan antara kedua nilai rata-rata ini nyata atau tidak, digunakan rumus :

$$\frac{x_1 - x_2}{Sd}$$

Pada contoh di atas nilainya adalah  $(916,5 - 15) / 1,03 = 1,46$ . Dengan menggunakan angka-angka pada Tabel 9, angka rata-rata yang diperoleh (1,46) akan mewakili 86,6% dari total populasi. Hasil ini menunjukkan bahwa sekitar 13% dari populasi memiliki 1,5 simpangan baku. Jadi, dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara nilai rata-rata 16,5 dan 15 ini disebabkan oleh faktor lain selain faktor peluang. Dengan kata lain, jika dibuat penyimpulan seperti itu maka peluang kesimpulan tersebut salah adalah 13%.

Di bidang biologi, peluang untuk suatu error harus 5% atau lebih kecil lagi. Dengan kata lain, jika diambil kesimpulan maka tingkat kepercayaan yang dibuat adalah 95% benar. Untuk mendapatkan tingkat kepercayaan dalam menentukan apakah dua sampel itu memang berbeda, rasio perbedaan antara dua rata-rata dengan Sd harus sekitar 2. Pada contoh di atas nilainya adalah 14,5. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perbedaan di atas disebabkan oleh kesalahan pengambilan sampel.

Tabel 9. Daerah Di Bawah Kurva Normal Untuk Unit-Unit Standar Deviasi Tertentu Yang Terletak Pada Daerah Yang Bersebelahan Dengan Rataan

Jumlah Unit standar deviasi nilai rata-rata	Persentase kurva
0,5	38,3
0,657	50,0
0,84	60,0
0,94	65,0
1,0	68,3
1,04	70,0
1,15	75,0
1,28	80,0
1,5	86,6
1,645	90,0
1,96	95,0
2,0	95,4
2,33	98,0
2,5	98,8

Jumlah Unit standar deviasi nilai rata-rata	Persentase kurva
2,585	99,0
3,0	99,74
3,5	99,96
3,9	99,999
4,0	100,00

## 2. Analisis Regresi

Koefisien regresi mewakili berapa banyak variabel X diharapkan akan berubah dengan berubahnya 1 unit variabel Y. Jika variabel pertama (X) dihubungkan dengan variabel kedua (Y) maka akan dihasilkan diagram *scatter*. Garis-garis kurva yang menghubungkan titik-titik temu koordinat ini disebut garis regresi. Sebagai contoh data bobot lahir induk (X) dan bobot lahir anak (Y) pada kolom 2 dan 4 pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Bobot Lahir Induk dan Anak Dalam lb (1 lb = 0,454 kg)

(1) Nomor induk	(2) Bobot lahir induk (X)	(3) Bobot lahir induk Kuadrat (X <sup>2</sup> )	(4) Bobot lahir anak (Y)	(5) Bobot lahir anak Kuadrat (Y <sup>2</sup> )	(5) Perkalian antarinduk bobot(XY)
1	66	4.356	66	4.356	4.356
2	52	2.704	69	4.761	3.588
3	86	7.396	66	4.356	5.676
4	75	5.625	81	6.561	6.075
5	70	4.900	76	5.776	5.320
6	68	4.624	69	4.761	4.692
7	82	6.724	81	6.561	6.642
8	58	3.364	60	3.600	3.480
9	72	5.184	56	3.136	4.032
10	79	6.241	69	4.761	5.451
11	73	5.329	58	3.364	4.234
12	92	8.464	76	5.776	6.992
13	63	3.969	83	6.889	5.229
Total	936	68.880	910	64.658	65.767
$936^2/13 = 67.392$ $910^2/13 = 63.700$ $(936 \times 910)/13 = 65.520$ $\bar{X} = 72$ $SS_x = 1.488$ $\bar{Y} = 70$ $SS_y = 958$ $S_{xy} = 247$ $Var_x = 124$ $Var_y = 79,8$ $COV_{xy} = 20,6$ $S_x = 11,1$ $S_y = 8,9$					

Persamaan linier adalah  $y = a + bx$ , dengan  $y$  adalah nilai-nilai dari variabel pertama,  $a$  adalah intersep (titik tempat garis regresi memotong sumbu Y),  $b$  adalah kemiringan garis regresi, dan  $x$  adalah nilai-nilai variabel 2. Variabel Y disebut variabel dependen, sedangkan variabel X disebut variabel independen.

Kemiringan garis regresi ( $b$ ) disebut juga dengan koefisien regresi Y terhadap X. Rumus untuk mencari nilai  $b$  adalah :

$$.b = \frac{\sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}}{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}} = \frac{S_{xy}}{SS_x}$$

Penyebut dari rumus diatas sama dengan pembilang untuk mencari keragaman. Pembilang pada rumus ini disebut pula jumlah perkalian antar variabel ( $S_{xy}$ ). Nilai  $b$  merupakan rasio antara jumlah perkalian antara kedua variabel ( $S_{xy}$ ) dengan jumlah kuadrat dari X ( $SS_x$ ). Pada contoh diatas  $b = 247/1.488 = 0,166$ .

Untuk menggambarkan garis regresi paling tidak diperlukan dua titik . Pertama adalah kordinat rataan kedua variabel, yaitu  $x$  dan  $y$ . Kedua adalah titik potong pada sumbu Y. Pada Tabel 10 kedua rataan dapat dilihat pada bagian bawah tabel , yaitu titik (72, 70).

Nilai  $a$  (titik potong dengan sumbu Y ) dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$.a = \bar{Y} - b \bar{X}$$

dengan  $\bar{x}$  dan  $\bar{y}$  adalah rataan variabel Y dan X, yaitu masing-masing 70 dan 72 pada contoh diatas. Nilai  $a$  adalah  $70 - (0,166 \times 72) = 70 - 12 = 58$ . Dari hasil perhitungan ini didapatkan persamaan regresi  $y = 58 + 0,166 x$ . Titik potong pada sumbu Y adalah (0, 58).

### 3. Analisis Korelasi

Koefisien korelasi ( $r$ ) menggambarkan keeratan hubungan antara satu set data dengan set data lainnya. Nilainya berkisar antara  $-1$  sampai  $+1$ . Tanda positif dan negatif pada koefisien korelasi ini tergantung dari nilai  $b$ . Jika  $b$  positif maka  $r$  akan positif. Sebaliknya , jika  $r$  negatif maka  $b$  bernilai negatif pula. Koefisien korelasi 1 atau  $-1$  disebut dengan korelasi sempurna, sebab setiap unit peningkatan/penurunan variabel X akan diikuti oleh peningkatan/penurunan variabel Y dalam jumlah unit yang sama.

Nilai  $r$  dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
 .r &= \frac{\sum XY \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n}}{\sqrt{(\sum(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n})(\sum Y^2 - \frac{(\sum Y^2)}{n}))}} \\
 &= \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{(SSx)(SSy)}}
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan nilai –nilai pada Tabel 10 maka :

$$.r = \frac{247}{\sqrt{(1.488)(958)}} = 0,207$$

Jika semua nilai-nilai pada variabel X sama dengan nilai-nilai pada variabel Y maka nilai b akan sama dengan nilai r, yaitu 1.

#### 14.1. Soal Latihan

Kerjakanlah soal latihan berikut ini :

1. Jelaskanlah Pengertian sifat kualitatif
2. Jelaskanlah pelaksanaan identifikasi pada ternak
3. Jelaskanlah keunggulan heterozigot.
4. Buatlah analisis terhadap perhitungan statistika populasi, koefisien keragaman dan korelasi

#### 2.7. Sumber Pustaka

- Irfan, T. F. (2022). *Sifat Kualitatif Ayam Kampung Unggul Balitnak (KUB-1)(Studi Kasus Pada Fauzi Farm dan Eri Farm)*(Doctoral dissertation, UNIVERSITAS ANDALAS).
- Kolompoy, M., Lambey, L. J., Papatungan, U., & Tangkere, E. S. (2020). Keragaman Sifat Kualitatif Ayam Kampung Di Minahasa. *ZOOTEC*, *40*(2), 580-592.
- Lestari, L., Maskur, M., Jan, R., Rozi, T., Kasip, L. M., & Muhsinin, M. (2020). Studi karakteristik sifat kualitatif dan morfometrik induk ayam kampung dengan berbagai tipe jengger di pulau lombok. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Indonesia (JITPI), Indonesian Journal of Animal Science and Technology*, *6*(1), 24-32.
- Misrianti, R., Mustika, R. P., & Ali, A. (2018). Keragaman sifat kualitatif dan kuantitatif sapi kuantan pada berbagai tingkatan umur di Kecamatan Benai Kabupaten Kuantan Singingi Provinsi Riau. *Jurnal Peternakan*, *15*(2), 55-61.

### III. HERITABILITAS DAN REPEATABILITAS

#### 3.1. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti bab ini diharapkan mahasiswa mampu :

1. Menjelaskan pengertian heritabilitas dan repeatabilitas
2. Menjelaskan pemanfaatan heritabilitas dan repeatabilitas dalam pemuliaan ternak
3. Menjelaskan berbagai cara atau metode pendugaan heritabilitas dan repeatabilitas

#### 3.2. Heretabilitas

Heretabilitas adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan bagian dari keragaman total ( yang diukur dengan ragam) dari suatu sifat yang diakibatkan oleh pengaruh genetik. Heretabilitas dapat diperhitungkan dalam dua konteks.

Secara luas, pengaruh keturunan termasuk semua gen , yaitu aditif, dominan dan epistatik. Heretabilitas dalam arti luas ini biasanya dituliskan dengan H.

Akan tetapi , taksiran pengaruh genetik aditif biasanya lebih penting daripada pengaruh genetik total. Karena itu sekarang dalam pustaka dan penelitian tentang pemuliaan ternak, istilah heretabilitas, biasanya menunjukkan taksiran bagian aditif dari ragam keturunan dan dituliskan sebagai  $h^2$ . Kadang-kadang ini disebut heretabilitas dalam arti sempit. Untuk banyak tujuan, ini merupakan dugaan yang paling berguna karena menunjukkan laju perubahan yang dapat dicapai dari seleksi untuk sifat tersebut dalam populasi. Kecuali kalau ditunjukkan, istilah heretabilitas dengan simbol  $h^2$  dalam buku ini menunjukkan heretabilitas dalam arti sempit.

Dalam arti luas, angka pewarisan dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$H = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2}$$

Keterangan :

H = angka pewarisan (heritability) dalam arti luas

$\sigma_g^2$  = ragam genetik

$\sigma_p^2$  = ragam fenotip

Rumus dari angka pewarisan dalam arti luas jarang digunakan dalam praktek. Ragam genetik terdiri atas ragam aditif, dominan dan epistasis, yang secara matematik dinyatakan sebagai  $\sigma_g^2 = \sigma_a^2 + \sigma_d^2 + \sigma_i^2$ .



Diantara ragam-ragam tersebut, ragam aditif merupakan ragam yang paling penting dalam seleksi, karena ragam-ragam lainnya kurang tanggap terhadap proses seleksi. Kedua ragam lainnya penting dalam peristiwa persilangan, yaitu dalam hal terjadinya heterosis. Oleh karena itu timbul definisi angka pewarisan dalam bentuk lain, yaitu yang lazim disebut angka pewarisan dalam arti sempit dan didefinisikan sebagai proporsi dari ragam aditif terhadap ragam fenotip.

$$.h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$$

Keterangan :

$.h^2$  = angka pewarisan (heritability) dalam arti sempit.

Perlu diingat bahwa singkatan angka pewarisan adalah " $h^2$ ", atau bahwa " $h^2$ " berarti angka pewarisan dan bukan kuadrat dari angka pewarisan.

Apabila tidak dinyatakan apakah suatu angka pewarisan itu dalam arti luas atau sempit maka biasanya yang dimaksud adalah angka pewarisan dalam arti kata sempit. Adapun nilai dari angka pewarisan berkisar antara 0 sampai 1, atau 0 sampai 100%.

Bila seekor ternak menunjukkan keunggulan pada sifat yang mempunyai pewarisan tinggi maka dapat diharapkan bahwa anaknya pun kelak akan mempunyai keunggulan dalam hal sifat tersebut. Namun sebaliknya, bila angka pewarisan dari sifat tersebut rendah, belum tentu anak keturunannya mempunyai keunggulan dalam sifat tadi karena hanya sebagian kecil saja dari keunggulannya yang dapat diwariskan kepada anaknya. Dalam hal demikian, keunggulan dari ternak tadi sebagian besar disebabkan oleh faktor lingkungan.

Pada Tabel 11 disajikan daftar angka pewarisan dari berbagai macam sifat pada beberapa macam ternak. Pada umumnya angka pewarisan dikatakan rendah bila nilainya berkisar antara 0 sampai 0,1, sedang atau intermedia bila nilainya 0,1 sampai 0,3 dan tinggi bila melebihi 0,3.

Tabel 11. Beberapa Nilai Angka Pewarisan (Heritabilitas) pada Ternak (%)

No	Sifat	Heritabilitas ( $h^2$ )
1	Sapi Perah Jarak beranak Produksi susu Produksi lemak susu Besarnya ambing Kadar lemak susu SNF Kadar protein susu Kadar laktose susu	0 - 5 20 - 40 25 - 40 20 - 40 30 - 60 50 - 80 48 - 88 35 - 62
2	Sapi Potong Persentase kelahiran Jarak beranak Berat lahir Berat sapih Berat umur 18 bl Berat umur dewasa Pertambahan berat harian Persentase karkas	0 - 15 0 - 15 20 - 58 30 - 55 30 - 55 50 - 70 45 - 50 35 - 45
3	Domba Persentase kelahiran Persentase penyapihan Berat sapih Berat umur 10 bl Berat wol Panjang wol	0 - 15 0 - 10 10 - 40 30 - 35 30 - 40 55
4	Babi Jumlah anak sepelahiran Jumlah anak yang disapih Berat sapih Pertambahan berat harian Tebal lemak Efisiensi pakan	10 - 15 5 - 7 6 - 8 20 - 40 40 - 70 20 - 48
5	Unggas Produksi telur per tahun Produksi telur per 500 hari Umur kedewasaan Ukuran telur Berat telur Fertilitas Daya tetas Berat badan Panjang shank	20 5 - 10 15 - 30 40 - 50 60 0 - 5 10 - 15 20 - 65 40 - 55

## Metode Pendugaan Angka Pewarisan

Pendugaan angka pewarisan yang paling sering dilakukan adalah dengan analisis variansi dengan menggunakan data saudara tiri sebakap (*paternal halfsib correlation*). Analisis yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap pola searah (*Completely Randomized Design One-way Classification*) dengan model :

$$Y_{ik} = \mu + a_i + e_{ik}$$

Keterangan :

$Y_{ik}$  = pengamatan pada individu ke k pada pejantan ke I

$\mu$  = rata-rata populasi

$a_i$  = pengaruh pejantan ke I

$e_{ik}$  = penyimpangan efek lingkungan dan genetik yang tidak terkontrol dari setiap individu.

Model dari analisis sidik ragam dan cara menghitung angka pewarisannya tercantum pada Tabel 12.

Tabel 12. Model Analisis Sidik Ragam, Untuk Menghitung Nilai  $h^2$  dengan menggunakan Data Saudara Tiri

Sumber keragaman	db	JK	KT	KTH
Pejantan (s)	s-1	$JK_s$	$KT_s$	$\sigma_w^2 + k\sigma_s^2$
Keturunan dalam pejantan (w)	n-s	$JK_w$	$KT_w$	$\sigma_w$
Total	n-1	$JK_T$		

Keterangan :

s. = jumlah pejantan

n. = jumlah individu.

Nilai  $h^2$  dihitung dari persamaan :

$$\sigma_w^2 = KT$$

$$\sigma_s^2 = \frac{KT_s - KT_w}{k}$$

$$.k = \frac{1}{s-1} \left( n \cdot \frac{\sum n_i^2}{n} \right)$$

$$.h^2 = \frac{4\sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \sigma_w^2}$$

Contoh penggunaannya :

Data produksi susu laktasi pertama dari 96 ekor sapi dianalisis secara saudara tiri untuk mencari nilai angka pewarisan produksi susu. Sapi-sapi tersebut dikelompokkan ke dalam 7 ekor pejantan dengan jumlah anak untuk masing-masing pejantan sebesar 24, 18, 13, 12, 11, 9 dan 9 ekor.

Penyelesaian :

Produksi susu mula-mula dikonversikan ke arah panjang laktasi 305 hari dan umur sapi dewasa (pemerahan sudah 2 kali/hari), kemudian dibuat analisis sidik ragam, yang hasilnya sebagai berikut :

Sumber	Db	Jumlah kuadrat	Kuadrat tengah
Pejantan	6	4351742,3	725290,383
Anak	89	29547947,6	331999,411

$$.k = \frac{1}{s-1} \left( n - \frac{\sum n_i^2}{n} \right)$$

$$= \frac{1}{6} \left( 96 - \frac{(24)^2 + (18)^2 + (13)^2 + (12)^2 + (11)^2 + (9)^2 + (9)^2}{96} \right)$$

$$.k = 13,40$$

$$\sigma_w^2 = KT_w = 33199,411$$

$$\sigma_s^2 = \frac{KT_s - KT_w}{k} = \frac{725290,383 - 33199,411}{13,40} = 29350,0725$$

$$.h^2 = \frac{4\sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \sigma_w^2} = \frac{4(29343,989)}{33199,411 + 29343,989} = 0,325$$

Dalam suatu percobaan atau penelitian, tidak jarang diperoleh angka pewarisan yang terletak di luar kisaran normalnya, yaitu negatif atau lebih dari satu. Hal demikian ini sering dijumpai pada analisis yang menggunakan data yang tidak cukup banyak.

Metode lain yang juga sering digunakan untuk menduga angka pewarisan adalah metode Regresi Anak Tetua (*Parent Offspring Regression*). Pada metode ini performans tetua dibandingkan dengan performans anak keturunannya, kemudian dibuat analisis regresi.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan angka pewarisan adalah sebagai berikut :

$$.b_{op} = \frac{COV_{op}}{\sigma_p^2}$$

Karena tetua memberikan setengah pengaruh genetik kepada anaknya, maka  $cov_{op} = 1/2 \sigma_g^2$ , sehingga  $b_{op} = 1/2 \sigma_g^2 / \sigma_p^2$ . Karena

$$h^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2, \text{ maka } h^2 = 2 b_{op}.$$

Jadi rumusnya adalah

$$.h^2 = 2 b_{op} = \frac{2(cov_{op})}{\sigma_p^2}$$

Keterangan :

$b_{op}$  = koefisien regresi anak tetua

$cov_{op}$  = kovarians (peragam) antara anak tetua

$\sigma_p^2$  = ragam tetua

Metode lain yang dapat digunakan dalam menduga angka pewarisan adalah metode regresi antara anak dengan rata-rata tetuanya (*mid parents offspring regression*) dan metode analisis saudara sekandung. Metode-metode tersebut baik digunakan pada ternak yang berpasangan atau pada multipara, misalnya pada angsa, tikus dan hewan yang dapat bertelur banyak dalam waktu yang singkat (ayam, kalkun, puyuh, drosophila dan Tribolium).

Pada analisis saudara sekandung, analisis sidik ragamnya tidak berbeda dengan analisis dengan menggunakan data saudara tiri, seperti yang tercantum pada Tabel 12, akan tetapi dalam penaksiran angka pewarisannya menjadi :

$$h^2 = \frac{2\sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \sigma_w^2}$$

Contoh Penghitungan angka pewarisan dengan menggunakan analisis saudara kandung. Sejumlah 29 pasang burung puyuh dipasangkan untuk menghasilkan telur yang kemudian ditetaskan. Nilai angka pewarisan dari bobot badan dihitung hanya terhadap anak puyuh betina yang jumlahnya 124 ekor pada umur 3 minggu.

Penyelesaian :

Analisis variansi dari bobot badan umur 3 minggu adalah sebagai berikut :

Sumber variansi	db	JK	KT
Pasangan perkawinan	28	5922,0660	211,5024
Keturunan /pasangan	95	6068,8685	63,8828

$$.k = 1 / (29 - 1) \{124 - (7^2 + 3^2 + \dots 3^2)\}$$

$$= (1/28)(124 - 640/124) = 4,2442$$

$$\sigma_w^2 = 63,8828$$

$$\sigma_s^2 = (211,5024 - 63,8828) / 4,2442 = 34,7815$$

$$h^2 = \frac{2(34,7815)}{34,7815 + 63,8828} = 0,705$$

Pada regresi antara anak rata-rata tetua, rumus dari angka pewarisan dengan metode regresi anak tetua menjadi :

$$h^2 = b_{o\bar{p}}$$

Keterangan :

$b_{o\bar{p}}$  = koefisien regresi antara anak dengan rata-rata tetuanya.

Berikut ini contoh pendugaan angka pewarisan dengan menggunakan metode regresi . Sebanyak 25 burung puyuh jantan dan 25 ekor puyuh betina dipasangkan, kemudian diambil anak keturunannya.

Data yang diamati adalah bobot badan umur 3, 4 dan 6 minggu pada tetua jantan dan betina serta bobot badan pada umur yang sama pada anak jantan dan betinanya.

Data yang diperoleh dianalisis dengan metode regresi untuk menghitung besarnya angka pewarisan .

Penyelesaian :

Koefisien regresi bobot badan anak jantan dan betina pada tetua jantan, tetua betina dan rata-rata tetua (mid parents) yang diperoleh adalah sebagai berikut :

Metode regresi	Koefisien Regresi		
	3 minggu	4 minggu	6 minggu
Anak jantan pada:			
Tetua jantan	0,62	0,75	0,24
Tetua betina	0,48	0,47	0,24
Rata-rata tetua	0,84	0,82	0,42
Anak betina pada:			
Tetua jantan	0,55	0,57	0,49
Tetua betina	0,39	0,44	0,40
Rata-rata tetua	0,72	0,67	0,74

Kemudian dihitung angka pewarisannya menurut rumus  $h^2 = 2 b_{op} = \frac{2(\text{cov}_{op})}{\sigma_p^2}$  dan  $h^2 = b_{o\bar{p}}$  akan menghasilkan

Metode regresi	Angka pewarisan		
	3 minggu	4 minggu	6 minggu
Anak jantan pada:			
Tetua jantan	1,24	1,50	0,48
Tetua betina	0,96	0,94	0,48
Rata-rata tetua	0,84	0,82	0,42
Anak betina pada:			
Tetua jantan	1,10	1,14	0,98
Tetua betina	0,78	0,88	0,80
Rata-rata tetua	0,72	0,67	0,74

Pada penelitian tersebut tampaknya masih banyak taksiran angka pewarisan yang melampaui batas normal, yaitu lebih dari satu. Hal ini diduga karena jumlah pengamatan yang masih terbatas.

Metode lain yang dapat digunakan dalam pendugaan angka pewarisan adalah dengan menggunakan analisis sidik ragam pola tersarang (nested).

Dalam pola ini, masing-masing pejantan dikawinkan dengan sejumlah induk. Setiap induk mempunyai beberapa anak, atau dalam hal sapi perah, setiap induk mempunyai beberapa anak, atau dalam hal sapi perah, setiap induk mempunyai beberapa catatan produksi susu untuk beberapa kali laktasi. Model statistiknya adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{ij} + e_{ijk}$$

Keterangan :

$Y_{ijk}$  = data dari anak ke k dari induk ke j dengan pejantan ke i.

$\mu$  = rata-rata

$\alpha_i$  = pengaruh dari pejantan ke I

$\beta_{ij}$  = pengaruh induk ke j dengan pejantan ke I

$e_{ijk}$  = penyimpangan pengaruh lingkungan dan genetik yang tidak terkontrol.

Sedangkan model analisisnya seperti yang terlihat pada Tabel berikut.

Sumber	db	JK	KT	KTH
Antar pejantan	S-1	$JK_s$	$KT_s$	$\sigma_w^2 + k_2\sigma_D^2 + k_3\sigma_s^2$
Antar induk dalam pejantan	D-S	$JK_D$	$KT_D$	$\sigma_w^2 + k_1\sigma_D^2$
Antar anak dalam induk	$n..-D$	$JK_w$	$KT_w$	$\sigma_w^2$

S = jumlah pejantan

D = jumlah induk

W = jumlah anak

Untuk jumlah induk/pejantan dan anak /induk sama, maka  $k_1 = k_2 = k_3$  = jumlah anak /induk,  $k_3 =$  jumlah anak/pejantan. Tetapi apabila tidak sama, maka k dihitung sebagai berikut:

$$.k_1 = \frac{n.. - \sum_i \frac{\sum_j n_{ij}^2}{n_i}}{D - S}$$

$$.k_2 = \frac{\frac{\sum_i \sum_j n_{ij}^2}{n_i} - \sum_i \sum_j n_{ij}^2}{S - 1}$$

$$.k_3 = \frac{n.. - \sum_i n_i^2}{S - 1}$$

Nilai angka pewarisan diduga dari persamaan :

$$.h^2 = \frac{4\sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \sigma_D^2 + \sigma_w^2}$$

Contoh penggunaan cara pendugaan angka pewarisan dengan menggunakan pola tersarang pada sapi perah.

Berdasarkan catatan produksi susu sebanyak sebanyak 167 yang berasal dari 50 induk hasil keturunan 4 ekor pejantan akan digunakan untuk menilai angka pewarisan pola tersarang. Adapun jumlah keturunan dari masing-masing pejantan adalah sebagai berikut : Pejantan "Jonican 130" mempunyai keturunan sebanyak 23 ekor, Bontje's Adema " 20 ekor, "Jonican 129 " 5 ekor dan " Pedro " 2 ekor.

Penyelesaian :

Analisis varians pola tersarang yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Sumber	db	JK	KT	KTH
Antar pejantan	3	3954680	1318226,66	$\sigma_w^2 + k_2\sigma_D^2 + k_3\sigma_s^2$
Antar anak dalam pejantan	46	54634453	1187705,50	$\sigma_w^2 + k_1\sigma_D^2$
Dalam anak	17	33863596	289432,44	$\sigma_w^2$

Dari data tersebut , telah diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

$$.k_1 = 3,328, \quad k_2 = 3,3897, \quad k_3 = 33,7685, \quad \sigma_w^2 = 289432,44$$

$$\sigma_D^2 = 269913,78, \quad \sigma_s^2 = 3374,0031.$$

Dengan demikian maka :

$$.h^2 = \frac{4\sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \sigma_D^2 + \sigma_w^2} = 0,024$$

Hasil pendugaan angka pewarisannya ternyata terlalu kecil. Hal ini diduga karena terlalu bervariasinya jumlah anak per pejantan maupun jumlah laktasi per anak, disamping data yang digunakan kurang banyak.

### 3.3. Repeatabilitas

Repeatabilitas adalah konsep yang erat hubungannya dengan heretabilitas dan berguna untuk sifat-sifat yang muncul beberapa kali dalam hidupnya seperti produksi susu, jumlah anak sepelahiran atau berat anak saat disapih. Repeatabilitas merupakan bagian dari ragam



total suatu populasi yang disebabkan oleh perbedaan-perbedaan antar individu yang bersifat permanen. Secara statistik dapat dinyatakan sebagai :

$$r = \frac{\sigma^2_g + \sigma^2_d + \sigma^2_i + \sigma^2_{pe}}{\sigma^2_g + \sigma^2_d + \sigma^2_i + \sigma^2_{pe} + \sigma^2_{te}}$$

$\sigma^2_{pe}$  dan  $\sigma^2_{te}$  merupakan pembagian ragam lingkungan menjadi bagian yang disebabkan pengaruh lingkungan yang permanen dan pengaruh lingkungan yang temporer. Jadi, repeatabilitas meliputi semua pengaruh genetik ditambah pengaruh lingkungan yang bersifat permanen. Pengaruh lingkungan yang permanen adalah semua pengaruh yang bukan bersifat genetik, tetapi mempengaruhi produktifitas seekor hewan selama hidupnya. Pengaruh-pengaruh seperti penyakit, atau kurang gizi pada awal pertumbuhan, pengaruh dalam kandungan, terutama keadaan gizi yang baik selama pemeliharaan adalah semua kemungkinan penyebab dari produktifitas selama hidup yang lebih rendah atau lebih tinggi daripada yang diharapkan.

Tabel 13. Beberapa Nilai Angka Pengulangan pada Berbagai Macam Ternak (%)

No	Sifat	R
1	Sapi Perah	
	Jarak beranak	4 – 20
	Produksi susu	40 – 60
	Kandungan lemak susu	50 – 75
2	Lama laktasi	20 – 35
	Sapi potong	
	Jarak beranak	2 - 20
	Berat lahir anak	20 – 30
3	Berat sapih anak	30 – 47
	Berat umur 12 – 18 bulan	7
	Domba	
4	Jumlah kelahiran per induk	15
	Jumlah anak sepelahiran	10 – 30
	Berat anak	30 – 37
	Berat wol	50
5	Babi	
	Jumlah anak sepelahiran	7 – 25
	Jumlah anak sapihan	9 – 10
	Berat anak umur 8 minggu	4 – 14
6	Lama estrus	34
	Unggas	
	Berat telur	80 – 90
	Bentuk telur	94
	Tebal kerabang	66
	Berat kerabang	60 – 80
Produksi telur	83	

### Penaksiran Repeatabilitas

Contoh penggunaan repeatabilitas, yaitu pada berat wol untuk delapan ekor domba yang dicukur dalam dua tahun yang berbeda sebagai berikut:

Individu	Berat wol bersih (kg)		
	Pencukuran 1 (X)	Pencukuran II (Y)	XY
1	4,0	4,0	16,00
2	3,9	4,3	16,77
3	3,9	4,4	17,16
4	3,7	3,8	14,06
5	3,6	3,9	14,04
6	3,6	4,2	15,12
7	3,4	3,8	12,92
8	3,2	3,6	11,52
	$\sum X$ 29,3	$\sum Y$ 32,0	$\sum XY$ 117,59
	$\sum X^2$ 107,83	$\sum Y^2$ 128,54	$\frac{\sum X \sum Y}{n}$ 117,20
	$\frac{(\sum X)^2}{N}$ 107,31	$\frac{(\sum Y)^2}{N}$ 128,00	$\sum xy$ 0,39
	$\sum x^2$ 0,52	$\sum y^2$ 0,54	

$$.r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} = \frac{0,39}{\sqrt{(0,52)(0,54)}} = \frac{0,39}{0,5299056} = 0,736$$

Hal ini berarti bahwa perbedaan antar individu menyebabkan kira-kira 74% dari ragam dalam pencukuran.

Apabila ada lebih dari dua pengukuran tiap individu maka repeatabilitas paling mudah dihitung dari analisa sidik ragam sebagai korelasi dalam kelas (intraclass correlation). Korelasi dalam kelas merupakan ukuran korelasi keseluruhan antara semua pasangan yang dimungkinkan. Korelasi ini sama dengan rata-rata semua kemungkinan korelasi antar kelas. Tetapi menghitung repeatabilitas dengan membuat rata-rata korelasi antar kelas akan sangat tidak praktis karena ada  $\frac{n(n-1)}{2}$  korelasi dimana n adalah jumlah pengukuran tiap individu.

### 3.4. Soal Latihan

Kerjakanlah soal latihan berikut ini :

1. Jelaskanlah pengertian heritabilitas dan repeatabilitas
2. Jelaskanlah pemanfaatan heritabilitas dan repeatabilitas dalam pemuliaan ternak
3. Jelaskanlah berbagai cara atau metode pendugaan heritabilitas dan repeatabilitas

### 3.5. Sumber Pustaka

- Annisa, A. (2018). *Estimasi Nilai Ripitabilitas Berat Badan Kambing Peranakan Ettawa di Balai Pembibitan Ternak Unggul dan Hijauan Pakan Ternak Pelaihari, Kalimantan Selatan* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- BAITY, A. N. (2021). *ESTIMASI NILAI HERITABILITAS TINGGI PUNDAK PADA UMUR SAPIH DAN UMUR SETAHUN SAPI BALI DI BALAI PEMBIBITAN TERNAK UNGGUL DAN HIJAUAN PAKAN TERNAK BALI* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Kubangun, N. S., & Santoso, B. (2018). Estimasi nilai heritabilitas, ripitabilitas, korelasi genetik produksi susu dan kadar lemak Sapi Perah Fries Holland pada laktasi pertama dan kedua di Balai Besar Pembibitan Ternak Unggul–Hijauan Pakan Ternak Baturraden. *Cassowary*, 1(2), 81-88.
- Piastuti, D., Kamaliyah, S. N., & Sulistyono, H. E. (2021). Peluang Seleksi Pakan Ternak Melalui Keragaman Genetik dan Heritabilitas Karakter Kuantitatif Produksi Hijauan Komak (*lablab purpureus*). *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 4(2), 117-123.
- PRATIPTO, A. (2018). *ESTIMASI NILAI HERITABILITAS BERAT BADAN KAMBING PERANAKAN ETAWAH DI BALAI PEMBIBITAN TERNAK UNGGUL-HIJAUAN PAKAN TERNAK PELAIHARI, KALIMANTAN SELATAN* (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Prajayastanda, J., & Ngadiyono, N. (2014). Estimasi heritabilitas sifat pertumbuhan Domba Ekor Gemuk di Unit Pelaksana Teknis Pembibitan Ternak-Hijauan Makanan Ternak Garahan. *Buletin Peternakan*, 38(3), 125-131.
- Rohim, A. (2019). *Nilai Heritabilitas Sapi Brahman di Balai Pembibitan Ternak Unggul dan Hijauan Pakan Ternak Sembawa* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Yogyakarta).
- Un, H. W., Beylito, V. Y., & Dethan, A. A. (2016). Estimasi Nilai Ripitabilitas dan MPPA (Most Probable Producing Ability) Produksi Susu Sapi FH di Peternakan Noviciat Claretian Benlutu, Kabupaten Timor Tengah Selatan. *JAS*, 1(1), 4-5.

## IV. SELEKSI DAN CULLING

### 4.1. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti pokok bahasan ini mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan pengertian dan prinsip seleksi dan culling pada ternak
2. Melaksanakan sistem seleksi dan culling dalam kegiatan perbaikan mutu genetik ternak
3. Melakukan pendugaan perubahan genetik ternak

### 4.2. Seleksi dan Culling

#### 4.2.1. Pandangan Umum Tentang Seleksi

##### 1. Defenisi Seleksi

Seleksi adalah upaya untuk memilih individu-individu yang akan diberi kesempatan untuk mewariskan sifat-sifat unggulnya kepada generasi berikutnya, pemilihan ini bisa ditujukan terhadap satu atau beberapa sifat. Seleksi ini merupakan dasar utama dalam pemuliaan ternak.

##### 2. Tujuan Seleksi

Seleksi pada ternak bertujuan untuk memperbaiki nilai total seekor ternak dengan tidak hanya memperhatikan satu sifat saja, meningkatkan keseragaman atau menurunkan keragaman atau simpangan baku, untuk meningkatkan rata-rata fenotip dalam satu sifat kearah yang lebih baik, karena fenotip tersebut dipengaruhi oleh genetik, maka seleksi akan mempengaruhi atau merubah frekuensi gen.

##### 3. Seleksi Pada Beberapa Ternak

###### a. Seleksi Pada Ternak Babi

Seleksi pada ternak babi ditekankan terhadap sifat-sifat yang mempunyai nilai ekonomis dengan sasaran utamanya adalah :

- ❖ Fertilitas, kelahiran dan litter size atau jumlah anak sekelahiran (  $r = 5 - 15$  )
- ❖ Jumlah babi yang disapih per kelahiran (  $r = 5 - 15$  )
- ❖ Berat lahiran berat sapih (  $r = 10 - 20$  )
- ❖ Pertambahan berat badan
- ❖ Umur dan bobot saat dipasarkan
- ❖ Feed Conversion atau konversi pakan
- ❖ Bentuk tubuh dan karkas yang diinginkan
- ❖ Tebal lemak punggung (  $t = 40 - 60$  )

b. Seleksi Pada Ternak Domba

Performans individu dan rata-rata famili merupakan dasar seleksi pada ternak domba, hal ini terjadi karena :

- Meskipun metode culling mungkin lebih praktis tapi domba-domba terlebih harus diseleksi
- Jika progeny test digunakan untuk menentukan pejantan, tapi hanya sedikit saja domba-domba yang dapat diseleksi berdasarkan progeny test

Sasaran Utama seleksi pada ternak domba adalah

- ❖ Panjang wol dan produksi wol ( heritabilitas rendah )
- ❖ Berat lahir (  $h^2 = 10 - 30$  )
- ❖ Berat sapih (  $h^2 = 10 - 40$  )
- ❖ Kehalusan serat wol (  $h^2 = 30 - 50$  )

c. Seleksi Pada Sapi Perah

Sasaran utama pada seleksi sapi perah adalah produksi susu, namun demikian pengaruh lingkungan dapat menyebabkan variasi dalam produksi susu. Untuk pejantan digunakan seleksi berdasarkan keturunan ( Progeny test )

Untuk seleksi individu pada sapi betina berproduksi digunakan istilah MPPA ( Most Probable Producing Ability ) dengan rumus :

$$MPPA = \frac{nr}{1 + (n-1)r} (P_i - P_s)$$

Keterangan :

n = Jumlah catatan atau pengamatan individu

r = Repeatabilitas

P<sub>i</sub> = Rata-rata produksi individu

P<sub>s</sub> = Rata-rata produksi kelompok

Rumus tersebut diatas digunakan dengan menggunakan standarisasi sebagai berikut :

- Laktasi 305 hari
- Pemerahan dua kali per hari
- Umur ternak dewasa ( UTD ) yang baku ditulis dengan 305 h, 2 x UTD

d. Seleksi Pada Unggas

Sasaran utama seleksi pada ternak unggas adalah :

- ❖ Bobot badan (  $h^2 = 25 - 65$  )
- ❖ Umur pertama bertelur atau dewasa kelamin (  $h^2 = 15 - 45$  )
- ❖ Jumlah telur "Hen Housed" 1 - 500 butir (  $h^2 = 15 - 25$  )
- ❖ Bobot telur (  $h^2 = 40 - 50$  )
- ❖ Bentuk telur (  $h^2 = 25 - 50$  )

- ❖ Warna kerabang ( $h^2 = 30 - 90$ )
- ❖ Tebal kerabang ( $h^2 = 25 - 60$ )
- ❖ Warna kuning telur ( $h^2 = 10 - 40$ )
- ❖ Kekentalan albumen ( $h^2 = 10 - 70$ )
- ❖ Fertilitas ( $h^2 = 0 - 50$ )
- ❖ Daya tetas ( $h^2 = 10 - 15$ )
- ❖ Daya hidup ( $h^2 = 10 - 15$ )

#### 4. Pembagian Seleksi

Seleksi pada ternak secara garis besar terdiri dari dua yaitu seleksi alam dan seleksi buatan.

##### a. Seleksi Alam

- Terjadi melalui suatu proses "Survival of the Fittest" atau ketahanan dari yang paling tegar dalam suatu lingkungan tertentu.
- Individu-individu yang paling baik daya adaptasinya dengan lingkungan tertentu dapat bertahan hidup dan menghasilkan keturunan terbanyak, sebaliknya yang kurang daya tahannya akan mati atau majir.
- Seleksi alam di Indonesia masih berperan besar karena peternakan yang terbanyak masih terdapat dipedesaan dengan pengelolaan atau pemeliharaan secara tradisional.

##### b. Seleksi Buatan

Seleksi buatan dilakukan manusia sedemikian rupa sehingga hasilnya sesuai dengan kebutuhan manusia itu sendiri, walaupun demikian seleksi alam tetap berlaku, terkadang sejajar dan terkadang berlawanan dengan seleksi buatan yang sedang berlangsung

### 4.2.2. Efektifitas Seleksi

#### 1. Kemajuan Genetik

Kemajuan genetik per generasi dari seleksi sama dengan keunggulan genetik dari ternak yang dipilih sebagai tetua pada generasi berikutnya dibandingkan dengan rata-rata semua ternak dalam populasi dimana mereka dipilih.

$$\Delta G = G_s - G_p$$

Karena kita tidak dapat mengetahui dengan pasti nilai genotip dari ternak, maka:

$$\Delta G = h^2 (P_s - P_p)$$

Dimana :  $\Delta G$  = Kemajuan genetik tiap generasi

$G_s$  = Rata-rata nilai genotip individu terpilih

$G_p$  = Rata-rata nilai genotip populasi

$P_s$  = Rata-rata nilai fenotip individu terpilih

$P_p$  = Rata-rata nilai fenotip populasi

$h^2$  = Heritabilitas

$P_s - P_p$  = Diferensial seleksi, atau jumlah kelebihan individu terpilih terhadap rata-rata populasi

Berapa besar rataan keunggulan kelompok pilihan ( $P_s$ ) yang dapat diwariskan kepada keturunannya merupakan ukuran efektifitas seleksi yang dikenal dengan Respon Seleksi ( $R$ ). Contoh Perhitungan diferensial seleksi : apabila ternak yang terpilih dalam suatu kelompok naik beratnya 1,2 kg per hari dan rata-rata dari kelompok itu 1,0 kg, maka diferensial seleksi ( $s$ ) =  $1,2 - 1,0 = 0,2$  kg.

## 2. Menaikan Kecermatan Seleksi

Kecermatan seleksi adalah derajat yang menyatakan hubungan antara kriteria yang merupakan dasar seleksi dengan nilai pemuliaan individu untuk sifat yang diseleksi.

Kecermatan seleksi diukur dengan koefisien korelasi :

+ 1,0 : kecermatan sempurna

0,0 : tidak ada hubungan

- 1,0 : ada hubungan negatif

Mempertinggi kecermatan seleksi berarti prosedur yang digunakan harus membuat korelasi antara genotip dengan informasi yang dipakai sebagai kriteria seleksi setinggi mungkin, dengan cara:

- Membakukan prosedur pengelolaan semaksimal mungkin dan membuat penyesuaian terhadap lingkungan yang tidak mungkin dikendalikan. Jadi kecermatan seleksi berhubungan langsung dengan heritabilitas ( $h^2$ ).
- Apabila mungkin lakukan pengukuran berulang terhadap suatu sifat, misalnya pencatatan produksi susu lebih dari satu kali.
- Penggunaan informasi secara optimum tentang penampilan individu, saudara, moyang dan keturunan.

Kecermatan penaksiran genotip dari penampilan individu ( catatan tunggal ) untuk beberapa tingkat heritabilitas adalah

Tabel 14. Hubungan Heritabilitas dengan Kecermatan Seleksi

Heritabilitas	Ketelitian
0,10	0,316
0,20	0,447
0,40	0,632
0,60	0,775
1,00	1,00

### 4.2.3. Metode Seleksi

Dalam melaksanakan seleksi dilakukan pemilihan sekelompok ternak yang mempunyai produksi yang lebih tinggi dari rata-rata populasi.

#### 1. Tandem Seleksi (Seleksi Berurutan)

Adalah memilih atau memperbaiki satu sifat sampai tercapai batasan atau tingkat yang dikehendaki, kemudian dilanjutkan dengan sifat yang kedua, ketiga dan seterusnya.

Bila seleksi hanya satu sifat kemajuan jumlah kesatuan genetik per generasi adalah

$$H = a h^2 i t$$

Dimana :

H = Kemajuan jumlah kesatuan genotip ternak

i = Diperensial seleksi

t = Simpangan baku

a = Nilai ekonomis sifat

#### 2. Independent Culling Level (Penyisihan Bebas Bertingkat)

Merupakan metode seleksi dimana dua sifat atau lebih masing-masing dipilih secara bebas. Setiap sifat ditentukan batasannya, apabila seekor ternak gagal mencapai nilai sifat yang telah ditentukan maka ternak tersebut disisihkan.

$$H = a_1 h_1^2 i_1 t_1 + a_2 h_2^2 i_2 t_2 + \dots + a_n h_n^2 i_n t_n$$

Dimana :

H = Kemajuan jumlah kesatuan genotip ternak

i = Diperensial seleksi

t = Simpangan baku

a = Nilai ekonomis sifat

#### 3. Seleksi Indeks

Merupakan seleksi yang dilakukan berdasarkan penilaian seluruh sifat atau total skor seekor ternak, skor tersebut dinamakan indeks. Seleksi dengan berpedoman pada indeks ini merupakan metode seleksi yang paling cepat apabila dibandingkan dengan metode yang lain.



Untuk melaksanakan seleksi indeks ini diperlukan informasi sebagai berikut :

- a. Ragam genetik dari setiap sifat yang akan dipertimbangkan dalam seleksi
- b. Ragam fenotip masing-masing sifat
- c. Peragam genetik antar sifat
- d. Peragam fenotip antar sifat
- e. Nilai ekonomis relatif sifat

$$H = a_1 \delta_1 + a_2 \delta_2 + \dots + a_n \delta_n$$

Dimana :

a = Nilai ekonomis sifat

$\delta$  = Nilai harapan sifat yang disebabkan oleh pengaruh gen aditif

Gen aditif untuk masing-masing sifat sama dengan  $h^2 ( X - \bar{X} )$

X = Nilai fenotip suatu sifat

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata fenotip sifat tersebut

#### 4.2.4. Seleksi Individu

##### 1. Defenisi

Adalah seleksi berdasarkan pada fenotip dari individu-individu baik satu sifat tunggal atau kombinasi sifat yang didapat dari catatan penampilan produksi pada seluruh populasi yang akan diseleksi.

Seleksi individu paling berguna untuk sifat-sifat yang dapat diukur pada kedua jenis kelamin sebelum dewasa atau sebelum umur perkawinan pertama. Sebagai contoh adalah laju pertumbuhan, skor bentuk tubuh, berat bulu, ketebalan lemak punggung.

Seleksi individu akan tepat bila dilakukan dalam lingkungan yang seragam, diikuti catatan produksi yang teliti, kemudian disusun rangking atau peringkat. Bila tidak dapat diadakan lingkungan seragam ( beda tempat, beda pengelolaan) seperti pada penelitian-penelitian lapang, dapat dihitung rasio untuk berbagai sifat, misalnya didasarkan rasio dengan rumus :

$$Rasio = \frac{Catatan\ Individu}{Rataan\ Populasi} \times 100\%$$

Jika rata-rata individu sama dengan rata-rata populasi (P = Ps) maka rasio = 100 %

## 2. Keterbatasan Seleksi Individu

- a. Untuk sifat yang hanya tampak pada betina seperti susu dan telur, yang jantan tidak dapat dipilih berdasarkan penampilannya sendiri.
- b. Catatan produksi susu, telur dan kualitas induk baru tersedia setelah dewasa, jika seleksi permulaan harus dilakukan sebelum dewasa, harus digunakan beberapa kriteria lain.
- c. Untuk sifat dengan  $h^2$  rendah, penampilan individual dapat merupakan indikator nilai pemuliaan yang jelek
- d. Karena mudah dilakukan para pemulia terlalu menekankan pada sifat itu dibandingkan dengan penggunaan alat-alat lain seperti silsilah dan keturunan.

Kebaikannya :

- a. Pada sifat yang terlihat pada kedua jenis kelamin dan sebelum ternak dewasa seleksi ini mudah dilakukan
- b. Bila  $h^2$  tinggi kecepatan seleksi ini akan tinggi.
- c. Biayanya murah

## 3. Pendugaan Perubahan Genetik

Sasaran seleksi untuk tiap sifat atau suatu indeks dari beberapa sifat hampir selalu untuk mencapai perbaikan maksimum per tahun.

$$\Delta\delta = h^2 \times (P_s - P_p)$$

Efektifitas atau laju perbaikan penampilan dari seleksi tiap generasi tergantung pada tiga faktor : Kecermatan seleksi, Intensitas seleksi dan Keragaman genetik, akan tetapi seleksi individu atau seleksi massa biasanya akan membuat interval generasi minimum, maka :

Perbaikan genetik =  $\frac{\text{Kecermatan} \times \text{Intensitas} \times \text{Keragaman Genetik}}{\text{Interval Generasi}}$

- Kecermatan seleksi adalah derajat yang menyatakan hubungan antara kriteria yang merupakan dasar seleksi dengan nilai pemuliaan
- Intensitas seleksi adalah jumlah kelebihan rata-rata ternak terpilih terhadap rata-rata populasi dimana ternak itu dipilih
- Interval generasi adalah rata-rata umur tetua ketika keturunan pertamanya lahir, disebut juga dengan selang generasi

#### **4.2.5. Seleksi Berdasarkan Catatan Silsilah**

##### **1. Defenisi**

adalah seleksi individu yang sebagian atau secara keseluruhan berdasarkan atas informasi tentang nenek moyangnya. Informasi dapat berupa catatan performans atau berupa taksiran nilai pemuliaannya berdasarkan uji keturunan.

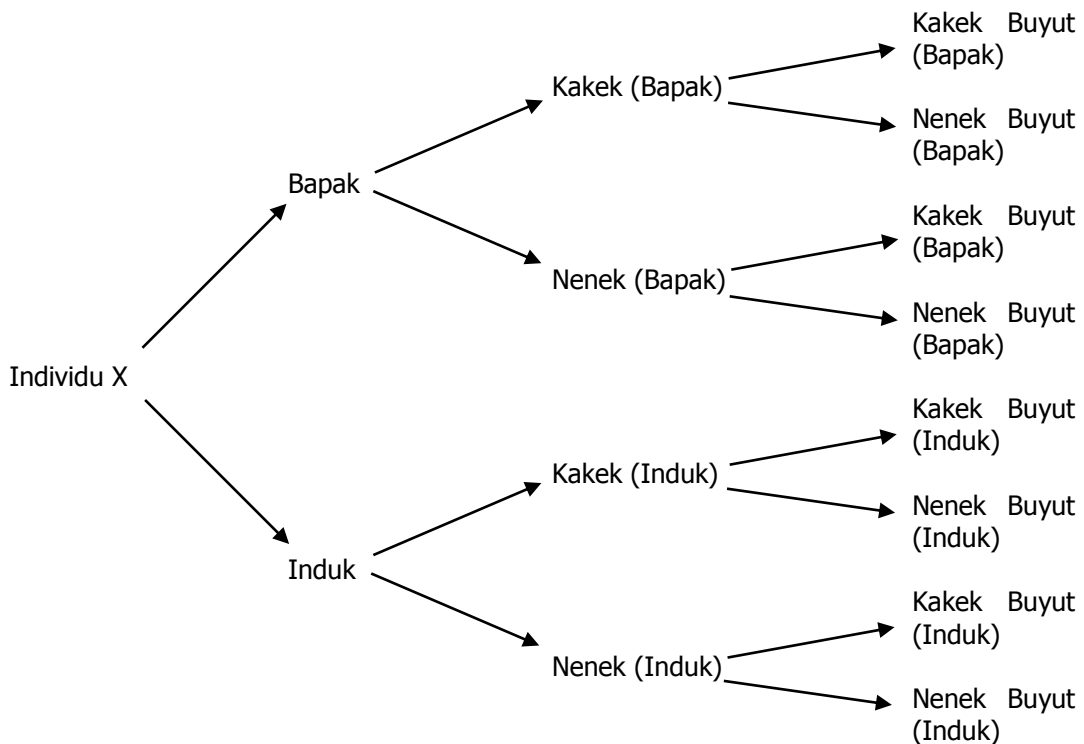
Seleksi berdasarkan catatan silsilah lebih baik digunakan:

- Apabila calon bibit tersebut masih sangat muda, maka catatan produksi individu belum tersedia
- Apabila seleksi ditujukan kepada sifat yang terbatas sex (sex limited) misalnya produksi telur tidak dapat diukur pada ayam jantan dan produksi susu tidak dapat diukur pada sapi perah jantan
- Tidak bisa dipakai sebagai dasar seleksi untuk ternak yang saudara kandung (silsilah sama)
- Relatif murah

##### **2. Prinsip Umum Seleksi Silsilah**

- a. Dalam seleksi berdasarkan silsilah yang penting diperhatikan adalah catatan dari moyang yang paling dekat hubungannya dengan individu : tetua (  $R = 0,05$  ), kakek dan nenek (  $R = 0,25$  ) dan sebaiknya dua generasi di atasnya.
- b. Apabila heritabilitas rendah, nilai relatif catatan tentang kakek dan nenek buyut akan naik
- c. Apabila nilai pemuliaan dari suatu individu telah diketahui hampir sempurna, maka catatan moyang tidak diperlukan
- d. Seleksi silsilah semakin teliti dengan semakin tingginya nilai heritabilitas, yaitu 0,71 bila heritabilitas mendekati 1,0
- e. Seleksi silsilah tidak berharga apabila catatan moyang tidak teliti atau apabila perbedaan pemberian makan dan pemeliharaan berbau perbedaan genetik

Sket silsilah individu X



Ketepatan seleksi untuk berbagai kombinasi catatan pada berbagai nilai heritabilitas :

Catatan Yang Dipakai	Heritabilitas			
	0,1	0,3	0,5	0,7
Catatan sendiri	0,3	0,55	0,71	0,84
Catatan sendiri + Catatan satu tetua	0,35	0,58	0,73	0,85
Catatan Pejantan + Catatan Induk + Catatan Kakak dan Nenek	0,27	0,43	0,53	0,61

Kesimpulan tabel di atas adalah :

1. Ketepatan seleksi meningkat dengan meningkatnya heritabilitas
2. Dengan memperhatikan catatan silsilah tertentu ketepatan seleksi meningkat
3. Catatan individu lebih tinggi ketepatannya dari pada catatan kedua tetua ditambah catatan kakak dan neneknya
4. Sifat dengan heritabilitas tinggi, catatan tetua dan moyang dalam silsilah tidak banyak meningkatkan ketepatan bahkan mengecilkan ketepatan dibandingkan dengan catatan individu

#### 4.2.6. Seleksi Berdasarkan Penggunaan Catatan Kerabat (Famili)

Dikenal juga dengan seleksi Kolateral. Kolateral adalah semua kerabat ( famili ) seekor ternak kecuali tetua moyang dan keturunan langsungnya, misalnya saudara tiri, bibi, paman dan lain-lain. Semakin dekat hubungan kekerabatannya dengan individu yang diseleksi semakin besar kegunaan catatan produksi kerabat tersebut untuk seleksi. Contoh : Menilai calon pejantan atas dasar rata-rata produksi saudara-saudara tiri atau saudara kandungnya.

Pada sifat-sifat yang terbatas seks seperti produksi telur, seleksi kolateral tetap bermanfaat karena seleksi individu tidak dapat dilakukan.

#### 4.2.7. Seleksi Atas Dasar Keturunan

Disebut juga Uji Zuriat atau Progeny Test yaitu memilih bibit atas dasar rata-rata catatan produksi keturunannya ( Zuriatnya ). Uji Zuriat lebih banyak digunakan atau dilakukan pada pejantan unggul

##### 1. Pelaksanaan

Pelaksanaan uji Zuriat dilaksanakan dengan cara :

- a. Sejumlah induk diambil secara acak dari populasi untuk dikawinkan ( kawin alam atau inseminasi buatan ) dengan calon pejantan.
- b. Lingkungan peternakan sedapat mungkin diseragamkan
- c. Analisa catatan produksi anak dilakukan terhadap kelompok yang berasal dari lingkungan dan waktu atau musim yang sama
- d. Jangan ada seleksi terhadap turunan ( catatan rendah harus diikutkan dalam analisa )
- e. Semakin banyak jumlah keturunan semakin baik ( tergantung biaya dan waktu )

##### 2. Ketepatan Seleksi Uji Zuriat

Ketepatan seleksi Zuriat dapat diukur dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Ketepatan} = \frac{1}{2}h \sqrt{\frac{n}{1 + (n-1)\frac{1}{2}h^2}}$$

dimana :

$$h = \sqrt{h^2}$$

n = Jumlah anak per calon pejantan

Tabel 15. Ketepatan Seleksi Uji Zuriat untuk Berbagai Jumlah Anak per Calon Pejantan dan Berbagai Nilai  $h^2$

Jumlah Anak	Heritabilitas ( $h^2$ )			
	0,10	0,30	0,50	0,70
2	0,22	0,37	0,47	0,55
5	0,34	0,54	0,55	0,72
10	0,45	0,67	0,73	<u>0,82</u>
20	0,58	0,79	0,86	0,90
25	0,63	<u>0,82</u>	0,88	<b>0,92</b>
40	0,71	0,87	<b>0,92</b>	0,95

Dibandingkan dengan seleksi individu, uji keturunan mempunyai kelebihan atau keunggulan sebesar:

$$Keunggulan = \frac{\text{Ketepatan Uji Zuriat}}{\sqrt{h^2}}$$

Contoh :

- a. Pada sifat dengan heritabilitas (  $h^2$  ) sama dengan 0,7 uji Zuriat dengan 10 anak dengan ketepatan 0,82

$$Keunggulan = \frac{0,82}{\sqrt{0,7}} = \frac{0,82}{0,84} = 0,98 \sim 1$$

artinya terdapat ketepatan sama

- b. Pada sifat dengan heritabilitas (  $h^2$  ) sama dengan 0,3 uji Zuriat dengan 10 anak dengan ketepatan 0,67

$$Keunggulan = \frac{0,67}{\sqrt{0,3}} = \frac{0,67}{0,55} = 1,22$$

artinya ketepatan uji zuriat pada heritabilitas rendah 1,22 kali lebih tepat dari pada seleksi individu.

- Pada sifat dengan heritabilitas tinggi tidak dianjurkan uji zuriat
- Uji zuriat pada heritabilitas rendah ketepatan seleksi lebih baik dari pada uji performans, namun kelemahannya adalah dengan meningkatkan selang generasi sehingga mengecilkan respon seleksi ( kemajuan genetik ).

Rangkuman tentang seleksi :

- a. Pada sifat tidak terbatas seks, maka semua informasi dapat dipakai untuk melengkapi dugaan nilai pemuliaan, tergantung biaya dan waktu yang tersedia.
- b. Pada sifat yang belum tampak pada ternak yang masih muda ( bibit muda ) maka seleksi silsilah merupakan satu-satunya cara yang tersedia.
- c. Pada sifat dengan heritabilitas rendah semua cara dapat dianjurkan untuk dilakukan secara bersamaan.
- d. Pada sifat dengan heritabilitas tinggi seleksi individu sudah cukup tinggi ketepatannya.
- e. Bila suatu sifat yang memerlukan pemotongan ternak untuk pengukurannya, terpaksa dipakai cara-cara seleksi selain catatan individu, demikian juga dengan sifat terbatas seks.

#### **4.3. Culling**

Culling merupakan penyingkiran ternak-ternak yang memiliki sifat-sifat yang tidak diinginkan sebagai ikutan dari proses seleksi, ternak-ternak yang tidak masuk ke dalam kriteria seleksi akan disingkirkan.

#### **4.4. Soal Latihan**

Jawablah pertanyaan soal latihan dibawah ini :

1. Apa yang dimaksud dengan seleksi dan sebutkan tujuannya.
2. Jelaskan tiga metode seleksi yang dapat dilakukan dalam memperbaiki nilai total seekor ternak.
3. Jelaskan dengan ringkas empat cara dalam pelaksanaan seleksi.
4. Sebutkan lima rangkuman tentang seleksi.

#### **4.5. Sumber Pustaka**

- Aku, A. S., Abadi, M., & Zulkarnain, D. (2020). Pemberdayaan Peternak Melalui Bimbingan Teknis Seleksi Bibit Sapi Bali Pada Kawasan Sentra Bibit Sapi Bali Di Kabupaten Konawe Selatan. *Indonesia*, 16(1), 1-7.
- Hikmawaty, H., Bellavista, B., Mahmud, A. T. B. A., & Salam, A. (2019). Korelasi bobot badan dan variabel-variabel ukuran tubuh sebagai dasar seleksi calon induk sapi Bali. *AGROVITAL: Jurnal Ilmu Pertanian*, 3(1), 11-13.
- Jan, R., Lestari, L., Maskur, M., Kasip, L. M., & Rozi, T. (2021). PELATIHAN RECODING DAN SELEKSI TERNAK SAPI BERDASARKAN TUJUAN PEMELIHARAAN DI KECAMATAN PUJUT LOMBOK TENGAH. *Prosiding PEPADU*, 3, 192-197.
- Tribudi, Y. A., Prihandini, P. W., Rahaddiansyah, M. I., & Anitasari, S. (2021). Seleksi calon pejantan dan induk sapi Madura berdasarkan nilai pemuliaan berat lahir dan sapih. *Jurnal Sain Peternakan*

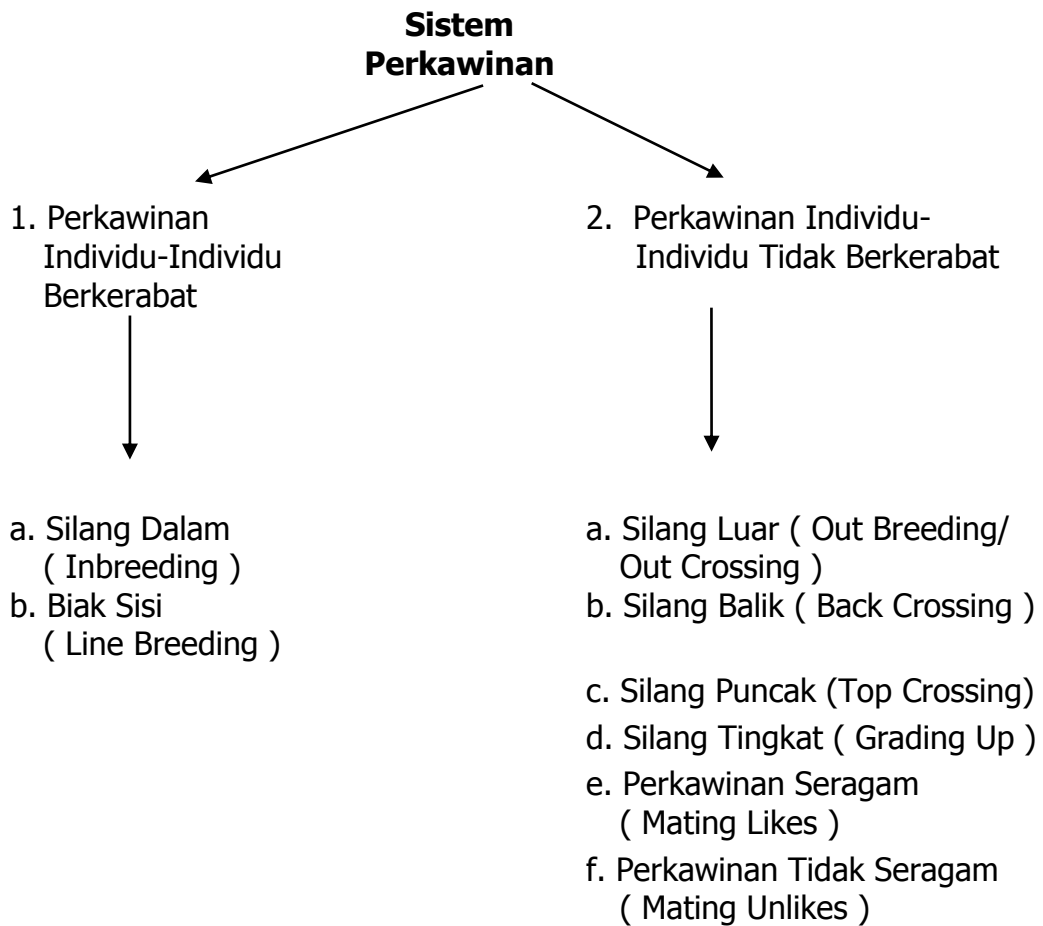
## V. SISTEM PERKAWINAN

### Tujuan Instruksional Khusus

Setelah mengikuti pokok bahasan ini mahasiswa diharapkan mampu :

1. Menjelaskan sistem perkawinan dalam kegiatan perbaikan mutu genetik ternak
2. Menerapkan sistem perkawinan yang benar dalam kegiatan perbaikan mutu genetik ternak
3. Melaksanakan pendugaan perubahan genetik yang terjadi.

Skema Sistem Perkawinan pada Ternak



Individu dikatakan berkerabat adalah individu-individu yang mempunyai satu atau lebih moyang bersama enam ( 6 ) sampai delapan ( 8 ) generasi keatas.



### **Sistem Perkawinan Individu Berkerabat**

Merupakan sistem perkawinan individu yang berkerabat yaitu individu-individu yang mempunyai satu atau lebih moyang bersama enam ( 6 ) sampai delapan ( 8 ) generasi keatas.

#### **5.2.1. Silang Dalam ( Inbreeding )**

Adalah perkawinan antara individu-individu yang lebih dekat hubungannya dibandingkan dengan rata-rata ternak dalam populasi berkerabat.

##### Efek genetik Silang Dalam ( Inbreeding )

###### 1. Meningkatkan Homozigositas

Diukur dengan Koefisien Silang Dalam yaitu persentase peningkatan homozigositas dari ternak-ternak inbred ( tersilang dalam ) dibandingkan dengan rata-rata populasinya.

Dengan silang dalam akan mengakibatkan turunnya Heterozigot sehingga hozigot akan meningkat dengan catatan populasi tertutup dan perkawinan dalam populasi tersebut berlangsung secara acak.

Tingkat pengurangan Heterozigot digambarkan berdasarkan rumus Lush, yaitu:

$$F = \frac{1}{8P} + \frac{1}{8B}$$

dimana :

F = Peningkatan Biak Dalam per generasi

P = Jumlah jantan dalam populasi

B = Jumlah betina dalam populasi

Contoh : Populasi 2 jantan dan 50 betina, sifat heterozigot yang hilang adalah:

$$F = \frac{1}{8 \times 2} + \frac{1}{8 \times 50} = 6,5\%$$

Secara individu, pengujian Biak Dalam menggunakan rumus Prof. Sewel Wright's

$$F_x = \sum \left\{ \frac{1}{2}^{np+ni+1} (1 + F_1) \right\}$$

Keterangan :

F<sub>x</sub> = Koefisien Biak Dalam ternak yang diamati

F<sub>1</sub> = Tingkat Biak Dalam leluhur bersama dari mana kedua penurunan berasal

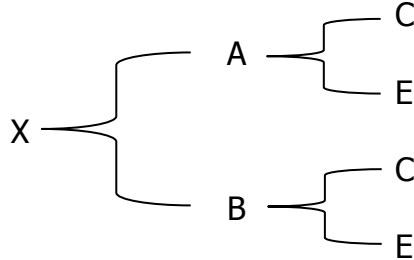
Σ = Jumlah

n<sub>p</sub> = Jumlah generasi pejantan hingga leluhur bersama

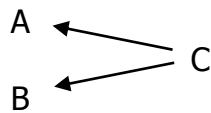
n<sub>i</sub> = Jumlah generasi induk hingga leluhur bersama

Contoh penentuan leluhur bersama :

a. Penentuan leluhur bersama individu X pada dua generasi di atasnya



Leluhur bersama individu X adalah C dengan diagram panahnya sebagai berikut :



Jadi koefisien Biak Dalam berdasarkan individu C

$$n_p = A \rightarrow C = 1$$

$$N_i = C \rightarrow B = 1$$

$$F_x = \sum \left\{ \frac{1}{2}^{1+1+1} (1 + F_1) \right\}$$

$$F_x = \sum \left\{ \frac{1}{2}^3 (1 + 0) \right\} = 12,5\%$$

b. Penentuan leluhur bersama individu Y pada tiga generasi di atasnya

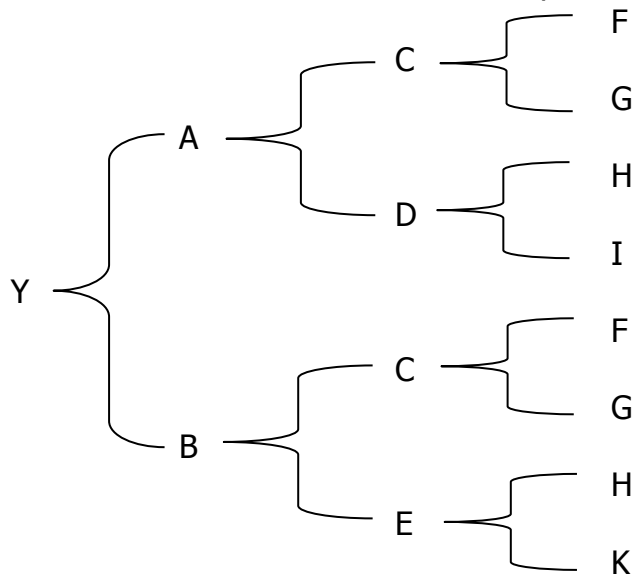
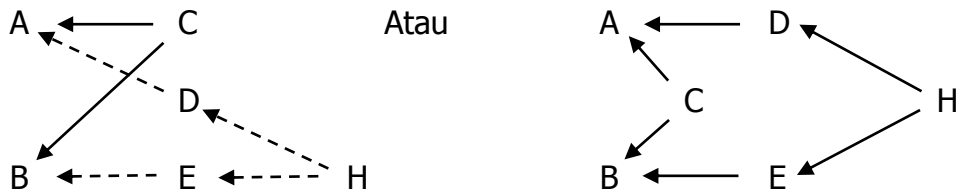


Diagram panahnya adalah



Koefisien Biak Dalam berdasarkan individu C adalah :

$$n_p = A \rightarrow C = 1$$

$$N_i = C \rightarrow A = 1$$

$$Fx = \sum \left\{ \frac{1}{2}^{1+1+1} (1 + F_1) \right\}$$

$$Fx = \sum \left\{ \frac{1}{2}^3 (1 + 0) \right\} = 12,5\%$$

Koefisien Biak Dalam berdasarkan individu H adalah :

$$n_p = A \rightarrow D \rightarrow H = 2$$

$$N_i = H \rightarrow E \rightarrow B = 2$$

$$Fx = \sum \left\{ \frac{1}{2}^{2+2+1} (1 + F_1) \right\}$$

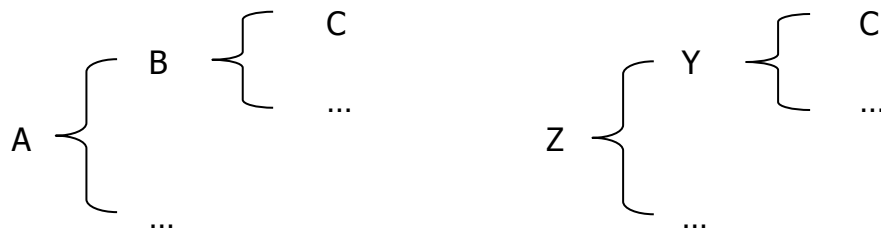
$$Fx = \sum \left\{ \frac{1}{2}^5 (1 + 0) \right\} = 3,1\%$$

Sehingga jumlah  $Fx = 12,5 \% + 3,1 \% = 15,6 \%$

Jika individu H telah membiak dalam misalnya sebesar 25 %, maka  $(1 + F_1) > 1$ , sehingga :

$$Fx = \sum \left\{ \frac{1}{2}^6 (1 + 0,25) \right\} = 0,031 \times 1,25 = 0,039$$

Tingkat hubungan kekeluargaan :



A dan Z mempunyai kakek yang sama, maka ikatan hubungan antara A dan Z adalah :

$$IH = (1/2)^{n+n'} = (1/2)^4 = 6,25 \%$$

Dimana n adalah jumlah generasi individu pertama dan n' adalah jumlah individu generasi kedua.

## 2. Merugikan

Apabila gen resesif yang merugikan secara kebetulan mencapai frekuensi tinggi dalam satu galur akan mengakibatkan galur tersebut hilang atau disingkirkan.

### Efek fenotipik Silang Dalam

Menurut Charles Darwin (1868) akibat perkawinan dekat (berkerabat) yang berlangsung dalam waktu yang lama akan menurunkan ukuran, kekuatan ( Vigor ) badan, fertilitas dan kadang-kadang cacat. Pengaruh lain yang dapat dilihat sebagai akibat Silang Dalam adalah :

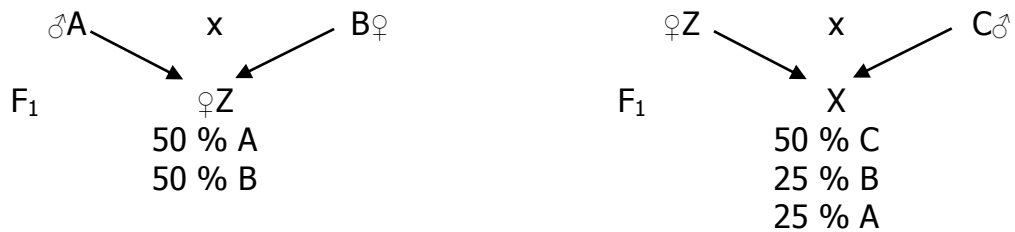
- Efek pada laju pertumbuhan, yaitu 2 kg setiap 10 % peningkatan Silang Dalam
- Efek pada kemampuan reproduksi, contoh produksi telur turun 0,43 % setiap 1 % peningkatan Silang Dalam
- Efek pada kekuatan ( Vigor ), dimana individu akan lebih mudah terpengaruh lingkungan yang jelek
- Efek pada faktor letal atau kelainan

Tabel 16. Depresi Silang Dalam Sebagai Akibat Adanya Kenaikan Koefisien Silang Dalam 10 %

Ternak	Sifat	% Penurunan
Sapi	Pertumbuhan	5
	Produksi Susu	3
Domba	Berat sapi	4
	Berat dewasa	7
	Produksi wol	8
Babi	Jumlah anak sekelahiran	5
	Berat umur 150 hari	3
Unggas	Produksi telur	6
	Daya tetas	6

### **5.2.1. Biak Sisi ( Line Breeding )**

adalah suatu program pembiakan yang ditujukan untuk menciptakan hubungan keluarga pada seekor ternak yang baik (disenangi) biasanya seekor pejantan.



Jantan A (♂A) disilangkan dengan betina Z (♀Z) disebut biak sisi

## 14.2. Sistem Perkawinan Individu Tidak Berkerabat

Perkawinan menurut caranya dapat dibedakan atas dua, yaitu perkawinan secara acak ( Random Mating ) dan perkawinan tidak secara acak. Berdasarkan tipe atau bentuk pasangannya dibedakan atas: perkawinan terpilih ( Assortative Mating ) dan perkawinan tidak terpilih ( Disassortative Mating )

### 14.2.1. Silang Luar ( Outbreeding/Out Crossing )

Merupakan suatu metode standar untuk memperbesar variasi populasi secara fenotip atau genotip. Dengan silang luar akan meningkatkan Heterozigot dari populasi, akibatnya kesegaran atau ketahanan dan daya adaptasi ternak terhadap lingkungan juga akan meningkat, disamping itu Silang Luar akan mengubah frekuensi gen, sehingga frekuensi gen yang menguntungkan akan naik.

Heterosis adalah perbedaan antara rata-rata hasil keturunan dari suatu persilangan dengan rata-rata hasil tipe tetuanya. Heterosis dapat dilihat dengan bertambahnya pertumbuhan, produksi susu lebih tinggi dan dewasa kelamin lebih awal, hibrid vigor yaitu keunggulan keturunan dari suatu persilangan terhadap rata-rata tetuanya.

### 14.2.2. Silang Balik ( Back Crossing )

Ialah persilangan dimana anak hasil persilangan dikawinkan kembali dengan penurun atau tetuanya agar sifat baik turunan F<sub>1</sub> dapat dipertahankan.

### 14.2.3. Silang Puncak ( Top Crossing )

Dilakukan apabila peternak kembali pada sumber genetik asal untuk mendapatkan beberapa materi genetik baru.

Mengawinkan kembali pejantan dari sisi Biak Dalam dengan betina yang tidak membiak dalam dan tidak mempunyai hubungan keluarga dengan

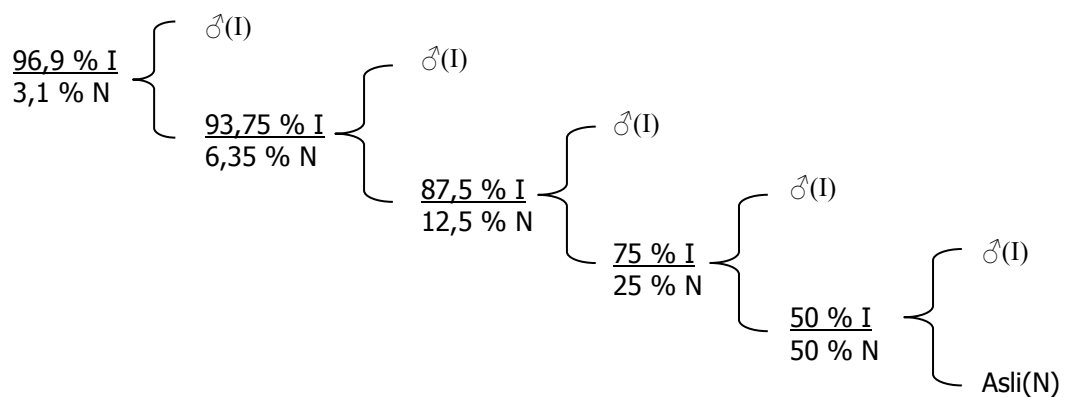
pejantan tersebut. Contoh: Peternak sapi Angus dari Australia membeli pejantan dari Scotlandia yang merupakan asalnya sapi Angus itu sendiri.

#### 14.2.4. Silang Tingkat ( Grading Up )

Adalah peningkatan mutu suatu keturunan dengan jalan persilangan yang terus menerus dengan praktek perkawinan pejantan murni dari bangsa tertentu atau tipe yang telah diperbaiki dengan betina-betina asli, belum didiskripsikan, jelek dan dengan keturunannya betina dari generasi ke generasi.

Contoh : Ayam kampung disilangkan dengan ayam ras jantan

Silsilah Pewarisan Grading Up



#### 14.2.5. Perkawinan Seragam ( Mating Likes )

Adalah assortative mating yaitu merupakan perkawinan yang mengutamakan penilaian berdasarkan fenotip.

Contoh:

- Perkawinan antara yang sedang dengan yang sedang
- Perkawinan antara yang jelek dengan yang jelek
- Perkawinan antara yang baik dengan yang baik

Perkawinan seragam tidak efisien dalam upaya merubah frekuensi gen dibandingkan dengan seleksi dan perkawinan lainnya.

#### 14.2.6. Perkawinan Tak Seragam ( Mating Unlikes )

Merupakan perkawinan kompensasi, sifat-sifat inferior dikompensasikan dengan sifat-sifat superior atau unggul.

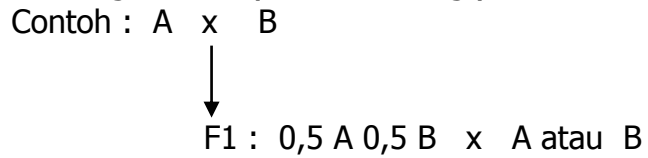
Disamping berbagai metode persilangan atau perkawinan diatas metode persilangan menurut Wartomo ( 1994 ) ada empat macam :

##### 1. Persilangan Tunggal

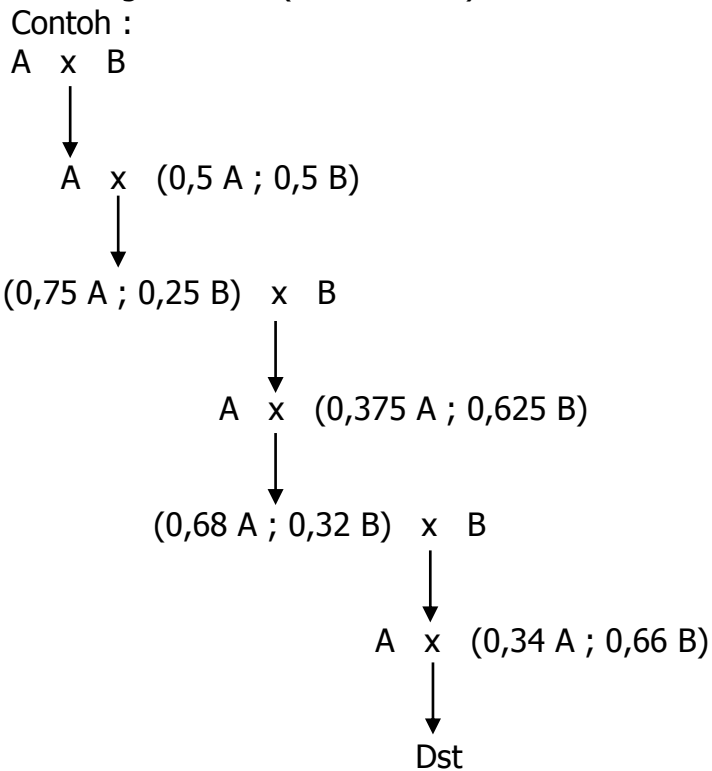
Merupakan persilangan satu bangsa induk dengan satu macam bangsa pejantan.

Contoh : Brahman dengan Angus, menghasilkan Brangus

2. Persilangan Balik ( Back Crossing )



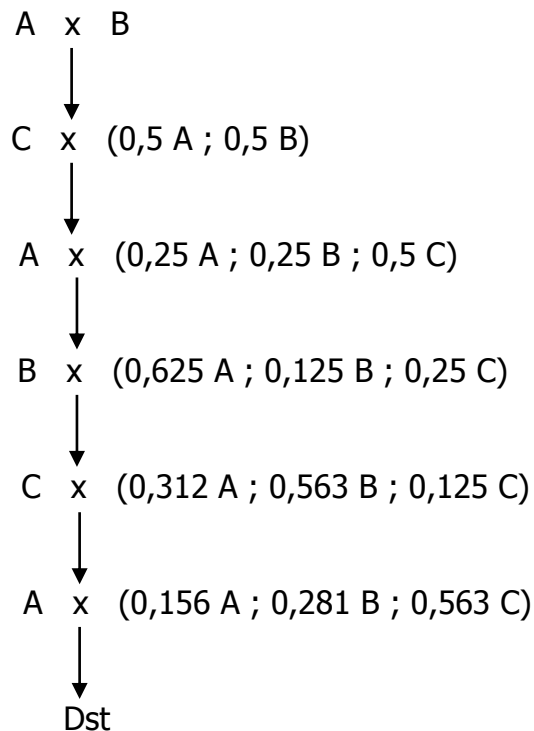
3. Persilangan Rotasi ( Criss Cross )



Persilangan rotasi ( Criss Cross ) bertujuan untuk mendapatkan keunggulan salah satu bangsa yang disilangkan pada setiap generasi secara bergantian dan untuk mempertahankan level heterosisnya. Setelah generasi ketiga, pada setiap generasi silangan akan diperoleh imbangan darah sebesar 1 : 2 atau 2 : 1 dari masing-masing bangsa secara bergiliran.

#### 4. Persilangan Rotasi Tiga Bangsa

Contoh :



#### 14.2.7. Biak Luar Lain

Disamping berbagai jenis persilangan dan perkawinan di atas dikenal juga Biak Silang Antar Spesies. Biak Luar ini ada juga dilakukan walaupun secara teknis agak sulit.

Contoh :

Asbra : Hasil persilangan antara keledai dengan zebra ( Afrika )

Mule : Hasil persilangan antara kuda dengan keledai

Beefalo : Hasil persilangan antara sapi dengan kerbau

Cattalo : Hasil persilangan antara sapi dengan bison

- Sapi Bali bila dikawinkan dengan Bos Taurus ( Simmental ), maka turunan pertamanya ( F1 ) ; apabila jantan akan mandul, apabila betina akan fertil, akan tetapi produksinya berupa berat lahir dan berat sapih tergolong baik.
- Domba ( Ovis aries ) bila dikawinkan dengan kambing ( Capra hircus ), maka turunan pertamanya ( F1 ) ; baik jantan maupun betina akan mandul dan terkadang mati semasa masih embrio.



- Keledai ( *Equus asinus* ) bila dikawinkan dengan Kuda ( *Equus caballus* ), maka turunan pertamanya ( F1 ) ; apabila jantan akan mandul dan betina akan fertil.
- Boss Taurus bila dikawinkan dengan Boss Indicus, maka turunan pertamanya ( F1 ) ; baik jantan maupun betina akan fertil.

### 14.3. Soal Latihan

Jawablah soal latihan berikut ini:

5. Menjelaskan sistem perkawinan dalam kegiatan perbaikan mutu genetik ternak
6. Menerapkan sistem perkawinan yang benar dalam kegiatan perbaikan mutu genetik ternak
7. Melaksanakan pendugaan perubahan genetik yang terjadi.

### 14.4. Sumber Pustaka

- Amin, M. N. (2019). Peran inseminasi buatan (IB) terhadap sistem perkawinan dikelompok tani ternak lembu karomah Kecamatan Taluditi Kabupaten Pohuwato. *Jambura Journal of Animal Science*, 1(2), 52-56.
- Irianto, A., & Gunawan, A. Perbaikan mutu genetic melalui sistem grading ternak dalam upaya menunjang program pemuliaan berbasis digital. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis*, 7(1), 35-41.
- Mulyadi, Y., & Mariani, Y. (2021). PENINGKATAN BOBOT BADAN AYAM BURAS LOKAL CIANJUR MELALUI PERKAWINAN SILANG DAN SELEKSI BOBOT TETAS DI TINGKAT KELOMPOK TERNAK AYAM "PUSAKA". *AGRIPTEK (Jurnal Agribisnis dan Peternakan)*, 1(2), 51-59.
- Putra, W. P. B., & Firmansyah, M. (2020). Perhitungan matematika pada peluang inbreeding dalam populasi ternak generasi pertama. *Limits: Journal of Mathematics and Its Applications*, 17(2), 111-121.
- Rusdiana, S. (2018). Program Siwab untuk meningkatkan populasi sapi potong dan nilai ekonomi usaha ternak. In *Forum Penelitian Agro Ekonomi* (Vol. 35, No. 2, pp. 125-137).
- Siregar, A. R. (2019). Analisis Faktor Faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan Program Peningkatan Produksi Ternak Sapi Betina Brahman Cross Asal Australia di Tapanuli Bagian Selatan.
- Utami, P., Samsudewa, D., & Lestari, C. M. S. (2019). Pengaruh perbedaan sistem perkawinan terhadap lama bunting dan litter size kelinci New Zealand White. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(1), 70-74.

*Lampiran*