

KORELASI FENOTIPA DAN GENOTIPA ANTARA PRODUKSI SUSU  
 DENGAN KADAR LEMAK SUSU SAPI FRIES HOLLAND DI  
 BALAI PEMBIBITAN TERNAK BATURRADEN

Oleh

Muladno dan Haria Astuti  
 Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada

**ABSTRACT.** The experiment was conducted to estimate phenotype and genotype correlation between production and fat content of milk and its heritability. Two hundred and eleven lactation records of dairy cattle on milk production and fat content were used in this experiment. Phenotype correlation, genotype correlation and heritability were estimated by correlation analysis, covariance half sib analysis and variance half sib analysis respectively. The result indicated that estimation of phenotype and genotype correlation between milk production and fat content were  $-0.26 \pm 0.10$  and  $-0.76 \pm 0.37$ , respectively. While, estimation heritability of milk production and fat content were  $0.20 \pm 0.19$  and  $0.56 \pm 0.31$ , respectively.

(Keywords : Correlation, heritability).

**RINGKASAN.** Maksud penelitian ini adalah untuk menduga nilai korelasi fenotipa dan genotipa antara produksi dengan kadar lemak susu, serta nilai heritabilitas masing-masing sifat tersebut dari sapi Fries Holland (FH) yang dipelihara di Balai Pembibitan Ternak (BPT) Baturraden. Data yang dipakai adalah catatan produksi dan kadar lemak susu dari sapi-sapi yang beraktasi pertama sampai dengan laktasi keempat, mulai dari tahun 1978 sampai dengan tahun 1983. Jumlah sapi yang dipakai adalah 96 ekor dengan jumlah laktasi keseluruhan 211, dengan jumlah laktasi per ekor tidak sama. Pendugaan nilai korelasi fenotipe dilakukan dengan analisa korelasi, sedangkan korelasi si genotipe dilakukan dengan sidik peragam untuk saudara trii sebanduk. Pendugaan nilai heritabilitas dilakukan dengan sidik ragam untuk saudara trii sebanduk. Didapatkan pendugaan nilai korelasi fenotipa antara produksi dengan kadar lemak susu masing-masing sifat sebesar  $-0.26 \pm 0.10$  dan  $-0.76 \pm 0.37$ , sedangkan pendugaan nilai heritabilitas masing-masing sifat didapatkan sebesar  $0.20 \pm 0.19$  dan  $0.56 \pm 0.31$  untuk sifat kadar lemak susu. (Kata kunci : korelasi, heritabilitas).

## PENDAHULUAN

Krisis protein yang dialami negara-negara berkembang dewasa ini termasuk Indonesia, meminta dengan segera akan adanya peningkatan bahan-bahan makanan sumber protein. Susu merupakan salah satu bahan makanan sumber protein yang dihasilkan oleh bidang peternakan dan diantaranya dihasilkan sapi perah.

Untuk memenuhi standar gizi nasional akan kebutuhan protein hewani, tentunya perlu meningkatkan produktivitas sapi perah baik kualitas maupun kuantitas, disamping produk-produk yang lain.

Untuk mengetahui sampai sejauh mana produktivitas sapi perah, umumnya didasarkan pada produksi susunya, sehingga membuat catatan produksi susu adalah suatu keharusan. Indikator yang lain untuk mengetahui mutu susu adalah jumlah lemak yang ada dalam susu, sehingga hal lain yang perlu diperhatikan selain pencatatan produksi susu, adalah pemeriksaan kadar lemak susu. Dikatakan oleh Schmidt dan Van Vleck (1974), bahwa kadar lemak susu mempunyai korelasi positif dengan kadar protein.

Untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas susu dapat dilakukan dengan cara seleksi, sedangkan untuk mengadakan seleksi dari sekelompok ternak perah perlu diketahui catatan silsilah dan produksinya. Apabila tersedia cukup data dari dua atau lebih sifat, metode seleksi yang efektif untuk menyeleksi sifat-sifat tersebut adalah seleksi indeks (Warwick et al., 1983). Adapun parameter yang diperlukan untuk dapat menyusun suatu indeks, diantaranya adalah koefisien korelasi fe-

notipa serta genotipa diantara sifat-sifat tadi dan nilai heritabilitas untuk masing-masing sifat tersebut.

Sehubungan dengan hal itu, penulis mencoba untuk menghitung koefisien korelasi fenotipa dan genotipa antara produksi dengan kadar lemak susu serta nilai heritabilitas produksi dan kadar lemak susu.

Berdasarkan hasil penelitian ini, diharapkan dapat dibuat atau disusun suatu indeks dalam menentukan seleksi untuk kedua sifat tersebut.

## MATERI DAN METODE

### Materi

Data penelitian ini berasal dari BPT Baturraden, Purwokerto. Data yang dicatat meliputi produksi dan kadar lemak susu dari 96 ekor keturunan betina dengan 13 kelompok pejantan, dalam hal ini masing-masing keturunan mempunyai jumlah laktasi yang berlainan, yaitu antara satu sampai dengan empat kali laktasi. Data yang terkumpul tersebut merupakan catatan produksi dan kadar lemak susu dari sapi perah mulai tahun 1978 sampai dengan tahun 1983. Umur serta lamanya laktasi pada setiap masa laktasi juga dicatat. Semua sapi yang dipelihara di BPT Baturraden diperah sebanyak dua kali sehari.

Produksi susu dibakukan pada 305 hari pemerahan, dua kali pemerahan setiap hari dan pada umur setara dewasa, menurut tabel yang dibuat oleh Rice et al. (1954). Untuk catatan kadar lemak susu di BPT Baturraden, semua sapi diperiksa kadar lemaknya sebanyak 1 kali/

bulan/ekor, sehingga data yang dipakai untuk menduga heritabilitas dan koefisien korelasi adalah rata-rata kadar lemak susu selama masa laktasi pada setiap masa laktasi.

### Metode

Untuk menduga heritabilitas produksi dan kadar lemak susu, digunakan sidik ragam untuk saudara tiri sebakap dengan pola tersarang menurut Becker (1975). Model statistik yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + P_{ij} + e_{ijk}$$

dalam hal ini :

$Y_{ijk}$  = hasil pengamatan pada laktasi ke k pada keturunan ke j dari pejantan ke i.

$\mu$  = rata-rata populasi

$L_i$  = efek pejantan ke i

$P_{ij}$  = efek keturunan ke j dari pejantan ke i

$e_{ijk}$  = penyimpangan akibat pengaruh lingkungan dan pengaruh genetik yang tak terkontrol masing-masing individu.

Rumus yang digunakan untuk menduga nilai heritabilitas adalah sebagai berikut :

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_P^2}{\hat{\sigma}_P^2 + \hat{\sigma}_K^2 + \hat{\sigma}_L^2}$$

dalam hal ini :

$h^2$  = heritabilitas  $\hat{\sigma}_L^2$  = ragam laktasi

$\hat{\sigma}_P^2$  = ragam pejantan

$\hat{\sigma}_K^2$  = ragam keturunan

Dengan galat baku dari heritabilitas :

$$G.b. (h^2) = \frac{G.b. (\hat{\sigma}_F^2)}{\hat{\sigma}_F^2 + \hat{\sigma}_K^2 + \hat{\sigma}_L^2}$$

dalam hal ini :

G.b. ( $h^2$ ) = galat baku heritabilitas

G.b. ( $\hat{\sigma}_F^2$ ) = galat baku ragam pejantan

Pendugaan koefisien korelasi fenotipa antara produksi dengan kadar lemak susu, diperoleh dengan menggunakan rumus menurut Gill (1978) sebagai berikut :

$$r_p = \frac{JHK_{XY}}{\sqrt{JK_X \cdot JK_Y}}$$

dalam hal ini :

$r_p$  = korelasi fenotipa

$JHK_{XY}$  = jumlah hasil kali antara produksi dengan kadar lemak susu

$JK_X$  = jumlah kuadrat dari produksi susu

$JK_Y$  = jumlah kuadrat dari kadar lemak susu

Galat baku dari koefisien korelasi fenotipa :

$$G.b. (r_p) = \sqrt{(1 - r_p^2)/(n - 2)}$$

dalam hal ini :

G.b. ( $r_p$ ) = galat baku korelasi fenotipa

n = jumlah pengamatan

Untuk memperoleh koefisien korelasi genotipa antara produksi dengan kadar lemak susu, digunakan sidik peragam untuk saudara tiri

sebagai berikut :

$$r_G = \frac{4 \text{ Kov.P}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{P(X)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{P(Y)}^2}}$$

dalam hal ini :

$r_G$  = koefisien korelasi genotipa

Kov.P = peragaan pejumlahan

$\hat{\sigma}_{P(X)}^2$  = ragam pejumlahan produksi susu

$\hat{\sigma}_{P(Y)}^2$  = ragam pejumlahan kadar lemak susu

Galat baku dari korelasi genotipa :

$$\text{G.b. } (r_G) = \sqrt{\text{Var } (r_G)}$$

dalam hal ini :

G.b.  $(r_G)$  = galat baku korelasi genotipa

Var  $(r_G)$  = ragam korelasi genotipa

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Heritabilitas Produksi Susu

Produksi susu rata-rata pada tiap laktasi terdapat pada Tabel 1. Berdasarkan hasil perhitungan secara statistik, diperoleh nilai heritabilitas produksi susu sebesar  $0.20 \pm 0.19$ . Hasil ini sesuai dengan hasil yang dilaporkan oleh Warwick dan Legates (1979); Etgen dan Reaves (1979); Schmidt dan Van Vlack (1974); Falconer (1981), yang memperoleh nilai heritabilitas produksi susu sapi PH berkisar antara

Tabel 1. Produksi Susu Rata-rata 305 Hari, 2 Kali, Setara Dewasa Setiap Masa Laktasi (liter)

P*	K**	Laktasi I	Laktasi II	Laktasi III	Laktasi IV
71267	25	2815.922 (25)	3186.905 (18)	3610.015 (4)	2910.560 (2)
70254	13	3035.144 (18)	2969.363 (9)	2452.673 (2)	
3.03	6	2298.787 (6)			
6200	8	2702.244 (8)	2533.704 (7)	3097.298 (4)	2640.902 (1)
7105	8	2946.170 (8)	2611.207 (8)	2474.745 (8)	3225.879 (7)
248	10	2719.482 (10)	3033.372 (9)	2469.896 (1)	
K.339	7	3072.317 (7)	2320.672 (7)	1974.521 (4)	2648.864 (2)
180	2	2071.076 (2)	2586.201 (2)	2255.864 (1)	2752.735 (1)
230	2	2785.816 (2)			
396	2	3150.097 (2)			
7200	4	3285.476 (4)	2594.346 (3)	3382.880 (3)	3052.725 (2)
FB.224	2	2984.995 (2)	2718.460 (1)	2705.040 (1)	
FB.319	2	2860.248 (2)	2363.518 (2)	2839.845 (2)	3407.319 (2)
Jumlah	96	36682.774 (96)	30272.260 (68)	27262.777 (30)	20638.984 (17)
Rataan		2821.752	2752.024	2726.278	2948.426

P = nomor pejantan; K = jumlah keturunan; Nilai dalam kurung = banyaknya catatan.

0.20 sampai dengan 0.35. Menurut Dalton (1980) nilai heritabilitas produksi susu yang diperoleh tersebut tergolong rendah atau lemah. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar keragaman dari sifat produksi susu banyak disebabkan oleh pengaruh lingkungan. Dalam hal ini pengaruh lingkungan tersebut diantaranya adalah faktor makanan, perawatan dan perlakuan, musim dan faktor lingkungan yang lain, yang semuanya ikut menentukan sampai sejauh mana individu ternak dapat menampilkan potensi genetiknya. Atau dengan kata lain bahwa walaupun suatu individu ternak mempunyai genetik yang baik, bila tidak didukung dengan lingkungan yang baik, maka tidak akan dapat memproduksi susu secara maksimum.

#### Heritabilitas Kadar Lemak Susu

Catatan kadar lemak susu yang dikelompokkan pada setiap masa laktasi, akan diperoleh hasil seperti terdapat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil perhitungan secara statistik, diperoleh nilai heritabilitas kadar lemak susu sebesar  $0.56 \pm 0.31$ . Hasil ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Warwick dan Legates (1979); Etgen dan Reaves (1978); Schmidt dan Van Vleck (1974) serta Falconer (1981) yang memperoleh nilai heritabilitas kadar lemak susu berkisar antara 0.40 sampai dengan 0.60. Menurut Dalton (1980), nilai heritabilitas kadar lemak susu yang diperoleh tersebut tergolong tinggi atau kuat. Keadaan ini menunjukkan bahwa keragaman dari sifat kadar lemak susu sebagian besar ditimbulkan oleh pengaruh genetik aditif, sedangkan pengaruh lingkungan mempunyai peranan yang kecil. Pada dasarnya



Tabel 2. Kadar Lemak Susu Rata-rata (%) Setiap Masa Laktasi

* P	** K	Laktasi I	Laktasi II	Laktasi III	Laktasi IV
71267	25	4.00 (25)	3.90 (18)	3.84 (4)	3.75 (2)
70254	18	3.95 (18)	3.86 (9)	4.18 (2)	
3103	6	3.91 (6)			
6200	8	4.11 (8)	4.14 (7)	3.97 (4)	3.91 (1)
7205	8	4.13 (8)	4.10 (8)	3.99 (8)	3.83 (7)
248	10	4.03 (10)	3.86 (9)	3.86 (1)	
K. 339	7	4.35 (7)	4.16 (7)	4.05 (4)	4.03 (2)
180	2	4.19 (2)	4.12 (2)	4.09 (1)	3.89 (1)
230	2	4.13 (2)	3.93 (2)		
396	2	3.95 (2)			
7200	4	4.06 (4)	4.15 (3)	3.99 (3)	3.81 (2)
FB. 224	2	3.91 (2)	4.04 (1)	3.87 (1)	
FB. 319	22	4.19 (2)	3.97 (2)	3.72 (2)	3.83 (2)
Jumlah	96	52.81 (96)	44.23 (68)	39.56 (30)	27.05 (17)
Rataan		4.06	4.02	3.96	3.86

P = nomer pejantan; K = jumlah keturunan; Nilai dalam kurung = banyaknya catatan.

komposisi susu yang termasuk didalamnya adalah kadar lemak susu dipengaruhi juga oleh beberapa faktor yang mempengaruhi produksi susu. Namun pada kadar lemak susu, perubahan yang ditimbulkan oleh adanya faktor lingkungan relatif kecil sekali.

Pada prinsipnya, tujuan membuat pendugaan heritabilitas suatu sifat adalah untuk menyatukan ragam genetik aditif dan menyingkirkan semua pengaruh lingkungan. Dalam menduga heritabilitas sifat produksi dan kadar lemak susu, diperoleh galat baku yang cukup tinggi, yaitu 0.19 untuk sifat produksi susu dan 0.31 untuk sifat kadar lemak susu. Hal ini kemungkinan disebabkan materi yang digunakan dalam penelitian ini jumlahnya sedikit, yang mana keturunan dalam satu kelompok pejantan mempunyai variasi jumlah yang amat berbeda yaitu antara 2 - 25 keturunan dan mempunyai jumlah masa laktasi yang berbeda-beda, sehingga mempunyai bias yang tinggi. Keadaan ini juga sesuai dengan yang dikemukakan oleh Warwick et al. (1983) yang mengatakan bahwa menentukan besarnya galat baku dari pendugaan heritabilitas sering sukar, terutama bila jumlah individu dalam setiap kelompok pejantan berbeda atau adanya faktor-faktor lain yang menyulitkan. Semakin besar jumlah individu pada setiap kelompok pejantan, semakin memperkecil galat baku dan kecermatan dari pendugaan heritabilitas dapat diandalkan. Jadi, pendugaan heritabilitas yang paling baik berasal dari rataan hasil seluruh penelitian yang ada dengan bangsa ternak yang sama dalam lingkungan yang sama.

### Korelasi Fenotipa

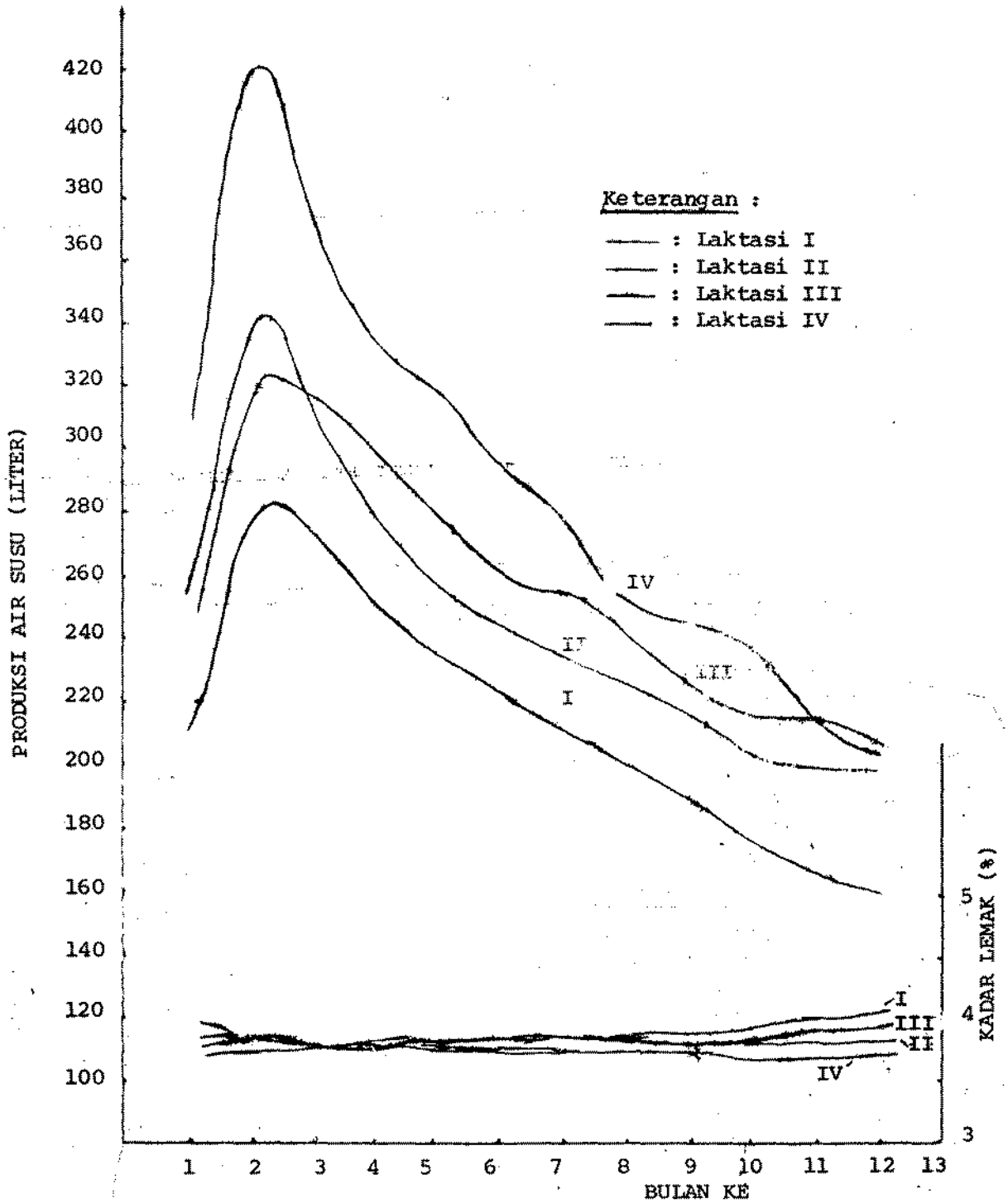
Berdasarkan perhitungan secara statistik dengan menggunakan formula menurut Gill (1978), diperoleh koefisien korelasi fenotipa antara produksi dengan kadar lemak susu sebesar  $-0.26 \pm 0.10$ . Hasil ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Warwick dan Legates (1979); Etgen dan Reaves (1978) serta Dalton (1980), yang memperoleh koefisien korelasi fenotipa antara produksi dengan kadar lemak susu yang berkisar antara  $-0.35$  sampai dengan  $0.15$ . Keadaan ini juga dapat dikatakan bahwa antara produksi dengan kadar lemak susu terdapat hubungan yang lemah dan berlawanan arah, yaitu pada saat produksi susu mengalami peningkatan maka kadar lemak susu justru mengalami penurunan. Korelasi fenotipa tersebut muncul sebagai akibat dari pengaruh lingkungan dan pengaruh genetik.

Setelah dilakukan perhitungan terhadap rataan produksi susu sesungguhnya (tanpa dibakukan ke 305 hari, 2 kali, setara dewasa) dan kadar lemak susu setiap bulan pada setiap masa laktasi, diperoleh hasil seperti tertera pada Tabel 3 dan grafik hubungan antara produksi dengan kadar lemak susu ditunjukkan pada Gambar 1.

Baik pada Tabel 3 maupun pada Gambar 1 tampak bahwa antara produksi dengan kadar lemak susu mempunyai hubungan yang terbalik. Terlihat bahwa pada saat produksi susu mencapai puncak, justru kadar lemak susu menunjukkan yang terendah pada setiap masa laktasi. Pada grafik juga menunjukkan total produksi susu yang tertinggi dicapai pada laktasi keempat. Keadaan ini berarti bahwa total produksi ter-

Tabel 3. Rataan Produksi (nyata) dan Kadar Lemak Air Susu Setiap Bulan pada Setiap Masa Laktasi

Bulan ke	Laktasi I		Laktasi II		Laktasi III		Laktasi IV	
	Produksi Air Susu (liter)	Kadar Lemak (%)	Produksi Air Susu (liter)	Kadar Lemak (%)	Produksi Air Susu (liter)	Kadar Lemak (%)	Produksi Air Susu (liter)	Kadar Lemak (%)
1	213.28	4.11	259.00	3.93	251.25	3.89	306.71	3.94
2	285.38	3.93	345.54	3.89	326.66	3.83	419.82	3.95
3	265.43	3.93	315.93	3.94	312.76	3.93	366.94	3.87
4	254.62	3.93	279.43	3.91	295.59	3.99	333.59	3.87
5	234.75	4.02	258.55	3.97	278.86	3.99	317.88	3.78
6	222.80	4.03	248.73	3.92	261.37	3.97	291.41	3.83
7	213.27	4.13	238.32	4.04	259.30	3.94	283.18	3.91
8	202.92	4.10	229.85	4.05	249.84	3.97	251.88	3.87
9	194.04	4.13	220.27	4.05	225.75	3.98	245.33	3.87
10	185.07	4.20	209.66	4.06	223.94	4.01	246.43	3.76
11	169.87	4.20	202.59	4.18	222.33	4.02	215.83	3.93
12	168.19	4.30	209.47	4.02	204.00	4.06	222.67	3.99



Gambar 1. Kurva Produksi dan Kadar Lemak Air Susu pada Setiap Masa Laktasi Sapi FH di BPT Baturraden.

tinggi dari sapi FH di BPT Baturraden dicapai pada laktasi tersebut, karena pada laktasi tersebut sapi-sapi perah FH mencapai umur optimal untuk berproduksi tinggi, dalam lingkungan makanan yang baik. Disini ditunjukkan rataan umur sapi dan lama rataan laktasi setiap masa laktasi, seperti tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Rataan Umur dan Lama Laktasi pada Setiap Masa Laktasi

Laktasi ke	Umur Sapi (bulan)	Lama Laktasi (hari)
I	29.093 $\pm$ 5.155	324.646 $\pm$ 72.923
II	43.265 $\pm$ 4.718	319.941 $\pm$ 75.034
III	55.467 $\pm$ 4.946	293.900 $\pm$ 64.749
IV	66.647 $\pm$ 3.983	293.000 $\pm$ 76.853

#### Korelasi Genotipa

Berdasarkan catatan produksi dan kadar lemak susu, dengan menggunakan sidik peragam untuk saudara-tiri sebak, diperoleh nilai korelasi genotipa antara produksi dengan kadar lemak susu sebesar  $-0.76 \pm 0.37$ .

Dengan memperhatikan hasil yang diperoleh tersebut, dapat dikatakan bahwa korelasi genotipa antara produksi dengan kadar lemak susu mempunyai derajat yang tinggi dengan arah yang berlawanan. Hasil ini agak jauh berbeda dengan yang dilaporkan oleh Warwick dan Legates (1979); Etgen dan Reaves (1978); serta Dalton (1980), yang mendapatkan koefisien korelasi genotipa antara produksi dengan kadar lemak susu

berkisar antara  $-0.40$  sampai dengan  $-0.15$ . Hal ini menunjukkan bahwa korelasi yang dipengaruhi gen aditif antara kedua sifat tersebut terdapat gen yang sama didalam mempengaruhi penampilan dari sifat produksi dan kadar lemak susu, yang dikenal sebagai pleiotropi. Penyebab lain terjadinya korelasi genotipa diantara dua sifat tersebut adalah terdapatnya gen herangkai. Namun koefisien korelasi yang besar tersebut, walaupun ada kaitannya dengan frekuensi gen dan banyaknya gen yang diturunkan, kemungkinan lain disebabkan karena peragam yang ditimbulkan oleh faktor lingkungan amat kecil, karena korelasi genotipa dipengaruhi juga oleh korelasi fenotipa dan korelasi lingkungan. Perlu ditambahkan bahwa koefisien korelasi genotipa hanya dapat diterapkan pada populasi tertentu dan pada waktu yang tertentu pula.

Untuk galat baku korelasi genotipa, diperoleh angka yang lebih besar daripada galat baku pendugaan heritabilitas, yaitu  $0.37$ . Penyebab utama dari besarnya galat baku seperti juga yang telah diuraikan pada bab heritabilitas, adalah kurangnya data yang digunakan untuk menduga korelasi genotipa. Keadaan ini sesuai dengan pendapat yang dikemukakan oleh Warwick *et al.* (1983) bahwa masalah utama dalam korelasi genotipa adalah besarnya galat baku yang lebih besar daripada galat baku dari pendugaan heritabilitas. Sebagai akibatnya diperlukan data yang sangat besar untuk mendapatkan pendugaan yang cukup tepat untuk dapat diandalkan. Meskipun dengan jumlah data yang besar, kadang-kadang masih sulit untuk mengetahui bahwa suatu pendugaan tertentu benar-benar dapat mewakili suatu populasi.

Tabel 5. Koefisien Heritabilitas, Korelasi Fenotipa dan Korelasi Genotipa

Sifat	$h^2$	Gb	$r_P$	Gb	$r_G$	Gb
Produksi susu	0.20	0.19				
Kadar lemak susu	0.56	0.31	-0.26	0.10	-0.76	0.37

Keterangan :  $h^2$  = heritabilitas  
 $r_P$  = korelasi fenotipa  
 $r_G$  = korelasi genotipa  
Gb = galat baku

## KESIMPULAN

1. Heritabilitas produksi susu sapi FH di BPT Baturraden rendah, sehingga seleksi terhadap sapi-sapi tersebut banyak dipengaruhi oleh lingkungan, sedangkan ragam yang ditimbulkan oleh faktor genetik kecil.
2. Heritabilitas kadar lemak susu tinggi, sehingga ditinjau dari faktor genetiknya dapat dimungkinkan menyeleksi sapi-sapi tersebut berdasarkan kadar lemak, namun karena korelasi diantara kedua sifat tersebut berbanding terbalik, maka sebagai akibat penyeleksian terhadap sifat kadar lemak susu, akan menurunkan produksi susu.
3. Dari hasil yang diperoleh tersebut diharapkan dapat disusun suatu indeks seleksi terhadap kedua sifat tersebut, sehingga dapat menyeleksi sapi-sapi FH di BPT Baturraden dengan tidak hanya memperhatikan salah satu sifat saja.



## DAFTAR PUSTAKA

- Becker, W.A., 1975. Manual of Quantitative Genetics. Third edition. Published by Program in Genetics. Washington State University. Pullman, Washington. 41-44; 105-111.
- Dalton, D.C., 1980. An Introduction to Practical Animal Breeding. Granada Publishing Limited-Technical Books Division. London, Toronto, Sydney, New York. 51-52; 83-85.
- Etgen, W.M. and P.M. Reaves, 1978. Dairy Cattle Feeding and Management. Sixth edition. John Wiley and Sons Inc., New York, Chichester, Brisbane, Toronto. 211; 213; 458.
- Falconer, D.S., 1981. Introduction to Quantitative Genetics. Second edition. Longman, Essex, United Kingdom, 149-150.
- Gill, J.L., 1978. Design and Analysis of Experiments in the Animal and Medical Sciences. The Iowa State University Press. Ames, Iowa, 165-166.
- Rice, V.A., F.N. Andraws, E.J. Warwick and J.E. Legates, 1954. Breeding and Improvement of Farm Animals. Fifth edition. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London. 399-421.
- Schmidt, G.H. and L.D. Van Vleck, 1974. Principles of Dairy Science. W.H. Freeman and Company, San Fransisco, 69; 84-97; 180-190.
- Warwick, E.J. and J.E. Legates, 1979. Breeding and Improvement of Farm Animals. Seventh edition. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd., New Delli, 125-127; 157-172.
- Warwick, E.J., J.M. Astuti and W. Hardjosibroto, 1983. Pemuliaan Ternak. Fakultas Peternakan UGM. Gadjah Mada University Press, 99-151.

