

# ***Fixed Regression Test Day Model* Sebagai Solusi pada Pendugaan Nilai Pemuliaan Sapi Perah**

HENI INDRIJANI dan ASEP ANANG

*Fakultas Peternakan Universitas Pajajaran  
Jl. Raya Bandung-Sumedang km 21 Sumedang*

(Diterima dewan redaksi 30 Juni 2009)

## **ABSTRACT**

INDRIJANI, H. and A. ANANG. 2009. Fixed Regression Test Day Model as a solution in predicting the genetic value of dairy cattle. *JITV* 14(3): 216-221.

Genetic evaluation on milk yield production basically based on breeding value. This research was addressed to study milk production curve, for the most appropriate genetic evaluation, and the best methods in estimating genetic parameter and predicting breeding values. Data were collected from PT. Taurus Dairy Farm, consisting of 581 cows having 305 days records in first lactation (P305) and 542 cows having 305 days records in second lactation. Records used for Test Day (TD) evaluation were 5,373 for first lactation, and 4,925 for second lactation. Total records used for Test Day were 10,298. The results indicated that the most suitable curve, being able to be used for genetic evaluation was Ali-Schaeffer with the coefficient of correlation of 0,999, and the most appropriate model for estimation of genetic parameters and prediction of breeding values was fixed regression model with the regression of Ali-Schaeffer by taking account to the covariates. The genetic evaluation can therefore be conducted simultaneously by ignoring lactation levels.

**Key Words:** Test Day, Milk Production Curve, Breeding Value, Dairy Cattle

## **ABSTRAK**

INDRIJANI, H. dan A. ANANG. 2009. *Fixed Regression Test Day Model* sebagai solusi pada pendugaan nilai pemuliaan sapi perah. *JITV* 14(3): 216-221.

Evaluasi mutu genetik sapi perah bagi sifat produksi susu biasanya didasarkan pada Nilai Pemuliaan (NP). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kurva produksi susu yang paling tepat untuk digunakan dalam evaluasi genetik dan untuk mendapatkan metode yang paling sesuai dalam pendugaan parameter genetik, dan nilai pemuliaan. Data yang dianalisis diambil dari PT. Taurus Dairy Farm di Sukabumi yang berasal dari produksi susu 305 hari (P305) sebanyak 581 sapi laktasi 1 dan 542 sapi laktasi 2. Data yang digunakan pada pencatatan *test day* (TD) untuk laktasi 1 sebanyak 5373 catatan, dan laktasi 2 sebanyak 4925 catatan. Total catatan *test day* yang digunakan adalah 10298. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa kurva yang paling tepat untuk digunakan dalam evaluasi mutu genetik sapi perah yaitu kurva produksi susu dari Ali-Schaeffer dengan nilai korelasi 0,999, dan model yang tepat untuk pendugaan parameter genetik dan Nilai Pemuliaan (NP) adalah model *test day* regresi tetap (*fixed regression test day model* /FRTDM) dengan memperhitungkan kurva produksi susu sebagai kovariat, sehingga evaluasi mutu genetik dapat dilakukan secara serempak di hari yang sama walaupun tingkat laktasi antar sapi berlainan.

**Kata Kunci :** *Test Day*, Kurva Produksi Susu, Nilai Pemuliaan, Sapi Perah

## **PENDAHULUAN**

Keberhasilan usaha peternakan dapat dicapai dengan manajemen yang baik dan melalui program-program terencana untuk meningkatkan produktivitas ternak. Produktivitas pada ternak sapi perah yang diutamakan adalah peningkatan produksi susunya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melalui seleksi. Kegiatan seleksi membutuhkan *recording* atau pencatatan. Pencatatan saat ini umumnya menggunakan catatan harian lengkap 305 hari. Di lapangan sering terjadi catatan yang tidak lengkap, karena kurangnya kesadaran peternak akan pentingnya catatan, menyita waktu, biaya, dan tenaga kerja. Oleh karena itu

diperlukan suatu catatan yang fleksibel. Metode pencatatan yang sederhana dan fleksibel yakni menggunakan *Test Day* (TD). *Test Day* digunakan untuk mencatat produksi susu pada hari-hari pengujian tertentu selama laktasi. Keuntungan metode ini adalah lebih fleksibel pada pola pengumpulan data yang berbeda dan mudah diaplikasikan pada populasi ternak yang besar.

Evaluasi mutu genetik sapi perah bagi sifat produksi susu bisa didasarkan pada Nilai Pemuliaan (NP) atau *Breeding Value* (BV). Nilai pemuliaan ini adalah merupakan pencerminan potensi genetik yang dimiliki seekor ternak untuk sifat tertentu yang diberikan secara relatif atas kedudukannya di dalam suatu populasi. Nilai

pemuliaan tidak dapat diukur secara langsung, namun dapat diduga atau diprediksi atau diestimasi. Pada pendugaan nilai pemuliaan dengan menggunakan catatan TD diperlukan kurva produksi susu. Kurva produksi susu ini diperhitungkan sebagai kovariat. Kovariat bisa dianalisis sebagai pengaruh tetap (*fixed effect*) sehingga model pendugaan nilai pemuliaan ini disebut *fixed regression test day model/FRTDM* (PTAK and SCHAEFFER, 1993; INDRIJANI, 2001). Kurva produksi susu yang biasa digunakan yaitu kurva Gamma atau dikenal juga dengan kurva Wood. Sejalan dengan perkembangan ilmu, maka berkembang banyak kurva produksi lain yang dapat digunakan untuk pendugaan produksi susu. Penggunaan kurva produksi susu dan pendugaan nilai pemuliaan dengan FRTDM tersebut harus melalui suatu pengujian karena belum tentu pendugaan tersebut bisa tepat untuk menggambarkan produksi susu dan potensi genetik sapi perah di tempat yang berbeda karena adanya perbedaan genetik ataupun lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kurva produksi susu yang paling tepat untuk digunakan dalam evaluasi genetik dan untuk mendapatkan metode yang paling sesuai dalam pendugaan parameter genetik, dan nilai pemuliaan.

## MATERI DAN METODE

Catatan produksi (rekording) dari ternak yang digunakan sebagai objek dalam penelitian ini adalah catatan produksi susu yang berasal dari sapi Friesian Holstein yang ada di PT. Taurus Dairy Farm. Catatan produksi susu ini ada 2 macam, yaitu :

- Catatan produksi susu 305 hari terkoreksi. Periode laktasi yang digunakan adalah laktasi 1 dan 2.
- Catatan produksi susu *Test Day* (TD). Catatan produksi susu *Test day* (TD) atau catatan produksi susu Hari Uji adalah catatan produksi susu total selama 24 jam yang diambil pada hari-hari pengujian tertentu saja (INDRIJANI, 2008).

Data yang dikumpulkan di PT. Taurus Dairy Farm di Sukabumi adalah data dari tahun 1989-2005, yang berasal dari 581 sapi laktasi 1 dan 542 sapi laktasi 2. Data yang digunakan pada pencatatan *test day* (TD) untuk laktasi 1 sebanyak 5373 catatan, dan laktasi 2 sebanyak 4925 catatan. Data ini data gabungan yang diambil penulis secara langsung dan dari data milik perusahaan.

### Pendugaan Kurva Produksi

Kurva produksi yang diuji ada tiga, dengan asumsi bahwa tiga kurva tersebut dikembangkan dari kurva produksi susu dan telah banyak digunakan pada penelitian-penelitian sapi perah (WOOD, 1967; ALI and SCHAEFFER, 1987; WILMINK, 1987; SUZUKI, *et al.*,

2002; MACCIOTA, *et al.*, 2005; DIMAURO, *et al.*, 2006). Rumusnya adalah sebagai berikut :

WOOD (1967)

$$Y_t = at^b e^{-ct}$$

Keterangan:

$Y_t$	=	produksi susu <i>Test day</i> ke-t
a, b, c	=	koefisien yang akan dicari
e	=	2,7183 (bilangan <i>nature</i> )
t	=	waktu (hari)

WILMINK (1987)

$$Y_t = a - bt - ce^{-0.05t}$$

Keterangan:

$Y_t$	=	produksi susu <i>Test day</i> ke-t
a, b, c	=	koefisien yang dicari
e	=	2,7183 (bilangan <i>nature</i> )
t	=	waktu (hari)

ALI-SCHAEFFER (1987)

$$Y_t = a + b\left(\frac{t}{305}\right) + c\left(\frac{t}{305}\right)^2 + d \ln\left(\frac{305}{t}\right) + f \ln^2\left(\frac{305}{t}\right)$$

Keterangan:

$Y_t$	=	produksi susu <i>Test day</i> (ke-t)
a, b, c, d, f	=	koefisien yang dicari
t	=	waktu (hari)

Analisis data menggunakan *regresi non linear* dengan *software* SAS 9. Keakuratan pendugaan dilihat dari korelasi antara nilai dugaan dengan nilai sebenarnya (*r*) dan *standard error* (se).

### Pendugaan parameter genetik dan nilai pemuliaan

Dua metode yang digunakan berdasarkan *Animal Model* (ANANG dan INDRIJANI, 2002). Model-model tersebut adalah:

#### Model produksi kumulatif 305 hari atau *Cumulative Model* (CM)

Model umumnya adalah sebagai berikut :

$$y_{ijkl} = L_i + F_j + a_k + e_{ijkl}$$

Keterangan:

$y_{ijkl}$	=	produksi susu 305-hari,
$L_i$	=	periode laktasi ke-i,
$F_j$	=	pengaruh dari efek tetap ke-j yaitu curah hujan, hari hujan, kelembaban, dan temperatur,
$a_k$	=	pengaruh genetik aditif ternak ke-k
$e_{ijkl}$	=	galat.

**Model Test day dengan Regresi Tetap atau Fixed Regression Test Day Model (FRTDM).**

Pada model ini, catatan *test day* dianalisis sebagai sifat yang sama dan diperlukan kurva produksi susu untuk digunakan sebagai kovariat. Kurva Produksi susu yang digunakan ditentukan berdasarkan hasil uji akurasi kurva produksi susu pada pengujian sebelumnya. Model umumnya adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijklm} = L_i + F_j + \sum R_{k(i)} + a_l + pe_l + e_{ijklm}$$

Keterangan :

$y_{ijklm}$  = pencatatan *Test day*,

$L_i$  = periode laktasi ke- $i$ ,

$F_j$  = pengaruh dari efek tetap ke- $j$  tahun, musim, curah hujan, hari hujan, kelembaban, dan temperatur

$R_{k(i)}$  = regresi terbaik dari kurva produksi susu dan kovariat ini tersarang pada periode laktasi yang ditunjukkan dengan subscript  $i$  pada kovariat,

$a_l$  = pengaruh aditif dari ternak ke- $l$

$pe_l$  = pengaruh lingkungan permanen

$e_{ijklm}$  = galat.

Parameter genetik diduga dengan *Restricted Maximum Likelihood* (REML) dan Nilai Pemuliaan (NP) diduga dengan *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP), keduanya menggunakan *Animal Model*. Program-program yang digunakan pada penelitian ini adalah VCE 5 (GROENEVELD, 2003), PEST (GROENEVELD, 1999), dan SAS 9.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

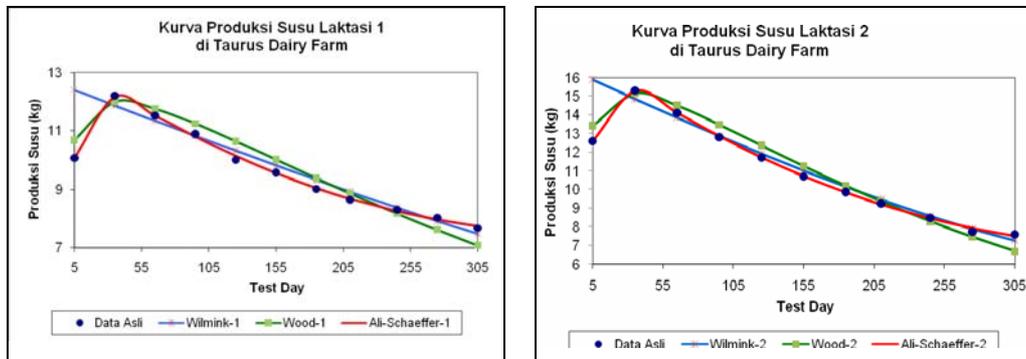
Rataan produksi harian pada laktasi 1 untuk PT. Taurus Dairy Farm adalah 9,74 kg. Jika dibandingkan dengan produksi susu sapi FH di tempat lain, seperti misalnya di Queensland yang bisa mencapai produksi sebesar 12352 l/laktasi 300 hari, atau setara dengan 41 l/hari, maka produksi harian sapi FH di perusahaan ini masih terbilang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan dan pengelolaan untuk mengoptimalkan kapasitas genetik ternak belum dilakukan dengan baik, sehingga kapasitas produksi

yang diperoleh belum mencerminkan kemampuan ternak yang sesungguhnya.

**Pendugaan kurva produksi susu berdasarkan catatan Test Day**

Berdasarkan hasil perhitungan didapat koefisien-koefisien yang diperlukan untuk melengkapi persamaan-persamaan yang akan diuji ketepatannya dengan produksi susu *test day* sebenarnya. Setelah persamaan-persamaan tersebut dilengkapi dengan koefisien-koefisien yang diperlukan, kemudian dibuat grafik antara plotting produksi susu *test day* sebenarnya dengan produksi susu *test day* dugaannya, seperti yang dapat dilihat pada Grafik 1. Hasilnya menunjukkan bahwa bentuk persamaan kurva Ali-Schaeffer dan kurva Wood, hampir menyerupai plotting data produksi susu *test day* sebenarnya, sedangkan hasil dugaan produksi susu *test day* dengan menggunakan persamaan kurva Wilmink kurang mendekati produksi susu *test day* sebenarnya, terutama diawal laktasi. Hal ini menunjukkan bahwa secara visual berdasarkan plotting data, persamaan kurva Wilmink adalah bukan sebagai kurva penduga yang baik. Untuk lebih jelasnya maka dilakukan analisis statistik untuk mengetahui nilai korelasinya. Akurasi persamaan kurva akan didasarkan kepada korelasi antara nilai dugaan dengan nilai sebenarnya ( $r$ ) dan *standar error* ( $se$ ), hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Persamaan kurva Ali-Schaeffer dan kurva Wood, keduanya menunjukkan nilai korelasi antara produksi susu *test day* sebenarnya dengan dugaan produksi susu *test day* yang sangat tinggi, sehingga pada dasarnya kedua persamaan tersebut sangat baik jika digunakan sebagai kurva penduga produksi susu *test day*. Tetapi jika diamati lebih teliti lagi, maka persamaan kurva Ali-Schaeffer mempunyai nilai korelasi dan nilai *standar error* yang sedikit lebih baik jika dibandingkan dengan kurva Wood, sehingga kurva Ali-Schaeffer selanjutnya akan digunakan sebagai kovariat pada analisis parameter genetik.



**Gambar 1.** Plotting produksi susu *Test Day* sebenarnya dan dugaan produksi susu *Test Day* pada laktasi 1 dan laktasi 2 berdasarkan persamaan kurva Ali-Schaeffer, kurva Wood, dan kurva Wilmink

**Tabel 1.** Koefisien korelasi (r) antara nilai dugaan dengan nilai sebenarnya dan *Standar Error* (se) pada produksi susu laktasi 1 dan laktasi 2 berdasarkan catatan *Test day*

Persamaan	Nilai	Laktasi 1	Laktasi 2
Ali-Schaeffer	r	0,99954	0,99979
	se	0,05710	0,06834
Wood	r	0,97911	0,98930
	se	0,37135	0,47106
Wilmink	r	0,93506	0,96037
	se	0,62666	0,86850

Persamaan kurva Wilmink, dilihat dari nilai koefisien korelasinya selalu menunjukkan nilai terendah jika dibandingkan dengan nilai korelasi yang didapatkan dari persamaan Ali-Schaeffer dan Wood, baik untuk laktasi 1 ataupun laktasi 2. Demikian pula dengan nilai *standar error*-nya yang hampir selalu lebih besar jika dibandingkan dengan standar error dari persamaan lainnya. Pendugaan produksi susu dengan menggunakan persamaan ini, cenderung over estimate di awal laktasi, sehingga tidak dapat digunakan untuk analisis selanjutnya, yaitu analisis untuk pendugaan parameter genetik. Persamaan Wilmink ini cocok digunakan di Belanda, tempat persamaan kurva ini dikembangkan, demikian pula pada penelitian pendugaan parameter genetik dengan menggunakan *test day* di Jepang dan Korea (SUZUKI, *et al.*, 2002; CHO, *et al.*, 2006), tetapi ternyata kurang tepat untuk digunakan di Indonesia, khususnya di peternakan sapi perah FH PT. Taurus Dairy Farm.

**Korelasi nilai pemuliaan (NP) berdasarkan berbagai pola catatan *Test day***

Korelasi adalah suatu besaran nilai yang menunjukkan tingkat keeratan antara dua variabel. Kegunaan pengamatan terhadap nilai korelasi ini adalah untuk mengetahui pola pencatatan *test day* mana yang mempunyai korelasi tinggi dengan pola pencatatan *test day* dua laktasi lengkap, sehingga dapat mempercepat evaluasi untuk kepentingan seleksi.

Korelasi (Spearman) Nilai Pemuliaan (NP) antara berbagai pola pencatatan *test day* yang merupakan gabungan *test day* laktasi 1 dan ditambah catatan *test day* pada laktasi 2 secara simultan dapat dilihat pada Tabel 2. Pada Tabel 2 tampak bahwa korelasi Nilai Pemuliaan (NP) meningkat untuk setiap penambahan catatan *test day* pada laktasi 2. Evaluasi mutu genetik berdasarkan laktasi 1 penuh yang ditambah dengan satu catatan *test day* pada laktasi 2 (pola pencatatan ke-2), tampaknya dipandang dari segi praktis sudah cukup untuk mengevaluasi seluruh ternak dengan nilai korelasi

diatas 0,90, sedangkan untuk mengevaluasi pejantan, tampaknya evaluasi harus diperpanjang sampai dua catatan *test day* pada laktasi 2 (pola pencatatan ke-3).

**Tabel 2.** Koefisien korelasi Nilai Pemuliaan (NP) pada berbagai pola pencatatan *Test Day* dengan catatan *Test Day* lengkap dua laktasi di PT. Taurus Dairy Farm

Pola pencatatan	Seluruh ternak	Pejantan
1. T-L111	0,894	0,881
2. T-L111-L21	0,923	0,893
3. T-L111-L22	0,944	0,927
4. T-L111-L23	0,958	0,950
5. T-L111-L24	0,969	0,963
6. T-L111-L25	0,980	0,975
7. T-L111-L26	0,986	0,981
8. T-L111-L27	0,991	0,990
9. T-L111-L28	0,996	0,993
10. T-L111-L29	0,998	0,997
11. T-L111-L210	1,000	0,999
12. T-L111-L211	1,000	1,000

T = Taurus  
 L-111 = Laktasi 1 dengan 11 catatan *test day*  
 L21 sampai L211 = Laktasi 2 dengan 1 catatan *test day* berturut-turut sampai dengan 11 catatan *test day*

**Korelasi nilai pemuliaan (NP) berdasarkan catatan 305 hari**

Arti dari Nilai Pemuliaan (NP) sangat penting, terutama dalam menilai keunggulan seekor pejantan yang akan digunakan sebagai sumber mani beku. Apabila seekor pejantan telah diketahui nilai pemuliaannya, hal ini berarti bahwa bila pejantan tersebut dikawinkan dengan induk-induk secara acak pada populasinya, maka rata-rata performan keturunannya kelak akan menunjukkan keunggulan sebesar setengah dari Nilai Pemuliaan (NP) pejantan tersebut. Berdasarkan koefisien korelasi Nilai Pemuliaan (NP) pejantan seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3, terlihat bahwa koefisien korelasinya menunjukkan kecenderungan peningkatan atau penurunan yang sama dengan koefisien korelasi Nilai Pemuliaan (NP) untuk seluruh ternak. Nilai pemuliaan produksi susu pada periode laktasi 1 dan 2 mempunyai korelasi yang cukup tinggi dengan nilai pemuliaan produksi susu gabungan laktasi 1 dan 2 dengan nilai korelasi antara 0,74 – 0,86. Hal ini menunjukkan bahwa pendugaan nilai pemuliaan bisa didasarkan pada produksi susu periode laktasi 1 ataupun berdasarkan produksi susu pada periode laktasi 2.

**Tabel 3.** Koefisien korelasi Nilai Pemuliaan (NP) berdasarkan catatan produksi susu 305 hari pada laktasi 1, laktasi 2, dan laktasi 1 dan 2

	Laktasi	Laktasi		
		1	2	1 dan 2
Seluruh ternak	Laktasi 1	1,00000	0,31653	0,74448
	Laktasi 2		1,00000	0,81506
	Laktasi 1 dan 2			1,00000
Pejantan	Laktasi 1	1,00000	0,40803	0,76789
	Laktasi 2		1,00000	0,85988
	Laktasi 1 dan 2			1,00000

Hanya sedikit penelitian yang membandingkan Nilai Pemuliaan (NP) yang dihasilkan dari model yang berbeda. Pada pengujian model, sebaiknya data yang digunakan baik untuk laktasi 1 ataupun laktasi 2 dan juga untuk catatan *test day* ataupun untuk catatan 305 hari, berasal dari ternak yang sama, sehingga *error* pendugaan bisa dikurangi. Pada data lapang seperti pada penelitian ini, banyak sekali catatan ternak yang tidak lengkap. Ternak yang mempunyai catatan produksi susu 305 hari di laktasi 1 belum tentu mempunyai catatan produksi susu 305 hari di laktasi 2, demikian pula sebaliknya, sehingga Nilai Pemuliaan (NP) pada laktasi yang tidak ter-record hanya berasal dari pendugaan saja. Pada analisis berdasarkan pencatatan *test day*, peluang setiap ternak untuk memiliki catatan *test day* baik di laktasi 1 ataupun di laktasi 2 sangat tinggi.

Kelemahan lain dari penggunaan catatan 305 hari adalah ternak selama laktasi harus berada di lingkungan yang sama. Dengan kata lain apabila pada suatu masa laktasi dipindahkan ke lingkungan yang berbeda, maka harus dilakukan pengkodean faktor lingkungan. Demikian juga dengan waktu evaluasi yang dilakukan harus menunggu sampai ternak tersebut selesai laktasi. Evaluasi berdasarkan produksi 305 hari atau produksi laktasi total juga dianggap kurang spesifik karena adanya pengelompokan tahun-musim beranak (REKAYA, *et al.*, 1999; ILATSIA, 2006).

Membandingkan model memang sangat sulit karena setiap model mendefinisikan Nilai Pemuliaan (NP) yang berbeda. *Cumulative Model* (CM/model 305 hari) tentunya merupakan model yang baik karena langsung mengarah ke tujuan pemuliaan, tetapi CM dikatakan mahal dan tidak fleksibel, seperti yang telah diungkapkan sebelumnya. *Fixed Regression Test day Model* (FRTDM) menganalisis catatan *test day* sebagai catatan berulang dengan mempertimbangkan kurva laktasi sebagai kovariat dan dianalisis sebagai efek tetap. Dugaan nilai pemuliaannya lebih akurat yang merupakan hasil rata-rata dari aditif genetik setiap catatan.

Kelebihan dari FRTDM adalah waktu test bisa dilakukan kapan saja, tanpa memperhatikan waktu dan jarak waktu test, sehingga waktu test dapat dilakukan satu hari untuk seluruh peternakan secara bersamaan walaupun tingkat laktasi antar sapi berlainan (SWALVE, 1998; INDRIJANI, 2008). Keuntungan-keuntungan tersebut menyebabkan model ini banyak dipakai untuk evaluasi mutu genetik sapi perah di negara-negara maju (SWALVE, 2000).

## KESIMPULAN

Kurva yang paling tepat untuk digunakan dalam evaluasi mutu genetik sapi perah yaitu kurva produksi susu dari Ali-Schaeffer. Model yang tepat untuk pendugaan parameter genetik dan Nilai Pemuliaan (NP) adalah model *test day* regresi tetap (*fixed regression test day model* /FRTDM) dengan memperhitungkan kurva produksi susu sebagai kovariat, sehingga evaluasi mutu genetik dapat dilakukan secara serempak di hari yang sama walaupun tingkat laktasi antar sapi berlainan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ALI, T.E. and L.R. SCHAEFFER. 1987. Accounting for covariances among test day milk yield in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 67: 637-644.
- ANANG, A. dan H. INDRIJANI. 2002. Metode aktual pendugaan nilai pemuliaan produksi susu pada sapi perah. *J. Ilmu Ternak* 1: 67-71.
- CHO, K.H., S.H. NA, K.S. SEO, B.H. PARK, J.G. CHOI, Y.C. LEE, J.D. PARK, S.K. SON, S. KIM, T.J. CHOI and A. SALCES. 2006. Estimation of genetic parameters for change of test day records on the milk production and scs using random regression model of the holstein cattle in Korea. 8<sup>th</sup> WCGALP, CD-ROM Communication no.: 01-51.
- DIMAURO, C., D. VICARIO, F. CANAVESI, A.C. BORLINO and N.P.P. MACCIOTTA. 2006. Analysis of individual

- variability of the shape of lactation curve for milk fat and protein contents in Italian simmental cows. 8<sup>th</sup> WCGALP, CD-ROM Communication no. : 01-54.
- GROENEVELD, E. 1999. PEST User's Manual. Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour, Federal Agricultural Research Centre, Germany.
- GROENEVELD, E. 2003. VCE4 User's Guide and Reference Manual Version 4.2. Institute of Animal Husbandry and Animal Behaviour, Federal Agricultural Research Centre, Germany.
- ILATSIA, E.D., T.K. MUASYA, W.B. MUHUYI and A.K. KAH. 2006. Use of test day milk yield records for genetic evaluation in Sahiwal cattle. 8<sup>th</sup> WCGALP, CD-ROM Communication no. : 01-61
- INDRIJANI, H. 2001. Penggunaan Catatan Test Day untuk Mengevaluasi Mutu Genetik Sapi Perah. *Tesis*. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- INDRIJANI, H. 2008. Penggunaan Catatan Produksi Susu 305 Hari dan Catatan Produksi Susu Test Day (Hari Uji) untuk Menduga Nilai Pemuliaan Produksi Susu Sapi Perah. *Disertasi*. Program Pascasarjana UNPAD, Bandung
- MACCIOTTA, N.P.P., D. VIRACIO and A. CAPPIO-BORLINO. 2005. Detection of different shape of lactation curve for milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *J. Dairy Sci.* 88: 1178-1191.
- PTAK, E. and L. R. SCHAEFFER. 1993. Use of test day yields for genetic evaluation of dairy sires and cows. *Livest. Prod. Sci.* 34:23-34.
- REKAYA, R. M.J. CABARANO and M. TORO. 1999. The use of test day yield for genetic evaluation of production traits in Holstein-Friesian cattle. *Livest. Prod. Sci.* 57: 203-217.
- SUZUKI, M., J.A.C. PEREIRA, S. YAMAGUCHI and T. KAWAHARA. 2002. Genetic evaluation of dairy cattle using test day and lactation records. 7<sup>th</sup> WCGALP, CD-ROM Communication no. : 18-20.
- SWALVE, H.H. 1998. Use of test day records for genetic evaluation. *Proc. 6<sup>th</sup> WCGALP* 23: 295-302.
- SWALVE, H.H. 2000. Theoretical basis and computational methods for different test-day genetic evaluation methods. *J. Dairy Sci.* 83: 1115-1124.
- WILMINK, J.B.M. 1987. Adjustment of test-day milk, fat, and protein yields for age, season and stage of lactation. *Livest. Prod. Sci.* 16: 335.
- WOOD, P.D.P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216: 164-165.