

Analisis Kurva Pertumbuhan Domba Garut dan Persilangannya

ISMETH INOUNU¹, D. MAULUDDIN², R. R. NOOR² dan SUBANDRIYO³

¹Puslitbang Peternakan, Kav E 59, Jl. Raya Pajajaran, Bogor 16151

²Fakultas Peternakan IPB, Jl. Agatis Kampus IPB Darnaga, Bogor 16680.

³Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002

(Diterima dewan redaksi 27 November 2007)

ABSTRACT

INOUNU, I., D. MAULUDDIN, R.R. NOOR and SUBANDRIYO. 2007. Growth curve analysis of Garut sheep and its crossbreds. *JITV* 12(4): 286-299.

Data of body weight of Garut sheep and its crossbreds of 488 head, consist of 149 head of Garut sheep, 115 head of St. Croix X Garut (HG), 68 head of Mouton Charollais X Garut (MG), 101 head of MG X HG (MHG) and 55 head of HG X MG (HMG) which is collected from Indonesian Research Institute for Animal Production at Bogor station were used in individual growth curve analysis. Three growth curve non linier model were used in this study i.e Logistik, Gompertz and Von Bertalanffy models. Comparisons were made among these models for goodness of fit, biological interpretability of parameters and computational ease and effect of genotype and environment in them. Least square means growth curve parameters which have biological interpretability were used to compare effect the genotype, interse mated procces and estimated heterosis effect. The result indicated that Von Bertalanffy was the best model in fitting the data from Garut and Crossbreds although the model needed more iteration than others in computations. All models have good biological interpretability especially for parameter mature size (A) and rate of maturity (k). Genotype, year of birth, sex and type of birth reared were important effects ($p < 0.01$) in mature size (A) for all models except effect of type of birth rearing ($P < 0.05$) in Logistic model. Year of birth had important effect ($p < 0.01$) in rate of maturity (k) for all models. Genotype, year of birth, sex, parity and type of birth reared also had important effect ($p < 0.01$) in parameter b/M; except b parameter in Von Bertalanffy was affected significantly by sex ($P < 0.05$).

Key Words: Growth Curve, Garut Sheep and Crossbreds, Relative Superiority

ABSTRAK

INOUNU, I., D. MAULUDDIN, R.R. NOOR dan SUBANDRIYO. 2007. Analisis kurva pertumbuhan domba Garut dan persilangannya. *JITV* 12(4): 286-299.

Data bobot badan domba Garut dan Persilangannya sebanyak 488 ekor yang terdiri dari domba Garut 149 ekor, St. Croix X Garut (HG) 115 ekor, Mouton Charollais X Garut (MG) 68 ekor, MG X HG (MHG) 101 ekor dan HG X MG (HMG) 55 ekor yang dikoleksi dari Stasiun Percobaan Balai Penelitian Ternak Ciawi, Bogor digunakan dalam analisis kurva pertumbuhan individu untuk membandingkan dengan tiga model kurva pertumbuhan non linear yaitu model Logistik, Gompertz dan Von Bertalanffy serta pengaruh genotipe dan lingkungan dalam keakuratan penjelasan data lapangan dan parameter kurva pertumbuhan dari model tersebut. Berdasarkan hasil penelitian model Von Bertalanffy merupakan model yang mempunyai keakuratan yang lebih baik dibandingkan dengan model lainnya diikuti model Gompertz dan Logistik berdasarkan jumlah kuadrat sisa, kuadrat tengah sisa dan koefisien determinasi, namun model Von Bertalanffy merupakan model yang relatif lebih sulit dalam proses penghitungan diikuti model Gompertz dan Logistik berdasarkan jumlah iterasi. Simpangan baku dari parameter yang mempunyai interpretasi biologis yang sama yaitu parameter A dan k memberikan hasil bahwa model logistik mempunyai simpangan baku yang lebih rendah yang berhubungan dengan kemudahan dalam proses penghitungan. Pengaruh genotipe dan lingkungan mempunyai peran yang cukup besar terhadap tingkat keakuratan penjelasan data lapangan dan kemudahan dalam proses penghitungan. Parameter A (bobot dewasa) pada semua model dipengaruhi sangat nyata ($P < 0,01$) oleh genotipe ternak, tahun kelahiran, jenis kelamin dan tipe lahir sapih, kecuali untuk model logistik yang dipengaruhi secara nyata ($P < 0,05$) oleh tipe lahir sapih. Parameter k (rataan laju pertumbuhan menuju bobot dewasa) dipengaruhi sangat nyata ($P < 0,01$) oleh tahun kelahiran pada semua model. Parameter b/M dari semua model dipengaruhi oleh tahun kelahiran, jenis kelamin, paritas dan tipe lahir sapih kecuali parameter b dari model Von Bertalanffy dipengaruhi secara nyata ($P < 0,05$) oleh jenis kelamin.

Kata Kunci: Kurva Pertumbuhan, Domba Garut dan Persilangan, Keunggulan Relatif

PENDAHULUAN

Peternakan domba sebagai salah satu komoditi penghasil pangan berupa daging mempunyai peluang

yang sangat besar menjadi produk unggulan untuk memenuhi permintaan daging dalam negeri maupun ekspor. Usaha peternakan domba mempunyai keistimewaan yaitu kestabilan dari segi ekonomi karena

input yang digunakan berasal dari sumberdaya lokal diantaranya pakan dan bibit.

Indonesia memiliki bangsa domba lokal yang mempunyai keistimewaan yang luar biasa diantaranya domba Garut, Ekor Gemuk dan domba Ekor Tipis. Domba Garut merupakan domba yang memiliki keistimewaan diantaranya daya adaptasi yang baik terhadap lingkungan, jumlah anak sekelahiran yang banyak, masa subur sepanjang tahun dan memiliki bobot yang relatif lebih berat dibandingkan domba lokal lainnya (BRADFORD dan INOUNU, 1996; INOUNU *et al.*, 2005).

Keistimewaan yang dimiliki domba Garut menjadikan domba tersebut perlu untuk dipertahankan sebagai plasma nutfah ternak Indonesia. Selain memiliki keistimewaan, domba Garut juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya angka kematian anak yang tinggi sehingga pemasukan ekonomi peternak menjadi berkurang, serta pertumbuhannya yang relatif lambat bila bobot hidup untuk pasar non tradisional lokal dan ekspor menjadi target usaha ternak.

Balai Penelitian Ternak telah melakukan persilangan domba Garut dengan domba St. Croix dan Mouton Charollais, sejak tahun 1995 (INOUNU *et al.*, 2003). Tujuan dari persilangan adalah untuk dapat memperbaiki kualitas genetik domba yang dihasilkan. Domba Garut yang memiliki tingkat kematian anak yang tinggi diharapkan dengan dimasukkannya gen dari domba Mouton Charollais yang mampu menghasilkan susu yang banyak dapat meningkatkan daya hidup anak. Daya tahan terhadap panas juga diinginkan dari domba hasil persilangan tersebut dengan mengawinkannya dengan pejantan St. Croix yang mempunyai bulu yang pendek sehingga mudah melepaskan panas. Bobot hidup dan pertumbuhan yang cepat juga diharapkan dapat meningkat sebagai akibat masuknya gen dari kedua bangsa eksotis ini (INOUNU *et al.*, 2003).

Evaluasi genetik dan perbandingan domba persilangan tersebut telah banyak dilakukan (INOUNU *et al.*, 2005) namun evaluasi terhadap kurva pertumbuhan belum banyak dilakukan. Kemajuan ilmu statistik membuat sebuah model matematika telah terbukti bisa menggambarkan model dari suatu pertumbuhan. Model kurva pertumbuhan digambarkan dalam bentuk persamaan matematik hubungan antara pertumbuhan dengan waktu. Kurva tersebut menggambarkan kemampuan suatu ternak atau genotipe ternak untuk tumbuh dalam suatu lingkungan. Model yang baik selain akurat secara statistik juga mempunyai interpretasi secara biologis yang bermanfaat dalam studi bidang peternakan.

Model persamaan yang sering digunakan dalam hubungan pertumbuhan dengan waktu diantaranya yaitu model Brody, Richards, Model Logistik, Gompertz, dan Von Bertalanffy. Tiga yang disebutkan terakhir sering digunakan sebagai model pertumbuhan karena

mempunyai kelebihan dalam tingkat keakuratan dan mempunyai interpretasi biologis yang baik dalam menjelaskan fenomena biologis (diantaranya terjadinya titik infleksi dan bobot infleksi) walaupun tidak seakurat model Richards dan semudah model Brody (BROWN *et al.*, 1976). Perbandingan antar model perlu dilakukan untuk mengevaluasi kemudahan proses penghitungan dan tingkat keakuratan dari model, untuk dapat menggambarkan hubungan antara pertumbuhan dan waktu karena hal tersebut sangat dipengaruhi oleh spesies, bangsa dan kondisi lingkungan ternak. Model kurva pertumbuhan tersebut mempunyai manfaat diantaranya dapat memperkirakan umur pada saat bobot potong optimal serta bisa digunakan sebagai parameter dalam metode seleksi pada waktu pra sapih dan berguna untuk menganalisa efisiensi produksi ternak selama hidup (*lifetime production efficiency*).

Perbandingan parameter dalam kurva pertumbuhan non linear dari domba hasil persilangan bertujuan untuk mengevaluasi salah satu keberhasilan dari tujuan persilangan tersebut yaitu untuk mempercepat pertumbuhan dan tercapainya standar bobot domba untuk pasar non tradisional lokal dan ekspor. Perbandingan parameter kurva pertumbuhan dari domba persilangan pada generasi yang berbeda menjadi hal yang perlu untuk dikaji, sehingga bisa dianalisis pengaruh dari proses *interse mating*, yang bertujuan untuk membuat mantap komposisi genetik dari domba hasil persilangan tersebut.

Penelitian ini bertujuan membandingkan beberapa model kurva pertumbuhan non linear berdasarkan kemudahan dan tingkat keakuratan dalam menggambarkan data di lapang pada domba Garut dan persilangannya.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang telah dikoleksi dari Stasiun Percobaan Balai Penelitian Ternak yang berada di dalam kompleks kantor Puslitbang Peternakan, Jl. Raya Pajajaran, Bogor. Rataan suhu udara di lokasi ini adalah 25°C dengan rata-rata curah hujan 4.320 mm per tahun. Sebanyak 8 unit kandang dengan berbagai ukuran digunakan (luas total $\pm 782 \text{ m}^2$) dan dilengkapi dengan mesin pencacah rumput (*chopper*). Rumput Raja ditanam di sekitar lokasi penelitian seluas 1,80 ha.

Ternak penelitian

Program persilangan yang dilakukan Balitnak dimulai ketika pada tahun 1995 dikawinkannya 34 betina domba Garut dengan tiga ekor pejantan St. Croix (H) dan 33 ekor lainnya dikawinkan dengan sesama Garut (P) sebagai kontrol. Pada tahun 1996 didatangkan semen beku yang berasal dari tiga ekor pejantan

Mouton Charollais (M) dan dengan teknik inseminasi buatan dikawinkan dengan 100 ekor domba Garut.

Perkawinan kemudian dilanjutkan untuk membentuk bangsa komposit agar diperoleh kombinasi gen yang menguntungkan. Perkawinan dilakukan dengan menyilangkan pejantan MG (Mouton Charollais X Garut) dengan betina HG (St. Croix X Garut) dan pejantan HG dengan betina MG sehingga membentuk domba komposit 50% Garut : 25% St. Croix : 25% Mouton Charollais (INOUNU *et al.*, 2003). Selama persilangan tersebut dilakukan juga perkawinan sesama (*interse mating*) dari setiap hasil persilangan sehingga terbentuk F₂ dan F₃. Manajemen pemeliharaan ternak dan pakan yang digunakan telah dilaporkan oleh INOUNU *et al.* (2003).

Analisis data

Data yang digunakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 488 ekor domba Garut dan persilangannya dengan Mouton Charollais dan St. Croix yang terdiri dari domba Garut 149 ekor, MG 68 ekor, HG 115 ekor, MHG 101 ekor dan HMG 55 ekor yang dikoleksi dari tahun 1995-2005. Data yang digunakan minimal mempunyai data penimbangan sampai umur 2 tahun (730 hari). Hal ini perlu diperhatikan untuk menghindari bias dari pendugaan parameter kurva pertumbuhan. MERKENS dan SOEMIRAT (1926) menyatakan bahwa domba Garut mencapai pertumbuhan sampai 2 tahun sedangkan domba Eropa sampai 18 bulan.

Analisis kurva pertumbuhan

Sebelum data lapang diolah penimbangan yang dilakukan berdasarkan jadwal yang telah ditentukan terlebih dahulu diekstrapolasi untuk menyesuaikan berdasarkan umur yang telah ditentukan. Metode ekstrapolasi tersebut sesuai seperti yang dilakukan oleh INOUNU *et al.* (2003) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$W_{t_i} = W_{t_j} + (t_i - t_j) * (W_{t_k} - W_{t_j}) / (t_k - t_j)$$

Keterangan:

W_{t_i} = Bobot ternak pada penimbangan hari ke- t_i , dimana $t_i = 14, 28, 32, \dots, 120, 150, 180$ dst.

W_{t_j} = Bobot ternak pada penimbangan hari ke- t_j , dimana $t_j < t_i$

W_{t_k} = Bobot ternak pada penimbangan hari ke- t_k , dimana $t_k > t_j$

Perbandingan tiga kurva pertumbuhan non linear digunakan untuk mencari model yang terbaik dalam menjelaskan hubungan antara pertumbuhan dengan waktu pada domba Garut dan persilangannya. Perbandingan tersebut dilakukan dalam individu dan tidak dilakukan koreksi untuk data bobot hidup ternak.

Model yang digunakan adalah model Gompertz, von Bertalanffy dan Logistik. Alasan dari pemilihan model kurva pertumbuhan tersebut karena model tersebut telah banyak digunakan dalam berbagai studi kurva pertumbuhan pada ternak dan mempunyai kelebihan dalam tingkat kemudahan untuk proses penghitungan dibandingkan dengan model lainnya dan mempunyai tingkat keakuratan yang baik serta kemampuan dalam menjelaskan titik dan bobot infleksi. Bentuk persamaan, parameter dan beberapa kaidah matematik dijelaskan pada Tabel 1.

Interpretasi biologis parameter kurva pertumbuhan

FITZHUGH (1976) memberi penjelasan tentang interpretasi biologis parameter dalam kurva pertumbuhan sebagai berikut:

A = Nilai asimtot merupakan nilai untuk $t \rightarrow \infty$; secara umum dapat diinterpretasikan sebagai rata-rata bobot hidup pada saat ternak telah mencapai dewasa terlepas dari fluktuasi karena faktor lingkungan.

Ut = Merupakan nilai proporsi bobot hidup dibandingkan dengan bobot hidup dewasa pada umur tersebut.

B = Skala parameter (konstanta integrasi) digunakan untuk menggambarkan hubungan Y_0 (bobot awal) dengan t lebih khusus untuk model BRODY, namun untuk model lain hanya berfungsi sebagai konstanta integral.

k = Parameter yang menunjukkan rata-rata laju pertumbuhan menuju bobot dewasa. Ternak dengan nilai k besar, ternak tersebut mempunyai kecenderungan bobot dewasa dini (cepat mencapai bobot dewasa).

t = Umur ternak dalam satuan waktu

M = Parameter yang berfungsi sebagai penentu bentuk dari kurva untuk membantu dalam penentuan titik infleksi.

Tabel 1. Model matematik kurva pertumbuhan

Model	Persamaan	M	U_t	Sumber pustaka
Gompertz	$Y = A \exp(-Be^{-kt})$	∞	$\exp(-Be^{-kt})$	BLASCO <i>et al.</i> (2002)
von Bertalanffy	$Y = A (1 - Be^{-kt})^3$	3	$(1 - Be^{-kt})^3$	BROWN <i>et al.</i> (1976)
Logistik	$Y = A (1 + e^{-kt})^{-M}$	variabel	$(1 + e^{-kt})^{-M}$	BROWN <i>et al.</i> (1976)

A = Bobot badan dewasa (asimtot)
 B = Nilai skala parameter (konstanta integrasi)
 e = Bilangan natural (e = 2,718282)

k = Rataan laju pertumbuhan menuju dewasa tubuh
 M = Nilai yang berfungsi dalam pencarian titik infleksi (bentuk kurva)
 $U_t = Y/A$ = Proporsi kedewasaan ternak dibandingkan dengan bobot dewasa

Penentuan titik infleksi

Titik Infleksi merupakan titik maksimum pertumbuhan bobot hidup. Pada titik tersebut terjadi peralihan perubahan yang semula percepatan pertumbuhan menjadi perlambatan pertumbuhan. Pada titik tersebut menurut BRODY (1945) merupakan saat dimana ternak tersebut mengalami pubertas. Waktu saat tercapainya titik infleksi adalah saat yang paling ekonomis dari ternak karena pada waktu tersebut tingkat mortalitas ternak berada pada titik terendah dan pertumbuhan paling cepat. Penentuan titik infleksi secara biologis sulit untuk ditentukan namun dengan bantuan kurva pertumbuhan non linear masalah tersebut dapat dipecahkan.

Nilai parameter M dalam kurva pertumbuhan sangat berperan dalam penentuan titik terjadinya infleksi. Model BRODY yang mempunyai nilai M = 1 tidak mempunyai titik infleksi, sedangkan kurva model von Bertalanffy dan Gompertz mempunyai titik infleksi yang tetap. Namun hal tersebut kurang dapat diterima berdasarkan biologis sehingga diformulasikan kurva model logistik yang dimodifikasi oleh NELDER (1961) yang mempunyai nilai M berupa angka dan berbeda tiap individu atau populasi yang lebih bisa diterima secara biologis.

Tabel 2. menjelaskan waktu infleksi dan bobot infleksi untuk berbagai model (BROWN *et al.*, 1976; SUPARYANTO *et al.*, 2001)

Tabel. 2 Titik infleksi tiap model non linear

Model	Bobot infleksi (U_i)	Waktu infleksi (t_i)
Gompertz	$e^{-1} = 0,368$	$(\ln B) / k$
von Bertalanffy	$8/27=0,296$	$(\ln 3B) / k$
Logistik	$(M / M+1)^M$	$(\ln M) / k$

B = Nilai skala parameter (konstanta integrasi)
 e = Bilangan natural (e = 2,718282)
 k = Rataan laju pertumbuhan menuju dewasa tubuh
 M = Nilai yang berfungsi dalam pencarian titik infleksi (bentuk kurva)

Penggunaan program komputer

Proses pendugaan parameter dalam model non linear relatif lebih sulit dibandingkan model linear, bahkan sebagian besar model non linear tidak bisa diduga secara analitis sehingga metode perhitungan proses iterasi diperlukan (ISMAIL *et al.*, 2003). Prinsip dasar dari proses tersebut adalah pendugaan parameter untuk mendapatkan kuadrat sisa terkecil dari beberapa kombinasi yang diawali dari nilai yang telah ditentukan yang sebaiknya berdasarkan penelitian sebelumnya. Proses tersebut berhenti dengan hasil dugaan parameter yang dicari setelah perubahan pada kombinasi selanjutnya jumlah kuadrat sisa relatif sama atau sering disebut telah mengalami konvergen. Program komputer sangat diperlukan dalam pendugaan parameter-parameter dalam model non linear. Paket program SAS (SAS Institute Inc, 1985) menyediakan program khusus untuk mencari parameter dalam model non linear yaitu Proc NLIN (Non Linear). Kriteria konvergen dalam program SAS 6.12 apabila tidak mengalami pengaturan lagi diperoleh jika memenuhi kriteria sebagai berikut :

$$(SSE_{i-1} - SSE_i) / (SSE_i + 10^{-6}) < 10^{-8}$$

SSE_i merupakan jumlah kuadrat sisa pada iterasi ke-i .

Secara sistematis ISMAIL *et al.* (2003) menyarankan beberapa tahap dalam menganalisis model non linear sebagai berikut:

1. Penentuan nama dan nilai awal parameter
2. Penulisan model (mengggunakan satu variabel tak bebas)
3. Penurunan parsial terhadap setiap parameter (kecuali metode DUD)
4. Penulisan turunan kedua terhadap setiap parameter yang akan diduga (hanya untuk metode Newton)

Paket SAS menyediakan lima alternatif metode iterasi yang sudah sah yaitu *Steepest Descent* atau *Gradient method* (Gradient), *Newton method* (Newton), *Modified Gauss-Newton* (Gauss) *Multivariate secant or false position method* atau *Doesn't Use Derivate* (DUD) dan *Marquardt method* (Marquardt).

Metode Marquardt merupakan metode penggabungan antara metode Gardient dan metode Gauss-Newton. Metode iterasi tersebut sangat berguna untuk pendugaan parameter yang mempunyai korelasi sehingga menyulitkan untuk mencapai konvergen. Pada kurva pertumbuhan beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa terdapat korelasi yang nyata antar parameter oleh sebab itu metode iterasi yang digunakan adalah metode Marquardt.

Turunan parsial parameter model yang digunakan

Program komputer paket SAS dalam proses iterasi dengan menggunakan metode Marquardt memerlukan penurunan parsial terhadap parameter yang akan diduga. Berikut ini adalah turunan parsial tiap model kurva pertumbuhan non linear yang digunakan.

Metode pendugaan parameter kurva pertumbuhan dengan menggunakan proses iterasi dalam penelitian yang dilakukan

Proses iterasi yang dilakukan dalam penelitian ini maksimum 100 kali dengan menggunakan nilai awal parameter (*starting value*) yaitu nilai yang mempunyai selang dengan ketepatan yang sama untuk tiap model. Dengan demikian perbandingan jumlah iterasi dari tiap model dapat dilakukan dengan tidak bias. Metode iterasi yang digunakan adalah metode Marquardt yang membutuhkan penurunan parsial terhadap parameter kurva pertumbuhan yang ditunjukkan pada Tabel 3, sedangkan kriteria konvergen yang digunakan tidak dilakukan pengaturan lagi.

Metode perbandingan antar model non linear

Perbandingan model pertumbuhan non linear biasanya ada dua kriteria yaitu kemudahan dan ketepatan dalam penggambaran data lapang. Parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kriteria tersebut adalah:

(i) Jumlah iterasi

Jumlah iterasi merupakan salah satu parameter yang dapat dijadikan acuan dalam perbandingan antara model. Semakin banyak iterasi yang dilakukan berarti model tersebut semakin sulit untuk mencapai konvergen. Metode yang dilakukan dalam perbandingan jumlah iterasi yaitu dengan uji t *student* berdasarkan rataan jumlah iterasi berbagai model dari keseluruhan data dan dari masing-masing genotipe.

(ii) Standard error parameter

Standard error tiap parameter merupakan salah satu *output* pendugaan dari parameter kurva pertumbuhan dengan metode iterasi. *Standard error* yang diperoleh menggambarkan tingkat keakuratan dalam mengestimasi parameter kurva pertumbuhan dari setiap model (bukan penggambaran data). Perbandingan *standard error* dilakukan pada parameter yang mempunyai interpretasi biologis yang sama yaitu bobot dewasa (A) dan laju pertumbuhan menuju dewasa (k).

(iii) Nilai jumlah kuadrat sisa

Jumlah kuadrat sisa dan kuadrat tengah sisa kurva pertumbuhan tiap individu juga dicari untuk dibandingkan antar model. Rumus dari kuadrat sisa adalah sebagai berikut:

$$JKS = \sum (y - f(t_i, B))^2$$

$f(t_i, B)$ = Data dugaan dari model yang digunakan
 X_d = Data lapangan bobot hidup.

(iv) Kuadrat tengah sisa

Sedangkan rumus kuadrat tengah sisa:

$$KTS = JKS/df_s$$

JKS = Jumlah kuadrat sisa
 df_s = Derajat bebas sisa yang diperoleh dari = n-p
 n = jumlah data pengamatan
 p = jumlah parameter

Koefisien determinasi

Koefisien determinasi merupakan koefisien yang menggambarkan tingkat variasi dari data lapang yang dapat dijelaskan oleh suatu model. Koefisien determinasi tiap individu dari tiap model dicari dan dibandingkan untuk mencari model terbaik dalam hal keakuratannya.

Rumus koefisien determinasi yang diperoleh dari pengolahan program SAS 6.12 Proc NLIN adalah menggunakan rumus:

$$R^2 = \frac{(1 - JKS)}{JKTT}$$

R^2 = Koefisien determinasi (%)
 JKS = Jumlah kuadrat sisa (*Residual Sum Squares*)
 JKTT = Jumlah kuadrat total terkoreksi (*Corrected Total Sum Squares*)

Tabel 3. Turunan parsial model-model Logistik, Gompertz dan von Bertalanffy

Penurunan parsial terhadap beberapa parameter	
Model Logistik:	$Y = A(1 + e^{-kt})^{-M}$
dY/dA	$(1 + e^{-kt})^{-M}$
dY/dk	$A M t (1 + e^{-kt})^{-(M+1)}(e^{-kt})$
dY/dM	$(-A) (\ln(1+e^{-kt})) ((1+e^{-kt})^{-M})$
Model Gompertz:	$Y = A \exp(-Be^{-kt})$
dY/dA	$\exp(-Be^{-kt})$
dY/dB	$-A \exp(-Be^{-kt}) (e^{-kt})$
dY/dK	$A b t \exp(-Be^{-kt}) (e^{-kt})$
Model von Bertalanffy:	$Y = A (1 - Be^{-kt})^3$
dY/dA	$(1 - Be^{-kt})^3$
dY/dB	$-3A e^{-kt}$
dY/dK	$3 A B t (e^{-kt})(1 - B e^{-kt})^2$

A = Bobot hidup dewasa (Asimtot)
 e = Bilangan natural (e = 2,718282)
 M = Nilai yang berfungsi dalam pencarian titik infleksi (bentuk kurva)

B = Nilai skala sarameter (konstanta integrasi)
 k = Rataan laju pertumbuhan menuju dewasa tubuh

(vi) Parameter kurva pertumbuhan

Perbandingan juga dilakukan untuk parameter kurva pertumbuhan untuk parameter yang mempunyai interpretasi biologis yang sama yaitu bobot dewasa (A) dan rataaan laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k).

Model statistik yang digunakan dalam perbandingan model sesuai dengan petunjuk SAS 6.12 Proc GLM dengan digunakan efek tetap yang kemungkinan mempengaruhi. Model yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijklmn} = \mu + M_x + G_i + T_j + P_k + S_l + B_m + X_1 + E_{ijklmn}$$

Y_{ijklmn} = Parameter kurva pertumbuhan (A dan k) serta tingkat keakuratan (JKS, MS, R^2) pada model ke-x, genotipe ke-i, tahun kelahiran ke-j, paritas ke-k, jenis kelamin ke-k, pengaruh tipe lahir-sapah ke-m, pada ternak ke-n dan pengaruh peragam umur terakhir penimbangan.

- μ = Rataan umum
- M_x = Pengaruh model ke-x (Logistik, Gompertz dan von Bertalanffy)
- G_i = Pengaruh genotipe ke-i (i = Garut, MG, HG, MHG, HMG)
- T_j = Pengaruh tahun kelahiran ke-j (j = 1996, 1997..., 2002)
- P_k = Pengaruh paritas ke-j (j = 1, 2, 3, 4, 5)
- S_l = Pengaruh jenis kelamin (k = 1, 2)
- L_m = Pengaruh tipe lahir sapah (11, 21, 22, 31, 32, 33)

- X_1 = Peragam umur terakhir penimbangan
- E_{ijklm} = Pengaruh sisa (Error)

Tipe-lahir yang digunakan adalah:

- Tipe 11 = Lahir 1 sapah 1
- Tipe 21 = Lahir 2 sapah 1
- Tipe 22 = Lahir 2 sapah 2
- Tipe 31 = Lahir ≥ 3 sapah 1
- Tipe 32 = Lahir ≥ 3 sapah 2
- Tipe 33 = Lahir ≥ 3 sapah ≥ 3

Perbandingan yang dilakukan hanya untuk parameter dan simpangan baku parameter yang mempunyai interpretasi biologis yang sama (A, k, Sd A dan Sd k), sedangkan untuk parameter lainnya hanya ditampilkan rataaan saja. Perbandingan antar model dalam simpangan baku parameter tidak digunakan peragam umur karena sudah dilakukan oleh model non linear (DENISE dan BRINKS, 1985) dengan uji lanjut yang digunakan adalah uji Tukey.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan antara model

Tingkat kemudahan penghitungan

Perbandingan antar model pada tingkat kemudahan dapat dilakukan berdasarkan jumlah proses iterasi yang dilakukan oleh program komputer. Semakin banyak proses iterasi yang dilakukan menggambarkan semakin

sulit model tersebut mencapai konvergen, artinya model tersebut lebih sulit dalam proses penghitungan.

Berdasarkan Tabel 4. terlihat bahwa model Von Bertalanffy memerlukan proses iterasi yang lebih banyak ($P < 0,05$) dibandingkan dengan model lainnya baik dalam data keseluruhan maupun dalam setiap genotipe, diikuti Model Gompertz kemudian Logistik merupakan model yang paling sedikit proses iterasi. Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh SUPARYANTO *et al.* (2001) yang membandingkan model yang sama pada domba Sumatera dan Persilangannya dengan menggunakan data populasi.

Penelitian lain yang dilakukan oleh DETORRE *et al.* (1992) yang membandingkan model von Bertalanffy dengan model Richards dan Brody pada data individu sapi Retinta melaporkan bahwa model von Bertalanffy dan Brody memerlukan proses iterasi yang sedikit. Perbedaan tersebut sangat mungkin dipengaruhi oleh perbedaan spesies yang menyebabkan perbedaan proses pertumbuhan, karena proses pertumbuhan sangat berpengaruh terhadap perbedaan tingkat kemudahan estimasi parameter kurva pertumbuhan non linear (CARRIJO dan DUARTE, 1999).

Hasil proses iterasi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa model von Bertalanffy merupakan model yang paling sulit untuk mencapai kriteria konvergen dan diikuti oleh Model Gompertz dan Logistik. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh MAZZINI *et al.* (2003) yang membandingkan model Brody, Gompertz, Logistik, Richards dan von Bertalanffy pada sapi jantan Hereford. Dari persentase konvergen model von Bertalanffy merupakan model yang persentase konvergensinya paling kecil setelah model Richards, sedangkan model Logistik merupakan model yang paling mudah mencapai konvergen yaitu sebesar 100% (seluruh data) yang diikuti oleh model Gompertz.

Tingkat kemudahan dalam pendugaan nilai parameter kurva pertumbuhan juga sangat dipengaruhi oleh nilai korelasi negatif yang besar antara parameter kurva pertumbuhan dalam proses penghitungan seperti nilai korelasi antara nilai b dan M dalam model Richards. Kondisi yang demikian menyebabkan model tersebut merupakan model yang paling sulit untuk

mencapai konvergen selain karena adanya empat parameter (FITZHUGH, 1976). Nilai korelasi dalam proses penghitungan tersebut merupakan nilai yang lebih bermakna matematis dibandingkan dengan biologis apalagi bila menggunakan data populasi atau rataan. Untuk lebih memberi makna biologis harus dilihat dari nilai kurva pertumbuhan individu.

Penyebab proses iterasi yang lebih banyak pada model von Bertalanffy kemungkinan disebabkan nilai korelasi negatif relatif lebih besar dibandingkan dengan model lainnya antara bobot dewasa (A) dan laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k) yang ditunjukkan pada Tabel 5. Kesulitan yang dialami model von Bertalanffy tersebut kemungkinan disebabkan kurang sesuainya proses pertumbuhan dari domba untuk bisa mengestimasi parameter kurva pertumbuhan (dibandingkan dengan Gompertz dan Logistik) dengan interpretasi model von Bertalanffy untuk menentukan parameter kurva pertumbuhan terutama bobot dewasa (A) dan laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k). Hasil korelasi dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh SUPARYANTO *et al.* (2001) dan SUBANDRIYO *et al.* (2000) walaupun bukan merupakan nilai rataan korelasi.

Perbandingan model dalam tingkat keakuratan

Perbandingan antara model dalam tingkat keakuratan bisa ada dua interpretasi yaitu (1) keakuratan estimasi dari parameter kurva pertumbuhan dan (2) keakuratan dalam pendugaan data lapang. Keakuratan estimasi parameter kurva pertumbuhan adalah untuk menentukan keabsahan dari nilai parameter yang dimaksud oleh model tersebut yang tidak berhubungan dalam keakuratan dalam pendugaan data lapang ketika dibuat grafik dari kurva pertumbuhan. Perbandingan tingkat keakuratan yang dilakukan berdasarkan *standard error* dari tiap parameter yang diuji dengan metode perbedaan rataan kuadrat terkecil untuk *standard error* parameter tiap model yang mempunyai interpretasi biologis yang sama yaitu bobot dewasa (A) dan rataan laju pertumbuhan

Tabel 4. Rataan jumlah iterasi tiap model

Model	Rataan jumlah iterasi					
	Seluruh	Garut	MG	HG	MHG	HMG
	-----kali-----					
Logistik	5,738 ^a	5,41 ^{ab}	5,618 ^a	5,71 ^a	6,059 ^a	6,236 ^a
Gompertz	7,037 ^b	5,00 ^a	5,38 ^a	12,37 ^b	5,812 ^a	5,691 ^a
Von Bertalanffy	21,559 ^c	22,75 ^b	19,44 ^b	19,99 ^c	22,78 ^b	21,98 ^b

Angka yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)

Tabel 5. Rataan nilai korelasi antar parameter tiap model

Model	Rataan nilai parameter				
	A*k	A*b	b*k	A*M	M*k
Logistik	-0,58315	-	-	-0,11411	0,636969
Gompertz	-0,61483	-0,16253	0,665027	-	-
Von Bertalanffy	-0,68711	-0,08069	0,381892	-	-

A = Bobot hidup dewasa (Asimtot)
 e = Bilangan natural (e = 2,718282)

M= Nilai yang berfungsi dalam pencarian titik infleksi (bentuk kurva)

B= Nilai skala parameter (konstanta integrasi)

k = Rataan laju pertumbuhan menuju dewasa tubuh

menuju bobot dewasa (k). Sementara itu, untuk parameter B/M hanya ditampilkan berupa rata-rata saja tanpa dibandingkan.

Berdasarkan nilai simpangan baku dari parameter kurva pertumbuhan tiap model non linear diperoleh bahwa simpangan baku dari parameter bobot dewasa dari model von Bertalanffy walaupun tidak nyata ($P > 0,05$) mempunyai rata-rata yang lebih besar dibandingkan dengan model lainnya pada berbagai genotipe (Tabel 6). Hasil tersebut juga sesuai dengan yang dilaporkan oleh SUPARYANTO *et al.* (2001) dan SUBANDRIYO *et al.* (2000) pada berbagai genotipe. *Standard error* dari rata-rata laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k) menunjukkan bahwa model von Bertalanffy mempunyai *standard error* yang lebih tinggi dibandingkan dengan model lainnya ($P < 0,05$). Perbandingan untuk *standard error* parameter lainnya tidak dilakukan karena adanya perbedaan dari interpretasi parameter masing-masing model kurva pertumbuhan tersebut.

Standard error parameter kurva pertumbuhan non linear dipengaruhi oleh tingkat kemudahan model untuk mengestimasi parameter kurva pertumbuhan. Semakin sulit model tersebut mencapai kriteria konvergen maka nilai standar deviasi dari parameter tersebut semakin besar. Hubungan tersebut dijelaskan oleh DENISE dan BRINKS (1985) yang melaporkan bahwa model Brody mempunyai tingkat kesulitan yang rendah dalam proses penghitungan, serta mempunyai nilai rata-rata *standard error* yang lebih kecil dibandingkan dengan model Richards.

Hasil proses estimasi model non linear dalam penelitian ini juga menunjukkan hasil yang sama (Tabel 4). Model von Bertalanffy yang mempunyai tingkat kesulitan yang lebih tinggi dalam proses mencapai kriteria konvergen ternyata mempunyai rata-rata *standard error* parameter yang lebih besar dibandingkan model lainnya dalam parameter yang mempunyai interpretasi yang sama (A dan k) sedangkan kecilnya parameter lain yaitu dalam nilai konstanta integral (B tidak bisa dijadikan acuan karena interpretasi dan nilai parameter yang berbeda. Hasil yang sama juga diperoleh oleh

SUPARYANTO *et al.* (2001) dan SUBANDRIYO *et al.* (2000).

DENISE dan BRINKS (1985) melakukan perbandingan pengaruh genotipe dan lingkungan terhadap *standard error* parameter kurva pertumbuhan Richards dan Brody pada sapi. Perbandingan tersebut bisa memperlihatkan pengaruh dari genotipe dan lingkungan terhadap keakuratan dalam penentuan parameter kurva pertumbuhan yang berhubungan dengan tingkat kesulitan dalam pendugaan parameter kurva pertumbuhan dari model tersebut. Analisis tersebut tidak menggunakan peragam umur terakhir penimbangan karena simpangan baku tersebut telah disesuaikan oleh model non linear dalam penentuan parameter kurva pertumbuhan (DENISE dan BRINKS, 1985).

Lingkungan terhadap *standard error* bobot dewasa (A) dalam penelitian ini menghasilkan pengaruh yang sama pada semua model. *Standard error* bobot dewasa (A) dipengaruhi sangat nyata ($P < 0,01$) oleh faktor lingkungan baik internal ataupun eksternal yaitu jenis kelamin dan tahun kelahiran, sedangkan pengaruh genotipe tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$). Hasil tersebut menggambarkan bahwa tingkat kemudahan dalam pendugaan bobot hidup dewasa (A) tidak dipengaruhi secara nyata ($P > 0,05$) oleh genotipe tetapi lebih dipengaruhi oleh lingkungan (Tabel 7). Hasil tersebut berbeda dengan yang dilaporkan oleh DENISE dan BRINKS (1985). Perbedaan tersebut mungkin disebabkan oleh fluktuasi lingkungan yang besar terutama faktor pakan dalam penelitian ini, sehingga analisis terhadap pengaruh faktor genotipe dan lingkungan merupakan sumber variasi terbesar dalam *standard error* bobot dewasa (A).

Standard error dari laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k) juga menunjukkan hasil yang sama yaitu lingkungan berperan lebih penting terhadap variasi *standard error* laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k). Peran genotipe ternak sangat penting terhadap variasi *standard error* parameter B/M kecuali pada model von Bertalanffy (Tabel 7). Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa *standard error* parameter

Tabel 6. Rataan kuadrat terkecil *standard error* parameter kurva pertumbuhan

Model	<i>Standard error</i> parameter kurva pertumbuhan		
	SE A ± SE (kg)	SE k ± SE (%/hari)	SE (B/M**) ± SE (unit)
Logistik	1,334 ± 0,07 ^a	0,00056 ± 0,000033 ^a	0,256 ± 0,13
Gompertz	1,406 ± 0,07 ^a	0,00053 ± 0,000033 ^a	0,198 ± 0,11
von Bertalanffy	1,542 ± 0,71 ^a	0,00124 ± 0,000033 ^b	0,012 ± 0,01

Angka yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata (P<0,05)
 **M khusus untuk model Logistik
 SE A = *Standard error* parameter A
 SE k = *Standard error* parameter k
 SE (B/M) = *Standard error* parameter (B/M)

Tabel 7. Pengaruh genotipe dan lingkungan terhadap *standard error* parameter kurva pertumbuhan

Pengaruh	df	Model Logistik			Model Gompertz			Model Von Bertalanffy		
		SEA	SEk	SE M	SE A	SEk	SEB	SEA	SEk	SEB
Genotipe ternak	4	ns	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	ns
Tahun kelahiran	7	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Sex	1	**	ns	**	**	ns	**	**	ns	**
Paritas	4	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
Tipe lahir-sapah	5	ns	*	*	ns	**	*	ns	**	**
R ²		0,15	0,25	0,31	0,18	0,25	0,32	0,19	0,29	0,24

** (P<0,01); * (P<0,05); ns tidak nyata (P>0,05); db=derajat bebas; SE A = *Standard error* parameter A; SE k = *Standard error* parameter k; SE B = *Standard error* parameter B; SE M = *Standard error* parameter M

kurva pertumbuhan dan kemudahan dalam estimasi kurva pertumbuhan tidak dipengaruhi secara nyata (P>0,05) oleh genotipe ternak tetapi oleh faktor lingkungan. Hasil tersebut juga berbeda dengan laporan dari DENISE dan BRINKS (1985) dan FITZHUGH (1976) yang menyatakan faktor genetik lebih berperan dalam simpangan baku dari k. Perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan fluktuasi kualitas dan kuantitas pakan yang diberikan dari tahun ke tahun pada ternak yang diamati.

Perbandingan tingkat keakuratan antar model dalam penjelasan data lapang dapat dilakukan dengan evaluasi perbedaan secara keseluruhan antara data lapang dengan data yang dihasilkan oleh parameter model kurva pertumbuhan. Perbandingan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan parameter simpangan data secara keseluruhan yaitu jumlah kuadrat sisa, kuadrat tengah sisa dan koefisien determinasi.

Perbandingan yang dilakukan menggunakan peragam umur terakhir penimbangan karena baik jumlah kuadrat sisa, kuadrat tengah sisa maupun koefisien determinasi sangat dipengaruhi oleh data terakhir penimbangan. Berdasarkan parameter tingkatan keakuratan dari model secara keseluruhan menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata (P>0,05), walaupun model von Bertalanffy cenderung mempunyai tingkat

keakuratan yang lebih tinggi baik dari segi jumlah kuadrat sisa dan kuadrat tengah sisa yang lebih kecil maupun koefisien determinasi yang lebih besar (Tabel 8). Hasil tersebut sesuai dengan hasil yang diperoleh SUPARYANTO *et al.* (2001) yang menyimpulkan bahwa model von Bertalanffy mempunyai jumlah kuadrat sisa yang paling rendah berdasarkan data populasi pada domba Sumatera dan persilangannya. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh MAZZINI *et al.* (2003) yang membandingkan antara model Brody, Logistik, Gompertz, Richadrs dan von Bertalanffy pada sapi jantan Hereford. Disimpulkan bahwa model von Bertalanffy merupakan model terbaik dalam keakuratan penjelasan data sebenarnya.

Perbandingan keakuratan antara model juga dapat dilakukan berdasarkan simpangan antara data lapang dengan estimasi dari model dalam berbagai umur untuk melihat kecenderungan simpangan dari tiap model dalam penggambaran data lapang (Gambar 1). Simpangan antara data simulasi dengan lapang dari lahir sampai 720 hari pada semua model terlihat *overestimate* pada awal pertumbuhan. Model von Bertalanffy merupakan model yang paling mendekati data lapang. Simpangan pada umur mendekati dewasa juga mengalami pendugaan yang terlalu besar dan model von Bertalanffy cenderung mempunyai

simpangan terkecil, namun pada data tengah pertumbuhan (200-300) model Gompertz dan Logistik cenderung lebih tepat dalam penggambaran data lapang.

Hasil evaluasi terhadap pengaruh faktor genotipe dan lingkungan terhadap tingkat keakuratan tiap model dalam penggambaran data lapang memperlihatkan bahwa hampir semua pengaruh genotipe dan lingkungan berpengaruh nyata ($P < 0.05$) terhadap tingkat keakuratan penggambaran data lapang dari tiap model kecuali paritas pada kuadrat tengah sisa untuk setiap model (Tabel 9). Hasil tersebut sesuai dengan laporan dari DENISE dan BRINKS (1985) yang melakukan penelitian pengaruh genetik dan lingkungan

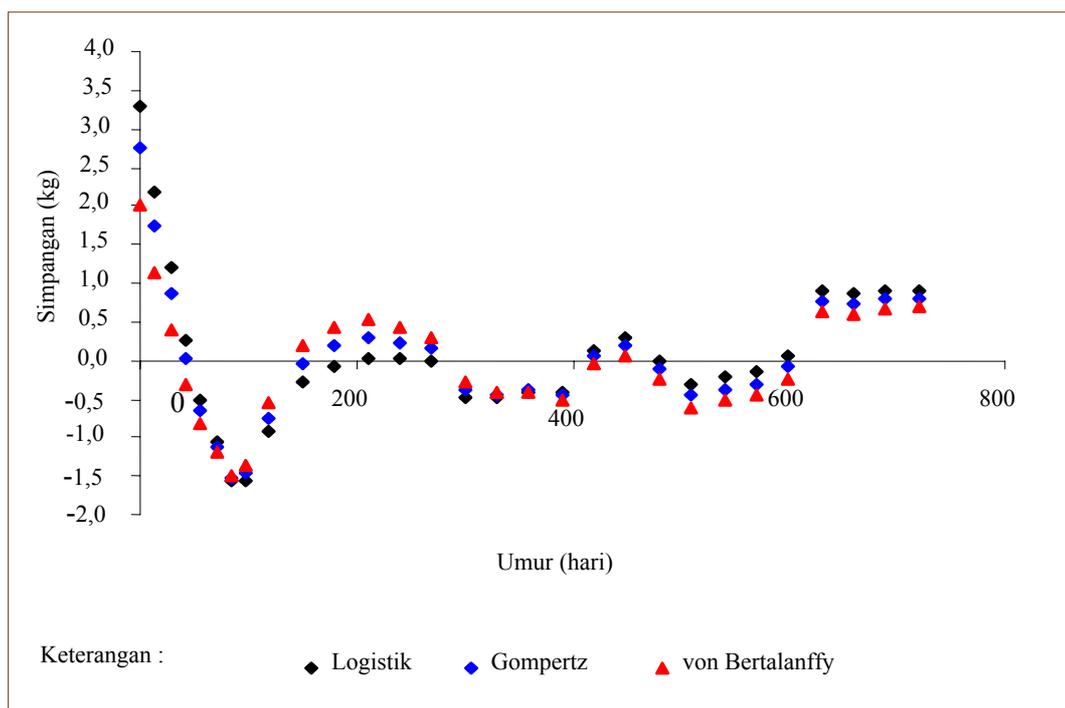
terhadap kurva pertumbuhan sapi. Laporan tersebut menjelaskan bahwa jumlah kuadrat sisa dari model Brody dan Richards sangat dipengaruhi oleh genotipe (*sire line*) dan tahun kelahiran ternak.

Hasil-hasil yang diperoleh mengindikasikan bahwa model kurva pertumbuhan mempunyai tingkat keakuratan yang berbeda selain pada tingkat spesies tapi juga dalam tingkat genotipe dan lingkungan yang berbeda, sehingga penentuan model terbaik pada spesies, genotipe dan lingkungan ternak yang berbeda perlu dievaluasi secara cermat. Kesimpulan tersebut sesuai dengan yang disarankan oleh BROWN *et al.* (1976).

Tabel 8. Rataan kuadrat terkecil tingkat keakuratan dalam penjelasan data lapangan

Model	Parameter tingkat keakuratan		
	Jumlah kuadrat sisa ± SE	Kuadrat tengah sisa ± SE	Koefisien determinasi ± SE
Logistik	639,561 ± 27,59 ^a	10,64 ± 0,42 ^a	0,919 ± 0,003 ^a
Gompertz	635,637 ± 27,56 ^a	10,53 ± 0,42 ^a	0,920 ± 0,003 ^a
Von Bertalanffy	635,429 ± 27,56 ^a	10,52 ± 0,42 ^a	0,920 ± 0,003 ^a

Huruf superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata ($P < 0,05$)
SE=standard error



Gambar 1. Grafik rata-rata simpangan data tiap model

Tabel 9. Pengaruh genotipe dan lingkungan terhadap keakuratan model

Pengaruh	Df	Model Logistik			Model Gompertz			Model von Bertalanffy		
		JKS	KTS	KD	JKS	KTS	KD	JKS	KTS	KD
Genotipe ternak	4	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Tahun kelahiran	7	**	**	**	**	*	**	**	**	**
Sex	1	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Paritas	4	*	ns	*	*	ns	*	*	ns	*
Tipe lahir-sapah	5	ns	ns	*	ns	ns	**	Ns	ns	**
Pengaruh peragam	1	**	**	**	**	**	**	**	**	**
R ²		0,61	0,38	0,47	0,62	0,39	0,49	0,62	0,40	0,49

** Pengaruh sangat nyata (P<0,01)

ns Pengaruh tidak nyata (P≥0,05)

KTS = Kuadrat tengah sisa; KD = Koefisien determinasi

* Pengaruh nyata (P<0,05)

JKS = Jumlah kuadrat sisa

Perbandingan antar model dalam estimasi parameter kurva pertumbuhan

Uji terhadap parameter kurva pertumbuhan dilakukan terhadap parameter kurva pertumbuhan untuk melihat perbedaan yang mungkin terjadi dari model yang berbeda. Perbandingan dilakukan terhadap parameter yang mempunyai interpretasi biologis yang sama yaitu bobot dewasa (A) dan rata-rata laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k).

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini (Tabel 10) menunjukkan bahwa model von Bertalanffy cenderung memberikan estimasi yang lebih tinggi terhadap nilai bobot dewasa (A) kemudian diikuti oleh model Gompertz dan Logistik. Perbedaan tersebut secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (P>0,05). Untuk estimasi parameter laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k) model kurva pertumbuhan memberikan estimasi yang sebaliknya, yaitu model von Bertalanffy cenderung mengestimasi lebih rendah diikuti oleh model Gompertz dan Logistik (P<0,05).

Pola perbedaan tersebut kemungkinan karena adanya korelasi dalam proses penghitungan dari parameter A dengan k. Perbedaan dalam parameter kurva pertumbuhan tidak menjadikan interpretasi secara biologis berkurang. Hasil dengan pola yang serupa juga

diperoleh SUPARYANTO *et al.* (2001) yang melaporkan model von Bertalanffy cenderung memberikan estimasi yang lebih tinggi dalam parameter bobot dewasa (A) dan estimasi yang lebih rendah pada parameter rata-rata laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k) yang juga dilaporkan dari BROWN *et al.* (1976).

Perbedaan estimasi parameter kurva pertumbuhan yang nyata juga dilaporkan oleh beberapa peneliti diantaranya DENISE dan BRINKS (1985) pada sapi antara model Richards dan Brody dan BROWN *et al.* (1976) pada lima model kurva pertumbuhan. Hampir semua laporan memberikan hasil serupa. Perbedaan pada parameter kurva pertumbuhan (BROWN *et al.*, 1976) tidak menjadi masalah apabila tidak sampai berpengaruh pada urutan (baik antar genotipe maupun *line*) dalam penelitian yang akan merubah kesimpulan. Perbedaan perbandingan pada setiap model sangat dipengaruhi oleh beberapa asumsi fisiologis dan metabolis yang digunakan (BRODY, 1945).

Analisis pengaruh faktor genotipe dan lingkungan dilakukan pada setiap model untuk melihat bagaimana efek dari masing-masing faktor terhadap variasi dari nilai parameter kurva pertumbuhan. Metode tersebut juga dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya DENISE dan BRINKS (1985) pada sapi Hereford dan MCMANUS *et al.* (2003) pada domba Bergamasca.

Tabel 12. Pengaruh genotipe dan lingkungan terhadap parameter kurva pertumbuhan model Gompertz

Pengaruh	Parameter Gompertz				
	A	k	b	U _i *A	T _i
Genotipe ternak	**	ns	**	**	Ns
Tahun lahir	**	**	**	**	**
Sex	**	ns	ns	**	*
Paritas	Ns	ns	**	ns	Ns
Tipe lahir-sapih	**	ns	**	**	**
Pengaruh peragam	**	ns	*	**	Ns
R ²	0,508	0,200	0,537	0,508	0,341

A= Bobot dewasa
 B = Konstanta integral
 T_i= Umur saat infleksi
 * Nyata (P<0,05)

k = Rataan laju pertumbuhan menuju dewasa tubuh
 U_i*A= Bobot pada saat terjadinya titik infleksi
 ** Sangat nyata (P<0,01)
 ns Tidak nyata (P>0,05)

Tabel 13. Pengaruh genotipe dan lingkungan terhadap parameter kurva pertumbuhan model von Bertalanffy

Pengaruh	Parameter kurva pertumbuhan				
	A	k	b	U _i *A	T _i
Genotipe ternak	**	ns	**	**	ns
Tahun lahir	**	**	**	**	**
Sex	**	ns	*	**	*
Paritas	ns	ns	**	ns	ns
Tipe lahir-sapih	**	ns	**	**	**
Pengaruh peragam	*	**	**	*	ns
R ²	0,499	0,188	0,538	0,499	0,296

A = Bobot dewasa
 B = Konstanta integral
 T_i= Umur saat infleksi
 * Nyata (P<0,05)

k = Rataan laju pertumbuhan menuju dewasa tubuh
 U_i*A= Bobot pada saat terjadinya titik infleksi
 ** Sangat nyata (P<0,01)
 ns Tidak nyata (P>0,05)

menyatakan tahun kelahiran, umur induk, musim beranak sangat berpengaruh terhadap rataan laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k) pada sapi *Japanese Black* dengan menggunakan model von Bertalanffy.

Bobot pada saat terjadinya titik infleksi (U_i*A) dipengaruhi oleh faktor yang juga mempengaruhi bobot dewasa (A), karena bobot saat infleksi didapatkan melalui perkalian persentase dewasa pada titik infleksi (U_i) dengan bobot dewasa (A). Sementara itu, umur saat infleksi (T_i) sangat dipengaruhi oleh lingkungan (P<0,01), yaitu tahun kelahiran, tipe lahir-sapih dan jenis kelamin (Tabel 11, Tabel 12 dan Tabel 13). Hasil tersebut sesuai dengan laporan dari WADA dan NISHIDA (1987) yang mengungkapkan bahwa tahun kelahiran, umur induk dan musim beranak sangat berpengaruh terhadap umur saat terjadinya titik infleksi (umur

pubertas). Umur pada saat terjadinya titik infleksi pertumbuhan merupakan titik yang paling ekonomis pada ternak. Titik tersebut mengindikasikan beberapa hal yaitu (1) terdapatnya pertumbuhan maksimal dari ternak (2) umur pada saat pubertas (3) titik terendah dalam mortalitas; dan (4) titik tersebut bisa digunakan dalam determinasi geometris dalam perbandingan antar spesies (BRODY, 1945).

Pengaruh peragam dalam penelitian ini ternyata menunjukkan peran yang sangat nyata (P<0,01) terhadap bobot dewasa (A) pada semua model kurva pertumbuhan. Pengaruh peragam umur terakhir untuk model Logistik, Gompertz dan von Bertalanffy ternyata menambah bobot dewasa 0,86 kg; 0,71 kg dan 0,56 kg setiap penambahan 1 tahun umur ternak dengan rataan umur terakhir 1522 hari. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa domba Priangan dan

persilangannya mempunyai waktu tumbuh lebih dari 2 tahun. Hal tersebut memperkuat laporan bahwa domba di Indonesia mempunyai pertumbuhan yang lama untuk mencapai bobot dewasa (MERKENS dan SOEMIRAT, 1926). Sementara itu, rataan laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k) juga nyata ($P < 0,05$) dipengaruhi peragam umur terakhir pada model logistik, sedangkan untuk model Gompertz dan Von Bertalanffy tidak nyata ($P > 0,05$). Semakin bertambah data ternak selama 1 tahun ternyata mengurangi nilai k pada model logistik sebesar $-0,21 \cdot 10^{-3}$ %/hari. Pengaruh peragam terhadap parameter B/M juga nyata ($P < 0,05$) untuk setiap model. Pengaruh peragam dengan bertambahnya umur penimbangan selama 1 tahun akan meningkatkan parameter $B(M)$ pada model Logistik dan von Bertalanffy sebesar 0,0361 dan 0,004 unit dan mengurangi nilai B pada model Gompertz sebesar 0,022 unit.

KESIMPULAN

Model Logistik merupakan model yang paling mudah dalam proses penghitungan, sedangkan Model von Bertalanffy merupakan model yang terbaik dalam penjelasan hubungan antara bobot hidup dengan waktu pada domba Garut dan persilangannya. Oleh karena itu, model von Bertalanffy bisa menjadi pilihan utama sebagai model dalam penjelasan hubungan antara waktu dan bobot hidup walaupun relatif lebih sulit dalam proses penghitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- BLASCO, A., M. PILES and L.VARONA. 2003. A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. *Genet. Sel. Evol.* 35: 21-41
- BRADFORD, G.E. and I. INOUNU. 1996. Prolific sheep of Indonesia. *In: Prolific Sheep*. M.H. FAHMY (Ed.). CAB International. pp:109-120.
- BRISBIN JR, I.L., C.T. COLLINS., G.C WHITE and D.A McMALLUM. 1987. A new paradigm for the analysis and interpretation of growth data: The shape of things to come. *The Auk*. Vol. 104: 552-554.
- BRODY, S. 1945. *Bioenergetics and Growth*. Reinhold Publishing Corporation. New York, USA.
- BROWN, J.E., H.A. FITZHUGH, JR. and T.C. CARTWRIGHT. 1976. A comparison of non linear models for describing weight-age relationship of cattle. *J. Anim. Sci.* 42: 810-811.
- CARRIJO, S.M. and F.A.M. DUARTE. 1999. Description and comparison of growth parameters in Chianina and Nellore cattle breeds. *Gen. Mol. Biol.* 22: 187-196.
- DE NISE, R.S.K and J.S. BRINKS. 1985. Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. *J. Anim. Sci.* 61: 1431-1440.
- DE TORRE, L., G. CANDOTTI, A. REVERTER, M.M. BELLIDO, P. VASCO, L.J. GARCIA and J.S. BRINKS. 1992. Effects of growth curve parameters on cow efficiency. *J. Anim. Sci.* 70: 2668-2672.
- FEKEDULEGN, D., M.P. STURTAIN and J.J. COLBERT. 1999. Parameter estimation of nonlinear growth models in forestry. *Silva Fennica*. 33: 327-336.
- FITZHUGH JR., H.A. 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J. Anim. Sci.* 42: 1036-1051.
- INOUNU, I., N. HIDAYATI, SUBANDRIYO, B. TIESNAMURTI dan L. O. NAFIU. 2003. Analisis keunggulan relatif domba Garut anak dan persilangannya. *JITV*. 8 (3):170-182.
- INOUNU, I., SUBANDRIYO, B. TIESNAMURTI, N. HIDAYATI and L. O. NAFIU. 2005. Relative superiority analysis of Garut dam and its crossbred. *JITV*. 10 (1): 17-26.
- ISMAIL, Z., A. KHAMIS and M.Y. JAAFAR. 2003. Fitting nonlinear gompertz curve to tobacco growth data. *Pak. J. Agron.* 2: 233-236.
- MAZZINI, A.R.A., J.A. MUNIZ, L.H.D. AQUINO and F.F.E. SILVA. 2003. Growth curve analysis for Hereford cattle males. *Cienc. Agrotec. Lavras*. 27: 1105-1112.
- MC MANUS, C., C. EVANGELISTA, L. AUGUSTO, C. FERNANDES, M.D. MIRANDA, F.E.M. BERNAL and N.R. DOS SANTOS. 2003. Parameters for three growth curves and factors that influence them for Bergamasca sheep in the Brasillia region. *R. Bras. Zootec.* 32: 1207-1212.
- MERKENS, J. dan R. SOEMIRAT. 1926. Sumbangan pengetahuan tentang peternakan domba di Indonesia. Terjemahan oleh: R. OETOJO. *Dalam: Domba dan Kambing*. LIPI. pp: 7-24.
- NELDER, J.A. 1961. The fitting of a generalization of logistic curve. *Biometrics*. 17: 89.
- SAS INSTITUTE INC. 1985. *SAS/STAT User's Guide: Statistics*, Version 5 edition: SAS Institute Inc., Cary, NC.
- SUBANDRIYO, B. SETIADI., E. HANDIWIRAWAN dan A. SUPARYANTO. 2000. Performa domba Komposit hasil persilangan antara domba lokal Sumatera dengan domba Rambut pada kondisi dikandangkan. *JITV*. 5(2): 73-83.
- SUPARYANTO, A., SUBANDRIYO, T.R. WIRADARYA dan H. MARTOJO. 2001. Analisis pertumbuhan non linier domba lokal Sumatera dan persilangannya. *JITV*. 6(4): 259-264.
- WADA, Y. and A. NISHIDA. 1987. Genetics aspect of the Growth curve characteristics in Japanese Black cows. *Jpn. J. Zootech. Sci.* 58:1078-1085.