

Kurva Pertumbuhan Sapi *Friesian Holstein* dari Lahir Sampai Siap Kawin Berdasarkan Tingkat Kelahiran

(*HOLSTEIN GROWTH CURVE OF NEW BORN CALF UNTIL FIRST MATING BASED
ON BIRTH RATE*)

Lia Budimulyati Salman¹, Cece Sumantri², Ronny Rachman Noor²,
Asep Saefuddin³, Chalid Talib⁴

¹Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung Sumedang km 21 Jatinangor,
Sumedang, Jawa Barat 45363 E-mail: rulia1959@yahoo.com

²Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi,
Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor
Jl. Agatis, Dramaga, Bogor, ³Departemen Statistik,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB

Jl. Meranti, Dramaga, Bogor 16680

⁴Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan
Jl. Raya Padjadjaran, Bogor 16151

ABSTRAK

Kurva pertumbuhan merupakan pencerminan kemampuan suatu individu atau populasi untuk mengaktualisasikan diri sekaligus sebagai ukuran berkembangnya bagian-bagian tubuh sampai mencapai ukuran maksimal (dewasa) pada kondisi lingkungan yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model kurva pertumbuhan sapi *Friesian Holstein* dari lahir sampai siap kawin berdasarkan tingkat kelahiran dengan model Logistic, Gompertz, dan von Bertalanffy. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil penimbangan bobot badan dari sapi perah FH betina sejumlah 335 ekor yang dipelihara di Sukabumi, Jawa Barat dari tahun 2001 sampai 2011, yang mempunyai data lengkap dari lahir sampai kawin pertama dengan tingkat kelahiran yang berbeda dari kelahiran satu sampai lima. Data ini digunakan dalam analisis kurva pertumbuhan menggunakan tiga model kurva pertumbuhan non linier yaitu model Logistic, Gompertz, dan von Bertalanffy. Hasil-hasil yang diperoleh mengindikasikan bahwa model kurva pertumbuhan mempunyai tingkat keakuratan yang berbeda, bergantung kepada lingkungan dan umur atau lamanya pengamatan, makin lama pengamatan ternyata bobot dewasa (A), umur pubertas, dan bobot pubertas semakin besar. Simpulan penelitian ini adalah model Logistic merupakan model yang mendekati dengan kondisi lapang. Makin tinggi tingkat kelahiran makin berat bobot lahir dan bobot dewasa. Ketiga model matematik non linier yang dipakai dalam penelitian ini mempunyai tingkat akurasi yang tinggi.

Kata-kata kunci: kurva pertumbuhan, tingkat kelahiran, sapi perah FH

ABSTRACT

The growth curve is a reflection of the ability of an individual or population to actualize themselves as well as the size will be the development of the parts of the body until it reaches the maximum size (adult) on the existing environmental conditions. The main goal of this study is to determine the growth curve model of Friesian Holstein cattle from birth until ready to mate based on birth rates with Logistic model, Gompertz, and von Bertalanffy. The data was used in this study is the result of the weighing of dairy cows body weight of female Friesian Holstein as many as 335 head number collected by PT Taurus Dairy Farm Sukabumi from 2001 to 2011, which have complete data from birth until first mating with a birth rate that is different from the birth of the one to five. The data used in the analysis of growth curves using three non-linear growth curve model i.e. Logistic models, Gompertz, and Von Bertalanffy. The results obtained indicate that the growth curve model have different levels of accuracy, depending on the environment and age or duration of observation, the longer observed to mature weight (A), the age of puberty, and puberty greater weight. The Conclusion of this study is a model of Logistic close to field conditions. Moreover the higher the birth rate will be heavier birth weight and adult weight. These three non-linear mathematical model used in this study has a high degree of accuracy.

Keywords: growth curve, birth rate, Friesian Holstein

PENDAHULUAN

Pertumbuhan adalah perubahan ukuran, bentuk, komposisi, dan struktur yang secara normal perubahan itu akan meningkatkan ukuran dan bobot badan hewan.

Kurva pertumbuhan merupakan pencerminan kemampuan suatu individu atau populasi untuk mengaktualisasikan diri sekaligus sebagai ukuran akan berkembangnya bagian-bagian tubuh sampai mencapai ukuran maksimal (dewasa) pada kondisi lingkungan yang ada. Lingkungan tersebut dapat berupa level produksi individu, kuantitas dan kualitas pakan, lokasi dan lingkungan secara umum (Fitzhugh 1976).

Pertumbuhan tiap-tiap individu secara umum diperlihatkan sebagai bentuk sigmoid. Kurva sigmoid ini menggambarkan suatu bentuk percepatan dan bentuk perlambatan. Brody (1974) menjelaskan bahwa bentuk kurva pertumbuhan menggambarkan perkembangan ternak dari lahir sampai mati. Lawrence dan Fowler (2002) menyatakan bahwa pola pertumbuhan sebagai bentuk yang sederhana dengan laju pertumbuhan tertinggi terjadi pada kehidupan awal, kemudian mengalami peningkatan secara perlahan sampai mencapai konstan saat ternak tua. Ketika bobot badan selama hidup diplotkan sebagai fungsi dari umur dan waktu, ternak memproduksi sebuah kurva karakteristik pertumbuhan yang berbentuk kurva pertumbuhan *sigmoid*. Fase percepatan dimulai dari lahir hingga mencapai titik infleksi. Fase percepatan ini ditandai dengan adanya perubahan bentuk, penambahan bobot badan, pertumbuhan ukuran tubuh.

Sudono *et al.*, (2003) menyatakan bahwa sapi perah yang masih muda dapat berubah bentuknya, bertambah besar bobot badannya, dan bertambah ukuran tubuhnya. Lawrie (2003), mengemukakan bahwa penambahan bobot badan hewan muda adalah merupakan bagian dari pertumbuhan urat daging, tulang, dan organ-organ vital. Fase pertumbuhan terakhir memasuki fase tahap dewasa atau fase perlambatan. Menurut Sudono *et al.*, (2003) ternak yang sudah dewasa dan mengalami penuaan ukuran tubuhnya tetap, bahkan cenderung berkurang baik bobot badannya maupun ukuran tubuhnya dan kemampuan reproduksinya menjadi terbatas. Fase pertumbuhan terakhir memasuki fase tahap dewasa atau fase perlambatan. Pengetahuan tentang umur mempunyai arti penting, karena

berhubungan dengan biaya dan waktu ternak tersebut masih menguntungkan dipelihara. Kemampuan seekor sapi dara untuk berproduksi tidak hanya dipengaruhi oleh pertumbuhan badannya, tetapi juga pertumbuhan ambingnya yang mencapai pertumbuhan maksimal saat laktasi ke-4 atau ke-5. Soeparno (1994) menjelaskan bahwa setelah fase perlambatan, kenaikan bobot tubuh akan didominasi oleh peningkatan deposisi lemak yang terjadi pada kira-kira sepertiga dari bobot akhir. Bentuk sigmoid memberikan penjelasan bahwa umur tidak menyebabkan bobot tubuh berubah dengan cepat, tetapi memberi kesempatan pada ternak untuk tumbuh, mencapai dewasa dan berinteraksi dengan lingkungan.

Melalui pemahaman yang baik pada sifat pertumbuhan, dapat diperkirakan kapan saat pubertas tercapai, sehingga dapat ditentukan waktu dan bobot hidup yang tepat untuk melakukan perkawinan pertama pada sapi dara (Place *et al.*, 1998). Umur pubertas dan saat sapi dara pertamakali kawin sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan dan bobot badan yang dicapai selama masa prepubertas (Sejrsen dan Purup, 1997).

Kemajuan teknologi komputasi yang membantu dalam penghitungan matematik telah banyak menghasilkan model kurva yang digunakan dalam analisis pertumbuhan, antara lain Brody, Richard, Huxley, Logistic, von Bertalanffy, dan Gompertz. Model yang sering digunakan adalah model kurva pertumbuhan Logistic (Myers, 1990, Zwietering, 1990, Ptak *et al.*, 1994, Inounnu *et al.*, 2007), model kurva pertumbuhan Gompertz (Myers, 1990, Verra, 1991, Duan-Yai *et al.*, 1999, Mignon-Grasteau *et al.*, 2000, Arango dan Van Vleck, 2002, Kratochvilova *et al.*, 2002, Blasco *et al.*, 2003, Sengul dan Kiraz, 2005, Tazkia dan Anggraeni, 2009, Budimulyati *et al.*, 2012), dan model kurva pertumbuhan von Bertalanffy (Oliviera *et al.*, 1994, Ptak *et al.*, 1994, Suparyanto, 1999, Firdaus *et al.*, 2013). Pertimbangan dipilihnya ketiga model tersebut antara lain karena telah terbukti dari berbagai penelitian sebelumnya bahwa ketiga model pertumbuhan tersebut sangat baik untuk digunakan pada data kuantitatif yang bersifat longitudinal dari berbagai jenis ternak, hewan, tumbuhan dan bahkan sangat baik untuk menganalisis pola pertumbuhan mikroorganisme/bakteri rumen. Namun demikian, kelemahan umum dari ketiga model tersebut adalah menghendaki adanya keseragaman lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui model kurva pertumbuhan sapi FH dari lahir sampai siap kawin berdasarkan tingkat kelahiran dengan model Logistic, Gompertz, dan von Bertalanffy. Penelitian ini diharapkan memperoleh informasi bentuk kurva pertumbuhan sapi FH di Indonesia berdasarkan tingkat kelahiran dari lahir sampai siap kawin.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data bobot badan sapi perah FH betina, yang merupakan hasil penimbangan 335 ekor yang dipelihara oleh PT Taurus Dairy Farm, Sukabumi, dari tahun 2001 sampai 2011. Peternakan tersebut mempunyai data lengkap sapi perah dari lahir sampai sapi tersebut kawin untuk pertama dengan tingkat kelahiran yang berbeda dari kelahiran pertama sampai kelima.

Analisis kurva pertumbuhan yang digunakan adalah kurva pertumbuhan non linier, dengan model von Bertalanffy, Logistic dan Gompertz. Bentuk persamaannya dan beberapa kaidah matematis disajikan pada Tabel 1.

Interpretasi Biologi Parameter Kurva Pertumbuhan

Fitzhugh (1976) memberikan penjelasan tentang interpretasi biologi parameter dalam kurva pertumbuhan sebagai berikut :

- A : Nilai asimtot merupakan nilai untuk $t \rightarrow \infty$; secara umum dapat diinterpretasikan sebagai rata-rata bobot badan saat ternak mencapai dewasa tubuh terlepas dari fluktuasi karena faktor lingkungan.
- Ut : Merupakan nilai proporsi bobot badan dibandingkan dengan bobot badan 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 cenderung mempunyai bobot dewasa dini (cepat mencapai bobot dewasa).
- t : Umur ternak dalam satuan waktu.
- M : Parameter yang mempunyai fungsi sebagai penentu bentuk dari kurva untuk membantu penentuan titik infleksi.

Penentuan Titik Infleksi

Titik infleksi merupakan titik maksimum pertumbuhan bobot badan. Pada titik tersebut terjadi peralihan perubahan yang asalnya percepatan pertumbuhan menjadi perlambatan pertumbuhan. Pada titik tersebut ternak mengalami pubertas (Brody, 1974). Waktu titik infleksi tercapai adalah saat paling ekonomis dari ternak, karena pada waktu tersebut tingkat mortalitas ternak berada pada titik terendah dan pertumbuhan paling cepat. Penentuan titik infleksi secara biologi sulit untuk ditentukan, namun dengan bantuan kurva pertumbuhan non linier masalah tersebut dapat dipecahkan.

Nilai parameter M dalam kurva pertumbuhan sangat berperan dalam penentuan terjadinya titik 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 oleh Nedler (1961) yang mempunyai nilai M (yang juga terdapat pada model Richard) berupa angka dan berbeda untuk setiap individu atau setiap populasi dan lebih dapat diterima

Tabel 1 Model matematik kurva pertumbuhan

Model	Persamaan	M	U_t	Sumber Pustaka
Logistic	$Y = A (1 + e^{-kt})^{-M}$	parameter	$(1 + e^{-kt})^{-M}$	Brown <i>et al.</i> , (1976)
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)

Keterangan : A = bobot badan tubuh (asimtot), yaitu pada nilai t mendekati tak terhingga, B = parameter skala (nilai konstanta integral), e = logaritma dasar (2.718282), k = rata-rata laju pertumbuhan hingga ternak mencapai dewasa tubuh, M = Nilai yang berfungsi dalam pencarian titik infleksi (bentuk kurva), $U_t = Y/A$ = proporsi kedewasaan ternak dibandingkan dengan bobot dewasa dan t = waktu dengan satuan bulan

Tabel 2. Titik infleksi pada model kurva pertumbuhan non linier

Model	Bobot Infleksi (U_t)	Waktu Infleksi
Logistic	$A(M/M+1)^M$	$(\ln M)/k$
Gompertz	Ae^{-1}	$(\ln B)/k$
von Bertalanffy	$A(8/27)$	$(\ln 3B) /k$

Sumber : Brown *et al.*, (1976) dan Suparyanto (1999)

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

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

Penurunan parsial terhadap beberapa parameter	
Model Logistic	$Y = A (1 + e^{-kt})^{-M}$
dY/dA	$(1 + e^{-kt})^{-M}$
dY/dk	$A M k (1 + e^{-kt})^{-(M+1)} (e^{-kt})$
dY/dM	$(-A) (\ln(1 + e^{-kt})^{-(M+1)}) ((1 + e^{-kt})^{-M})$
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	$-3 A e^{-kt}$
dY/dk	$3 A B t (e^{-kt})(1 - Be^{-kt})^2$

Keterangan : A = Bobot hidup dewasa (Asimtot); B = Nilai skala sarameter (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)

dari segi biologi. Waktu infleksi dan bobot infleksi untuk berbagai model kurva pertumbuhan disajikan pada Tabel 2.

Penggunaan Program Komputer

Prinsip dasar dari proses *iterasi* adalah pendugaan parameter untuk mendapatkan kuadrat sisa terkecil dari beberapa kombinasi. Proses *iterasi* diawali dari nilai yang telah ditentukan, dan sebaiknya berdasarkan penelitian sebelumnya (Ismail *et al.*, 2003). Proses tersebut berhenti saat jumlah kuadrat sisa pada proses *iterasi* selanjutnya relatif sama atau sering disebut telah mengalami konvergen. Program komputer sangat diperlukan dalam pendugaan parameter-parameter dalam model non linier. Paket program SAS 9.2 (SAS Institute Inc, 2004) menyediakan program khusus untuk mencari parameter dalam model non linier yaitu dengan menggunakan prosedur NLIN (Proc NLIN).

Turunan Parsial Parameter Model

Metode Marquardt (SAS Institute Inc, 2004) yang digunakan dalam proses *iterasi* memerlukan penurunan parsial terhadap parameter yang diduga. Turunan parsial tiap model kurva pertumbuhan non linier yang digunakan disajikan pada Tabel 3.

Metode Penggunaan Parameter Kurva Pertumbuhan dengan Menggunakan Proses Iterasi

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 setiap model. Perbandingan jumlah *iterasi* dari setiap 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 Linier

Perbandingan model pertumbuhan non linier biasanya berdasarkan dua kriteria, yaitu kemudahan dalam penghitungan dan ketepatan dalam penggambaran data lapangan. Parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kriteria tersebut adalah jumlah *iterasi* dan koefisien determinasi.

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 rata-rata jumlah *iterasi* dan berbagai model dari keseluruhan data.

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

koefisien determinasi yang akan diperoleh dari pengolahan program SAS 9.2 Proc NLIN adalah :

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

- R² = Koefisien determinasi (%)
- JKS = Jumlah Kuadrat Sisa (*Residual Sum Square*)
- JKTT = Jumlah Kuadrat Total Terkoreksi (*Corrected Total Sum Squares*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis kurva pertumbuhan berdasarkan tingkat kelahiran dari lahir sampai siap kawin, umur dan bobot titik infleksi pada sapi perah FH dengan menggunakan model kurva pertumbuhan Logistic, Gompertz, dan von Bertalanffy disajikan pada Tabel 4. Bobot dewasa pada persamaan model kurva Logistic lebih rendah dibandingkan dengan Gompertz dan von Bertalanffy. Hal ini sesuai dengan penelitian Suparyanto (1999) bahwa model von Bertalanffy memiliki nilai pendugaan terhadap bobot lahir domba yang rendah, namun pada

Tabel 4 Persamaan model kurva pertumbuhan sapi perah FH dari lahir sampai siap kawin, umur dan bobot saat pubertas berdasarkan tingkat kelahiran

Tingkat kelahiran	Model	t _(i) (bulan)	Y _(i) (kg)
Logistic	Y= A (1+e ^{-kt}) ^{-M}		
	1 Y= 315,6 (1+e ^{-0,1685t}) ^{-3,0913}	6,66	132,70
	2 Y= 280,5 (1+e ^{-0,1934t}) ^{-3,1198}	5,88	122,02
	3 Y= 329,6 (1+e ^{-0,1619t}) ^{-3,0219}	6,83	138,94
	4 Y= 301,7(1+e ^{-0,1696t}) ^{-2,8135}	6,10	128,23
5 Y= 338,1 (1+e ^{-0,1419t}) ^{-2,8403}	7,36	143,54	
Gompertz	Y= A exp (-Be ^{-kt})		
	1 Y= 330,3 exp (-2,2682e ^{-0,1386t})	5,91	121,51
	2 Y= 297,2 exp (-2,2981e ^{-0,1643t})	5,06	109,33
	3 Y= 340,7exp (-2,2175e ^{-0,1346t})	5,92	125,34
	4 Y= 309,0exp (-2,0643e ^{-0,1427t})	5,08	113,67
5 Y= 353,0exp (-2,0822e ^{-0,1157t})	6,34	129,86	
Von Bertalanffy	Y= A (1-Be ^{-kt}) ³		
	1 Y= 354,6 (1 - 0,5572e ^{-0,1046t}) ³	4,91	105,07
	2 Y= 307,9 (1 - 0,5626e ^{-0,1332t}) ³	3,93	91,23
	3 Y= 357,7 (1 - 0,5484e ^{-0,1071t}) ³	4,65	105,98
	4 Y= 318,7 (1 - 0,522e ^{-0,1178t}) ³	3,81	94,43
5 Y= 374,6 (1 - 0,5247e ^{-0,091t}) ³	4,99	110,99	

Keterangan : t_i = waktu infleksi (bulan); Y_i = bobot pada saat titik infleksi (kg); e = bilangan natural (e = 2,718282); t = waktu pencatatan (bulan)

akhirnya akan dicapai pendugaan bobot dewasa yang lebih besar. Kedua model lainnya memiliki pendugaan bobot lahir yang relatif lebih tinggi, namun pendugaan terhadap bobot dewasa cenderung lebih rendah dibandingkan dengan model von Bertalanffy.

Hasil penelitian nilai parameter A (bobot dewasa) pada tingkat kelahiran yang paling besar dicapai pada tingkat kelahiran kelima dari yang tertinggi model von Bertalanffy diikuti model Gompertz dan Logistic (374,6 kg, 353,0 kg, dan 338,1 kg). Nilai tertinggi untuk parameter B (koefisien integrasi atau proporsi bobot dewasa yang dicapai setelah lahir), dicapai pada tingkat kelahiran kedua dari yang tertinggi model Logistic diikuti model Gompertz dan von Bertalanffy. Nilai k (rata-rata kecepatan dewasa) tertinggi dicapai pada tingkat kelahiran kedua dari yang tertinggi pada model Logistic diikuti oleh Gompertz dan von Bertalanffy.

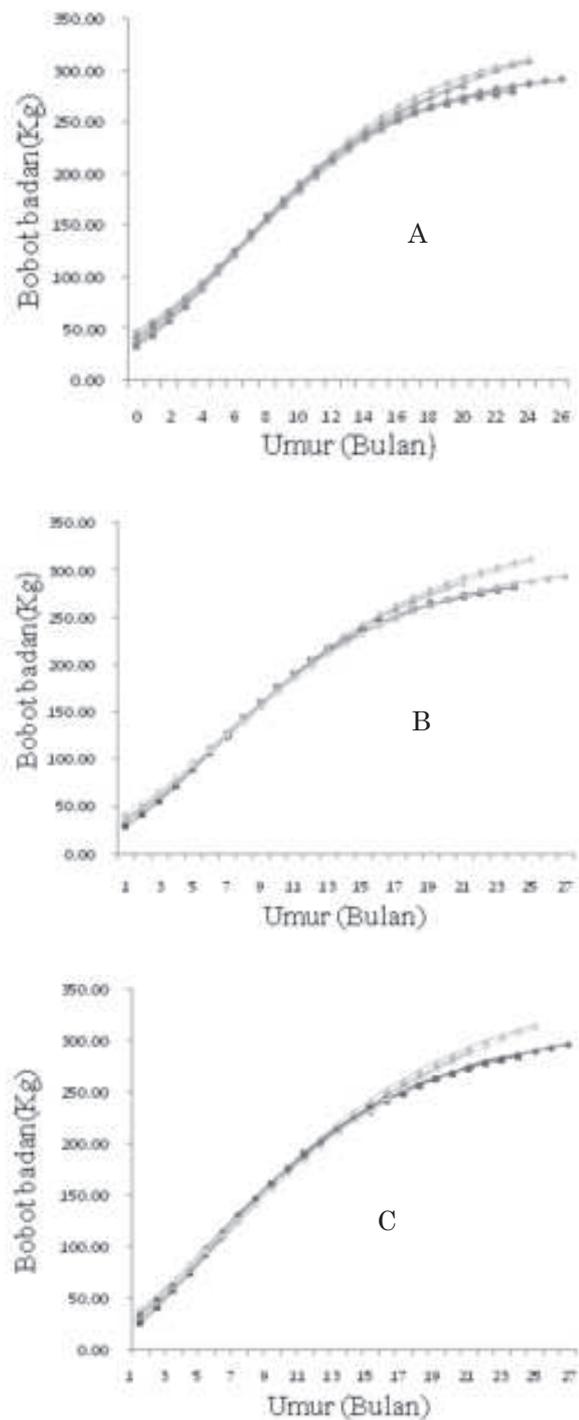
Kurva pertumbuhan secara umum berpola *sigmoid* (Gambar 1) yang mencerminkan pertumbuhan ternak dari awal dilahirkan, kemudian fase percepatan sampai mencapai titik infleksi, selanjutnya ternak mencapai dewasa tubuh dan pada fase ini sudah mulai terjadi perlambatan sampai pertumbuhan relatif konstan. Pada kurva pertumbuhan terdapat titik penting, yaitu titik balik pada saat ternak mencapai umur pubertas atau disebut titik infleksi. Hasil penelitian ini ternyata pada model von Bertalanffy umur pubertas dicapai lebih muda dibandingkan dengan model Gompertz dan Logistic.

Umur pubertas pada model Logistic cenderung lebih tua dibandingkan dengan model Gompertz dan von Bertalanffy. Pubertas pada sapi FH terjadi pada umur 8-12 bulan (Folley *et al.*, 1973), sedangkan Anggraeniet *al.*, (2008) menyatakan bahwa pubertas pada sapi terjadi pada umur 9-10 bulan.

Umur dan bobot badan pada saat pubertas yang diprediksi dengan tiga model menunjukkan perbedaan. Model Logistic lebih mendekati untuk memprediksi umur dan bobot saat pubertas, diikuti dengan model Gompertz, sedangkan model von Bertalanffy menunjukkan nilai yang lebih rendah untuk memprediksi kriteria pubertas.

Tingkat Kemudahan Perhitungan

Pada Tabel 5 disajikan bahwa model Logistic memerlukan proses *iterasi* yang lebih banyak dibandingkan dengan von Bertalanffy dan Gompertz pada semua tingkat kelahiran. Model



Gambar 1 Kurva pertumbuhan sapi perah FH dari lahir sampai siap kawin berdasarkan tingkat kelahiran (A) model Logistic, (B) model Gompertz, (C) model von Bertalanffy, (◆) tingkat kelahiran 1, (■) tingkat kelahiran 2, (●) tingkat kelahiran 3, (▲) tingkat kelahiran 4 dan (—) tingkat kelahiran 5,

Tabel 5 Jumlah *iterasi* untuk setiap model

Tingkat kelahiran	Model		
	Logistic	Gompertz	Von Bertalanffy
	----- kali -----		
1	63	48	48
2	63	56	56
3	54	48	48
4	63	56	56
5	72	64	56

Logistic memerlukan *iterasi* lebih banyak dibandingkan dengan model von Bertalanffy dan Gompertz. Hal ini berbeda dengan laporan Suparyanto *et al.*, (2001) yang membandingkan model yang sama pada ternak domba sumatera dan persilangannya dengan menggunakan data populasi dan penelitian yang dilakukan oleh Inounu *et al.*, (2007), bahwa proses *iterasi* model von Bertalanffy merupakan model paling sulit untuk mencapai kriteria konvergen dan diikuti oleh model Logistic dan Gompertz pada analisis kurva pertumbuhan domba garut dan persilangannya.

Laporan DeTorre *et al.*, (1992) yang membandingkan model von Bertalanffy dengan model Richards dan Brody pada data individu ternak 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 linier (Carrijo dan Duarte, 1999).

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 makna biologi, terutama bila menggunakan data populasi atau rata-rata. Nilai kurva pertumbuhan individu harus diperhatikan untuk lebih

memberi makna biologi

Penyebab proses *iterasi* yang lebih banyak pada model Logistic kemungkinan disebabkan nilai korelasi negatif relatif lebih kecil dibandingkan dengan model lainnya antara bobot dewasa (A) dan laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k) (Tabel 6). Kesulitan yang dialami model Logistic tersebut kemungkinan disebabkan kurang sesuainya proses pertumbuhan dari sapi FH untuk bisa menduga parameter kurva pertumbuhan (dibandingkan dengan Gompertz dan von Bertalanffy) dengan interpretasi model Logistic untuk menentukan parameter kurva pertumbuhan terutama bobot dewasa (A) dan laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k). Hasil korelasi dalam penelitian ini berbeda dengan penelitian yang dilaporkan oleh Suparyanto *et al.*, (2001) dan Subandriyo *et al.*, (2000) walaupun bukan merupakan nilai rata-rata korelasi. Perbedaan ini mungkin karena perbedaan spesies yang menyebabkan perbedaan proses pertumbuhan (Carrijo dan Duarte, 1999).

Perbandingan Antar Model dalam Estimasi Parameter Kurva Pertumbuhan

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini (Tabel 7) menunjukkan bahwa model von Bertalanffy cenderung memberikan estimasi yang lebih tinggi terhadap nilai bobot dewasa (A) kemudian diikuti oleh model Gompertz dan Logistic. Estimasi parameter laju pertumbuhan menuju bobot dewasa (k) model kurva pertumbuhan memberikan hasil estimasi yang sebaliknya, yaitu model von Bertalanffy cenderung menduga lebih rendah diikuti oleh model Gompertz dan Logistic.

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

Tabel 6. Nilai korelasi antar parameter tiap model

Tingkat kelahiran	Nilai Parameter				
	A*k	A*b	b*k	A*M	M*k
Logistic					
1	-0,9097			-0,2771	0,5826
2	-0,8301			-0,3411	0,7121
3	-0,8752			-0,3198	0,6556
4	-0,8321			-0,3030	0,6777
5	-0,9085			-0,2331	0,5441
Gompertz					
1	-0,9294	-0,3234	0,5992		
2	-0,8636	-0,4137	0,7436		
3	-0,9021	-0,3827	0,6820		
4	-0,8665	-0,3718	0,7063		
5	-0,9286	-0,2732	0,5555		
Von Bertalanffy					
1	-0,9572	-0,3123	0,5293		
2	-0,9067	-0,4421	0,7098		
3	-0,9363	-0,3982	-0,9363		
4	-0,9058	-0,3962	0,6721		
5	-0,9548	-0,2604	0,4863		

Keterangan : A = Bobot hidup 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)

diperoleh Suparyanto *et al.*, (2001). Penelitian tersebut 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). Hasil yang serupa juga dilaporkan dari Brown dan Cartwright (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, serta Brown dan Cartwright (1976) pada lima model kurva pertumbuhan. Hampir semua laporan memberikan hasil serupa. Perbedaan perbandingan pada setiap model sangat dipengaruhi oleh beberapa asumsi fisiologi dan metabolis yang digunakan (Brody 1974).

Hasil proses estimasi model non linier dalam penelitian ini juga menunjukkan hasil yang sama (Tabel 5). Model Logistic yang mempunyai tingkat kesulitan yang lebih tinggi dalam proses mencapai kriteria konvergen ternyata mempunyai nilai simpangan baku parameter yang lebih rendah dibandingkan

model lainnya dalam parameter yang mempunyai interpretasi yang sama (A dan k), sedangkan parameter lain yaitu dalam nilai konstanta integral (B) tidak bisa dijadikan acuan karena interpretasi dan nilai parameter yang berbeda. Hasil ini berbeda dengan yang dilaporkan oleh Suparyanto *et al.*, (2001) dan Subandriyo *et al.*, (2000), mungkin karena spesies yang berbeda.

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 berupa koefisien determinasi. Hasil koefisien determinasi disajikan pada Tabel 8.

Perbandingan yang dilakukan menggunakan beragam umur terakhir penimbangan, karena koefisien determinasi sangat dipengaruhi oleh data terakhir penimbangan. Berdasarkan parameter tingkat keakuratan dari model secara keseluruhan menunjukkan tidak ada perbedaan koefisien determinasi. Hasil

Tabel 7. Nilai parameter kurva pertumbuhan

Tingkat kelahiran	Nilai parameter kurva pertumbuhan		
	A + SE (kg)	k + SE(%/hari)	B atau M + SE(unit)
Logistic			
1	315,6+4,9271	0,1695 +0,0052	3,0913 +0,0551
2	290,5+3,5358	0,1930 +0,0065	3,1198 +0,0874
3	329,6 +6,6818	0,1619 +0,0078	3,0219 +0,1011
4	301,7+5,7108	0,1696 +0,0092	2,8135 +0,1190
5	338,1 +11,1454	0,1419 +0,0097	2,8403 +0,1081
Gompertz			
1	330,3 +5,2946	0,1386 +0,0043	2,2682+0,0348
2	297,2+4,6645	0,1643 +0,0072	2,2981+0,0757
3	340,7 +7,9218	0,1346 +0,0074	2,2175+0,0740
4	309,0+6,3201	0,1427 +0,0084	2,0643 +0,0845
5	353,0 +13,1414	0,115 +0,0088	2,0822 +0,0747
Von Bertalanffy			
1	354,6+7,0683	0,1064 +0,0038	0,5572 +0,0059
2	307,9 +6,8395	0,1332 +0,0076	0,5626 +0,0166
3	357,7 +10,2839	0,1071 +0,0067	0,5484 +0,0067
4	318,7 +10,2839	0,1178 +0,0072	0,5220 +0,0156
5	374,6 +16,2892	0,0910 +0,0076	0,5247 +0,0129

Keterangan : A = Bobot dewasa; k = Rataan laju pertumbuhan menuju bobot dewasa; B atau M = Parameter penentu titik infleksi (M khusus untuk model Logistik); SE = *Standard error*

Tabel 8. Nilai koefisien determinasi (R²) pada setiap model

Tingkat kelahiran	Logistic	Gompertz	Von Bertalanffy
1	0,9997	0,9997	0,9997
2	0,9994	0,9993	0,9990
3	0,9989	0,9989	0,9989
4	0,9984	0,9986	0,9988
5	0,9981	0,9984	0,9986

tersebut berbeda dengan hasil yang diperoleh Suparyanto *et al.*,(2001) yang menyimpulkan bahwa model von Bertalanffy mempunyai koefisien determinasi terbesar berdasarkan data populasi pada domba sumatera dan persilangannya. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Mazzini *et al.*,(2003) yang membandingkan antara model Brody, Logistic, Gompertz, Richadrs, dan von Bertalanffy pada sapi jantan jenis *Hereford*.

Hasil-hasil yang diperoleh mengindikasikan bahwa model kurva pertumbuhan mempunyai tingkat keakuratan yang berbeda, tergantung dari lingkungan dan umur atau lamanya

pencatatan, semakin tinggi tingkat kelahiran ternyata bobot dewasa (A), umur pubertas, dan bobot pubertas semakin besar.

SIMPULAN

Model Logistic merupakan model yang mendekati dengan kondisi lapang.Semakin tinggi tingkat kelahiran semakin berat bobot lahir dan bobot dewasa.Ketiga model matematik non linier yang dipakai dalam penelitian ini mempunyai tingkat akurasi yang tinggi.

SARAN

Untuk mendapatkan model yang lebih akurat diperlukan lebih banyak data tentang identifikasi untuk masing-masing individu ternak sapi perah dari lahir sampai produksi, secara lengkap baik penambahan bobot badan, kesehatan, kebutuhan pakan, catatan reproduksi dan produksi susu. Pencatatan ini sebaiknya dilakukan dari tingkat peternak sapi perah usaha kecil, menengah, industri maupun untuk pembibitan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya disampaikan kepada Nur Andi Setiabudi SSi, atas dukungan dan bantuannya selama pengolahan data. Terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada Ir Abdullah F Alim, atas bantuan pembuatan program simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Angraeni A, Kurniawan N, Sumantri C. 2008. Pertumbuhan pedet betina dan dara sapi Friesian-Holstein di Wilayah Kerja bagian Barat KPSBU Lembang. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Pp. 122-131.
- Arango JA, Van Vleck LD. 2002. Size of beef cows: early ideas new development. *Genet Mol Res* 1(1): 51-63
- Blasco A, Piles M, Varona L. 2003. A Bayesian analysis of the effect of selection for growth rate on growth curves in rabbits. *Genet Sel Evol* 35: 21-41
- Brody S. 1974. *Bioenergetics and Growth* : With Special Reference to the Efficiency Complex in Domestic Animals. New York. Hafner Press. A Division of Macmillan Publishing Co, Inc. Pp 489-493, 498, 502.
- Brown JE, Fitzhugh Jr HA, Cartwright TC. 1976. A Comparison of nonlinear models for describing weight-age relationship in cattle. *J Anim Sci* 42:810-818.
- Budimulyati LS, Noor RR, Saefuddin A, Talib C. 2012. Comparison on accuracy of Logistic, Gompertz, and Von Bertalanffy models in predicting growth of new born calf until first mating of Holstein Friesian heifers. *JITAA* 37(3) :151-160.
- Carrijo SM, Duarte FAM. 1999. Description and comparison of growth parameters in Chianina and Nellore cattle breeds. *Gen Mol Biol* 22: 187-196.
- DeNise RSK, Brinks JS. 1985. Genetic and environmental aspects of the growth curve parameters in beef cows. *J Anim Sci* 61: 1431-1440.
- DeTorre L, Candotti G, Reverter A, Bellido MM, Vasco P, Garcia J, Brinks JS. 1992. Effects of growth curve parameters on cow efficiency. *J Anim Sci* 70: 2668-2672.
- Duan-Yai S, Young BA, Lisle A, Coutts JA, Gaughan JB. 1999. Growth data of broiler chickens fitted to Gompertz function. *Asian-Aust. J Anim Sci* 12 (8): 1177-1180
- Fitzhugh Jr HA. 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J Anim Sci* 42(4): 1036-1051
- Foley R, Bath DL, Dickinson FN, Tucker HA. 1973. *Dairy Cattle Principles, Practices, Problems Profits*. Philadelphia. Lea & Febrieger. Pp: 316-319.
- Hafez ESE. 1963. Symposium on Growth: Physio-genetics of prenatal and postnatal growth. *J Anim Sci* 22: 779-791.
- Inounu I, Mauluddin D, Noor RR, Subandriyo. 2007. Analisis kurva pertumbuhan domba garut dan persilangannya. *JITV* 12(4): 286-299
- Ismail Z, Khamis A, Jaafar MY. 2003. Fitting nonlinear Gompertz curve to tobacco growth data. *Pak J Agron* 2(4): 233-236.
- Kratochvilova M, Hyankova L, Knizetova H, Fiedler J and Urban F. 2002. Growth curve analysis in cattle from early maturity and mature body size viewpoint. *Czech J Anim Sci* 47 (4): 125-132
- Lawrence TLJ, Fowler VR, 2002. *Growth of Farm Animals*. 2nd Ed., CABI Publishing, Oxon, UK. Pp: 193-196.

- Lawrie RA. 2003. *Ilmu Daging*. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia. Hal 14-17.
- Mazzini ARA, Muniz JA, Aquino LHD, Silva FFE. 2003. Growth curve analysis for Hereford cattle males. *Cienc. Agrotec. Lav J.A. Ras.* 27: 1105-1112.
- Mignon-Grasteau S, Piles M, Varona L, de Rochambeau H, Poivey JP, Blasco A, Beaumont C. 2000. Genetic analysis of growth curve parameters for male and female chickens resulting from selection on shape of growth curve. *J Anim Sci* 78: 2515-2524.
- Muhammad Firdaus, Gazali Salim, Ermawaty Maradi, Ira Maya Abdiani, Syahran. 2013. Analisa pertumbuhan dan struktur umur ikan nomei (*Harpadon nehereus*) di perairan Juata kota Tarakan. *JAkuatika* 4(2):159-173
- Myers RH. 1990. *Classical and modern regression with application*. 2nd Edition. Boston: PWS-KENT Publishing Company
- Nedler JA. 1961. The fitting of generalization of logistic curve. *Biometrics* 17:89-100.
- Oliveira HN, Lôbo R B, Pereira CS. 1994. Relationship among growth curve parameters, weights and reproductive traits in Guzerá beef cows. Proc. 5th World CongGenet Appl Livest Prod. Guelph, Canada. Pp 19-23
- Place NT, Heinrichs AJ, Erb HN. 1998. The effects of disease, management, and nutrition on average daily gain of dairy heifer from birth to four months. *JDairy Sci* 81: 1004-1009.
- Ptak E, Bieniek J, Jagusiak W. 1994. Comparison of growth curves of purebred and crossbred rabbits, in: *Proceeding of the 5th World Congress of Genetic Applied to Livestock Production*, Guelph, Canada, 7-12 August 1994, 19: 201-204
- Tazkia R, Anggraeni A. 2009. Pola dan estimasi kurva pertumbuhan sapi Friesian-Holstein di Wilayah Kerja bagian Timur KPSBU Lembang. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. Pp. 121-135
- SAS (Statistical Analysis System). 2004. SAS 9.1 SQL Procedure User's Guide SAS Institute Inc. Technical Support Division, SAS Campus Drive, Cary, NC 27513
- Sengul T, Kiraz S. 2005. Non linear models for growth curve in large white turkeys. *Turk J Vet Anim Sci* 29: 331-337
- Sejrsen K, Purup S. 1997. Influence of prepubertal feeding level on milk yield potential of dairy heifers: A Review. *J Dairy Sci* 75: 828-835.
- Soeparno. 1994. *Ilmu dan Teknologi Daging*. Cetakan kedua. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Subandriyo B, Setiadi, Handiwirawan E, Suparyanto A. 2000. Performa domba komposit hasil persilangan antara domba lokal sumatera dengan domba rambut pada kondisi dikandangkan. *JITV* 5(2): 73-78.
- Sudono A, Rosdiana RF, Setiawan BS. 2003. *Beternak Sapi Perah Secara Intensif*. Jakarta. Agromedia Pustaka.
- Suparyanto A. 1999. Analisis kurva pertumbuhan von Bertalanffy, Logistic dan Gompertz pada domba St. Croix (H), Sumatera (S), St. Croix x Sumatera (HS), Barbados Blackbelly x Sumatera (BC) dan Komposit (K). *Tesis*. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Suparyanto A, Subandriyo, Wiradarya TR, Martojo H. 2001. Analisis pertumbuhan non linier domba lokal sumatera dan persilangannya. *JITV* 6(4): 259-264.
- Verra RR. 1991. Growth and conception in continuously underfed Brahman heifers. *Anim Prod* 53:45-50.
- Zwietering MH, Jongenburger I, Rombouts FM, van't Riet K. 1990. Modeling of the Bacterial Growth Curve. *Applied and Environmental Microbiology* 56(6): 1875-1881