

**PREDIKSI BERAT TUBUH SAPI PERAH FRIESIAN-HOLSTEIN
MENGUNAKAN MODEL VON BERTALANFFY**

Niken Larasati

Jurusan Matematika, Universitas Jenderal Soedirman
niken.larasati@unsoed.ac.id,

Tri Puji Sulistyoningrum

Jurusan Matematika, Universitas Jenderal Soedirman

Mutia Nur Estri

Jurusan Matematika, Universitas Jenderal Soedirman

Idha Sihwaningrum

Jurusan Matematika, Universitas Jenderal Soedirman

Rina Reorita

Jurusan Matematika, Universitas Jenderal Soedirman

ABSTRACT. *In this paper, we predict the weight of Friesian-Holstein dairy cows by using Von Bertalanffy model. The metabolism rate in the model includes the anabolism and catabolism rate. The prediction is important to determine the age of the first cows mating since an improper age of the first mating will result in the low production of milk and a non ideal weight of the cow calves. The result of the simulation shows that the constant of anabolism is 0.3854, and the constant of catabolism is 0.0438. By using these constants, it is found that the result of the prediction has an average absolute error of 4,9708% (6,5358 kg). Furthermore, it is found that the cows can be mated when their weight is between 273,9152 kg and 303,2340 kg, that is when their age is between 59 and 66 weeks (or between 14 and 16 months).*

Keywords: *Von Bertalanffy's model, Friesian-Holstein dairy cow, anabolism and catabolism, age of mating, weight.*

ABSTRAK. Pada makalah ini dibahas mengenai prediksi berat tubuh sapi perah Friesian-Holstein menggunakan model Von Bertalanffy. Laju metabolisme pada model terdiri dari anabolisme dan katabolisme. Prediksi berat tubuh sapi perah ini penting karena dapat digunakan untuk menentukan usia kawin pertama kali sapi perah FH. Usia kawin pertama yang tidak tepat dapat menyebabkan produksi susu yang rendah dan tidak tercapainya berat tubuh pedet yang ideal. Dari hasil simulasi diperoleh konstanta anabolisme sebesar 0,3854 dan konstanta katabolisme sebesar 0,0438. Dengan konstanta tersebut, diperoleh rata-rata kesalahan absolut sebesar 4,9708% (6,5358 kg). Selanjutnya, diperoleh hasil bahwa sapi dapat dikawinkan pada saat memiliki berat tubuh 273,9152 kg sampai 303,2340 kg dengan umur 59-66 minggu (14-16 bulan).

Kata Kunci: Model Von Bertalanffy, sapi perah Friesian-Holstein, anabolisme dan katabolisme, usia kawin, berat tubuh.

1. PENDAHULUAN

Sapi perah peranakan Friesian-Holstein (FH) merupakan sapi perah penghasil susu yang banyak dipelihara di Indonesia karena jenis sapi tersebut dapat memproduksi susu dalam volume yang besar dan mengandung kadar lemak yang rendah. Untuk menghasilkan susu sapi yang optimal, diperlukan nutrisi pakan yang baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Nutrisi pakan tersebut dapat berfungsi sebagai penyedia energi yang diperoleh melalui proses metabolisme. Proses metabolisme adalah semua reaksi kimia di dalam tubuh yang terdiri dari proses anabolisme dan katabolisme (Guyton dan Hall, 1997: 1133). Karena energi dihasilkan melalui proses metabolisme dalam tubuh, maka perubahan berat tubuh hewan terhadap waktu dapat dipengaruhi oleh laju metabolisme. Menurut France dan Thornley (2007: 152), hal tersebut dapat dimodelkan secara matematika menggunakan model Von Bertalanffy. Model Von Bertalanffy telah banyak digunakan untuk memprediksi perubahan berat tubuh hewan seperti yang dapat dilihat pada (James, 1991; Hossein-Zadeh dan Golshani, 2016; Pagalay, dkk., 2016), dan model pertumbuhan tumor (Kuhleitner, dkk., 2019). Prediksi berat tubuh sapi perah FH menggunakan model Von Bertalanffy ini penting dilakukan karena hasil prediksi dapat digunakan untuk menentukan usia kawin pertama kali sapi perah FH. Usia kawin pertama yang tidak tepat dapat menyebabkan produksi susu yang rendah dan tidak tercapainya berat tubuh pedet yang ideal.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Model Von Bertalanffy

Berdasarkan asumsi bahwa makanan yang diberikan kepada hewan ternak tidak terbatas dan pertumbuhan tubuh hewan bersifat *irreversible*, maka laju perubahan berat tubuh terhadap waktu yang mengikuti model dua kompartemen tertutup adalah

$$\frac{dW}{dt} = h(W)$$

dengan W menyatakan berat tubuh dan t menyatakan waktu. Laju perubahan berat tubuh hewan dipengaruhi oleh banyak faktor yang salah satunya adalah proses metabolisme di dalam tubuh. Dari proses metabolisme tersebut akan dihasilkan energi. Laju metabolisme pada hewan mamalia yang berdarah panas dapat menghasilkan kalori sekitar 1000 kkal/m^2 luas permukaan tubuh setiap harinya (Bertalanffy, 1957), yang dikenal dengan istilah *surface rule*. Proses metabolisme terdiri dari proses anabolisme dan proses katabolisme.

Menurut Campbell, dkk. (2004: 12), laju metabolisme dalam tubuh hewan dapat diketahui dengan menghitung jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh hewan pada saat proses respirasi. Pada proses respirasi tersebut oksigen akan masuk ke dalam tubuh yang kemudian digunakan untuk membantu proses oksidasi untuk membentuk energi dalam tubuh. Proses oksidasi merupakan salah satu proses anabolisme. Selanjutnya, proses anabolisme pada tiap jenis hewan berbeda-beda sesuai dengan proses respirasi pada hewan tersebut. Pada hewan mamalia proses respirasinya sesuai dengan *surface rule* dan laju perubahan berat tubuh yang dipengaruhi oleh anabolisme diberikan oleh

$$\frac{dW}{dt} = \mu W^{2/3}.$$

dengan μ merupakan konstanta anabolisme. Selanjutnya, proses katabolisme adalah proses penguraian energi. Laju perubahan berat tubuh yang dipengaruhi proses anabolisme dan katabolisme adalah

$$\frac{dW}{dt} = \mu W^{2/3} - \lambda W, \quad (1)$$

dengan $0 < \lambda < \mu$. Persamaan (1) merupakan model Von Bertalanffy untuk hewan mamalia. Dengan menggunakan metode peubah terpisah, penyelesaian model Von Bertalanffy pada persamaan (1) diberikan oleh

$$W = \left((\mu/\lambda) - \left((\mu/\lambda) - W_0^{(1/3)} \right) e^{-(\lambda/3)t} \right)^3. \quad (2)$$

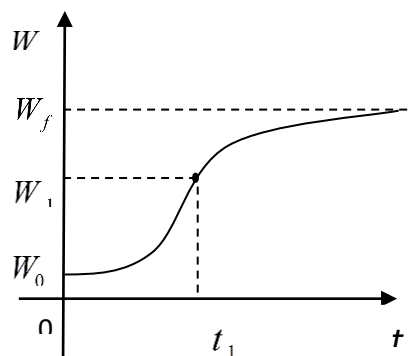
Perilaku penyelesaian model pada persamaan (2) untuk jangka waktu yang lama ditentukan oleh

$$W_f = (\mu/\lambda)^3. \quad (3)$$

Hal ini berarti bahwa untuk jangka waktu yang lama bobot hewan ternak akan mendekati batas maksimumnya, yaitu $W_f = (\mu/\lambda)^3$. Namun, laju pertumbuhan akan mulai menurun setelah mencapai titik infleksi, yaitu

$$\left(\frac{3}{\lambda} \ln \left(\frac{\left(\frac{\mu}{\lambda}\right) - W_0^{(1/3)}}{\left(\frac{\mu}{3\lambda}\right)} \right), \frac{8\mu^3}{27\lambda^3} \right).$$

Selanjutnya, misalkan W_0 merupakan berat tubuh pada saat $t=0$, maka grafik penyelesaian model Von Bertalanffy dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik penyelesaian model Von Bertalanffy.

2.2 Prediksi Berat Tubuh Sapi

Berat tubuh sapi FH akan diprediksi menggunakan data yang diperoleh dari BBPTUHPT Baturraden. Rata-rata berat tubuh sapi perah FH diberikan pada Tabel 1. Menurut Bertalanffy (1957), konstanta anabolisme dan katabolisme pada model pertumbuhan diperoleh berdasarkan siklus protein *turnover*. Protein *turnover* memberikan hubungan antara sintesis protein (anabolisme) dan pemecahan atau degradasi protein (katabolisme). Lobley, dkk. (1980) menyebutkan bahwa pada sapi dengan berat 628 kg, protein *turnover* yang terjadi dalam tubuh sapi tersebut sebesar 3,7 g/kg berat tubuh/hari = 3,7 g × 628/628 kg = 2,3236 kg/628 kg berat tubuh/hari. Sintesis protein (anabolisme) = 2 kg/hari = 2 kg/628 kg berat tubuh/hari. Degradasi protein (katabolisme) = 2,3236 – 2 = 0,3236 kg/628 kg berat tubuh/hari. Jadi, persentase anabolisme yang terjadi pada sapi dengan berat tubuh 628 kg adalah sebesar 0,32% berat tubuh dan persentase katabolisme sebesar 0,05% berat tubuh. Selanjutnya, persentase anabolisme

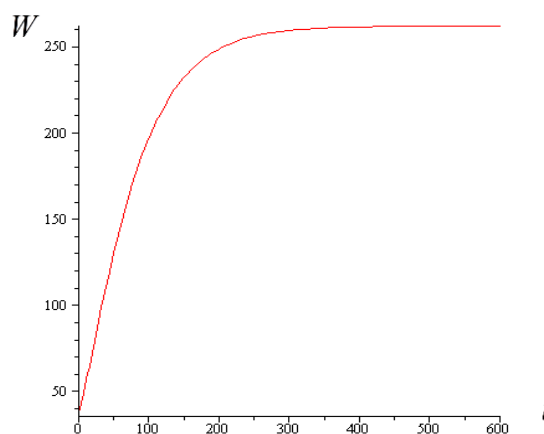
dijadikan sebagai konstanta anabolisme, yaitu $\mu = 0,32$ dan persentase katabolisme dijadikan sebagai konstanta katabolisme, yaitu $\lambda = 0,05$.

Tabel 1. Data berat tubuh sapi perah FH

No.	Umur (t) (Minggu)	Berat Tubuh (W) (kg)	No.	Umur (t) (Minggu)	Berat Tubuh (W) (kg)
1	0	37,43	29	28	152,09
2	1	-	30	29	170
3	2	-	31	30	171,33
4	3	-	32	31	147
5	4	55,4	33	32	157,71
6	5	54,23	34	33	172,8
7	6	63,5	35	34	168,11
8	7	63,286	36	35	167,57
9	8	69	37	36	174,4
10	9	65	38	37	168
11	10	69	39	38	183,1
12	11	78,1	40	39	197,5
13	12	81	41	40	189,182
14	13	84,286	42	41	193,5
15	14	83,25	43	42	198,375
16	15	99,125	44	43	206,25
17	16	107,25	45	44	208,3
18	17	99,25	46	45	206,25
19	18	106	47	46	219,78
20	19	110	48	47	194,33
21	20	107,125	49	48	222,67
22	21	112,11	50	49	222,67
23	22	119,4	51	50	241,5
24	23	123,17	52	51	236,57
25	24	135,25	53	52	243,75
26	25	-	54	53	250,4
27	26	131,58	55	54	266,875
28	27	141,33	56	55	248,75

Selanjutnya, dengan mensubstitusikan nilai $\mu = 0,32$ dan $\lambda = 0,05$ serta berat awal $W_0 = 37,43$ ke persamaan (3), diperoleh prediksi berat tubuh sapi perah FH seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 2. Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan berat tubuh cukup kecil setelah sapi mencapai

77,6723 kg pada umur 21,5440 minggu dan untuk jangka waktu yang lama berat tubuh maksimum sapi perah FH hanya mencapai 262,1440 kg. Hasil prediksi berat tubuh sapi perah FH yang diperoleh pada Tabel 2 terlalu rendah bila dibandingkan dengan data berat tubuh sapi perah FH pada Tabel 1. Hal ini menunjukkan bahwa konstanta anabolisme dan katabolisme dari Lobley, dkk. (1980) tidak sesuai untuk memprediksi berat tubuh sapi perah FH di BBPTUHPT Baturraden. Hal tersebut antara lain dikarenakan iklim serta komposisi pakan yang berbeda antara Indonesia dengan di luar negeri yang menyebabkan siklus protein *turnover* berbeda. Oleh karena itu, perlu dilakukan simulasi untuk memperoleh konstanta anabolisme dan katabolisme yang sesuai untuk memprediksi berat tubuh sapi perah FH di BBPTUHPT Baturraden.



Gambar 2 Grafik pertumbuhan berat tubuh sapi dengan konstanta anabolisme 0,32 dan konstanta katabolisme 0,05.

Simulasi dilakukan dengan membandingkan konstanta-konstanta di persekitaran konstanta yang telah diketahui yaitu $\mu = 0,32$ dan $\lambda = 0,05$. Simulasi dibatasi sampai 1% dari persentase kesalahan absolut berat tubuh sapi perah FH pada umur 52 minggu. Dari hasil simulasi, diperoleh konstanta anabolisme $\mu = 0,3854$ dan katabolisme $\lambda = 0,0438$ dengan prediksi berat tubuh pada umur 52 minggu adalah 243,7188 kg dan persentase kesalahan absolutnya 0,0128%. Prediksi berat tubuh sapi per minggu dan persentase kesalahan absolutnya ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perbandingan antara berat tubuh sebenarnya dan hasil prediksi berat tubuh sapi perah pada minggu 1 sampai minggu 55.

Minggu	Berat Tubuh Sapi Perah FH (kg)	Prediksi Berat Tubuh Sapi Perah FH (kg)	Prediksi	
			Pertambahan Berat Tubuh Sapi Perah FH (kg)	Persentasi Kesalahan Absolut
1	-	40,1475	-	-
2	-	42,9505	2,8030	-
3	-	45,8377	2,8872	-
4	55,4	48,8068	2,9691	11,9010%
5	54,23	51,8557	3,0489	4,3781%
6	63,5	54,9821	3,0489	13,4139%
7	63,286	58,1838	3,1264	8,0622%
8	69	61,4583	3,2745	10,9300%
9	65	64,8033	3,3450	0,026%
10	69	68,2165	3,4132	1,1355%
11	78,1	71,6954	3,4789	8,2005%
12	81	75,2377	3,5423	7,1139%
13	84,286	78,8410	3,6033	6,4601%
14	83,25	82,5029	3,6618	0,8974%
15	99,125	86,2209	3,7180	13,0180%
16	107,25	89,9927	3,7718	16,0907%
17	99,25	93,8159	3,8232	5,4752%
18	106	97,6881	3,8722	7,8414%
19	110	101,6070	3,9189	7,6299%
20	107,125	105,5704	3,9633	1,4512%
21	112,11	109,5758	4,0054	2,2604%
22	119,4	113,6211	4,0453	4,8399%
23	123,17	117,7039	4,0828	4,4378%
24	135,25	121,8221	4,1182	9,9282%
25	-	125,9736	4,1514	-
26	131,58	130,1561	4,1825	1,0822%
27	141,33	134,3675	4,2115	4,99264%
28	152,09	138,6059	4,2384	8,88659%
29	170	142,8691	4,2632	15,9593%
30	171,33	147,1552	4,2861	14,1101%
31	147	151,4622	4,3070	3,0355%
32	157,71	155,7881	4,3260	1,2186%
33	172,8	160,1313	4,3431	7,3314%
34	168,11	164,4897	4,3584	2,1535%
35	167,57	168,8616	4,3719	0,7708%
36	174,4	173,2453	4,3837	0,6621%

37	168	177,6390	4,3937	5,7375%
38	183,1	182,0411	4,4021	0,5783%
39	197,5	186,4500	4,4089	5,5949%
40	189,182	190,8641	4,4141	0,8891%
41	193,5	195,2818	4,4177	0,9208%
42	198,375	199,7016	4,4199	0,6687%
43	206,25	204,1222	4,4206	1,0316%
44	208,3	208,5421	4,4198	0,1162%
45	206,25	212,9598	4,4178	3,2532%
46	219,78	217,3741	4,4143	1,0947%
47	194,33	221,7838	4,4096	14,1274%
48	222,67	226,1874	4,4037	1,5797%
49	222,67	230,5839	4,3965	3,5541%
50	241,5	234,9721	4,3882	2,7031%
51	236,57	239,3508	4,3787	1,1754%
52	243,75	243,7188	4,3681	0,0128%
53	250,4	248,0753	4,3565	0,9284%
54	266,875	252,4191	4,3438	5,4167%
55	248,75	256,7493	4,3302	3,2158%

Pada Tabel 2, diperoleh persentase kesalahan absolut minimum yaitu 0,0128% sehingga selisih antara data sebenarnya dengan hasil prediksi adalah 0,0312 kg; dan persentase kesalahan absolut maksimum adalah 16,0907%, yang berarti selisih antara data sebenarnya dengan prediksi adalah 17,2573 kg. Sementara itu, rata-rata persentase kesalahan absolut adalah 4,9708%, yaitu rata-rata selisih berat tubuh sebenarnya dengan hasil prediksi sebesar 6,5358 kg. Jadi, konstanta anabolisme $\mu = 0,3854$ dan konstanta katabolisme $\lambda = 0,0438$ dapat digunakan untuk memprediksi pertumbuhan berat tubuh sapi perah FH. Dengan demikian, model Von Bertalanffy yang sesuai untuk memprediksi pertumbuhan berat tubuh sapi perah FH di BBPTUHPT Baturraden adalah

$$\frac{dW}{dt} = 0,3854W^{2/3} - 0,0438W, \quad (4)$$

dengan penyelesaian model yaitu

$$W(t) = (8,7991 - 5,4540e^{-0,0146t})^3.$$

Dengan menggunakan persamaan (4), dapat diperoleh prediksi berat tubuh sapi perah FH minggu ke-57 sampai minggu ke-100, seperti yang ditampilkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Prediksi berat tubuh sapi perah FH minggu ke-57 sampai hari ke-104

Minggu	Prediksi Berat Tubuh Sapi Perah FH (kg)	Prediksi Pertambahan Berat Tubuh Sapi Perah FH (kg)
57	265,3650	4,3001
58	269,6487	4,2837
59	273,9152	4,2665
60	278,1636	4,2484
61	282,3933	4,2296
62	286,6033	4,2101
63	290,7931	4,1898
64	294,9619	4,1688
65	299,1091	4,1472
66	303,2340	4,1249
67	307,3360	4,1021
68	311,4147	4,0786
69	315,4693	4,0547
70	319,4995	4,0302
71	323,5047	4,0052
72	327,4845	3,9798
73	331,4384	3,9539
74	335,3660	3,9276
75	339,2669	3,9009
76	343,1408	3,8738
77	346,9872	3,8464
78	350,8059	3,8187
79	354,5966	3,7907
80	358,3589	3,7623
81	362,0927	3,7338
82	365,7976	3,7049
83	369,4735	3,6759
84	373,1201	3,6466
85	376,7373	3,6172
86	380,3248	3,5875
87	383,8825	3,5577
88	387,4103	3,5278
89	390,9081	3,4978
90	394,3757	3,4676
91	397,8130	3,4373
92	401,2201	3,4070
93	404,5967	3,3766
94	407,9428	3,3461
95	411,2584	3,3156
96	414,5436	3,2851
97	417,7981	3,2546
98	421,0222	3,2240
99	424,2157	3,1935
100	427,3786	3,1630

Dari Tabel 2 dan Tabel 3, dapat diketahui bahwa prediksi berat tubuh sapi perah FH terus meningkat namun pertambahan berat tubuhnya mengalami perubahan. Prediksi pertambahan berat tubuh sapi perah FH sebelum mencapai umur 43 minggu terus meningkat, sedangkan setelah melewati umur 43 minggu prediksi pertambahan berat tubuh menurun. Hal ini dikarenakan sapi perah FH telah memasuki masa pubertas. Masa pubertas biasanya ditandai dengan terjadinya birahi atau estrus. Menurut Tasripin, dkk. (2014) estrus pada sapi perah FH menyebabkan berkurangnya nafsu makan dan aktivitas hormonal yang berpotensi kurangnya asupan nutrisi ke dalam tubuh sapi sehingga menyebabkan pertambahan berat badannya menurun. Pada masa ini terjadi peralihan perubahan laju pertumbuhan yang awalnya percepatan menjadi perlambatan (Salman, dkk., 2015). Titik di saat terjadi perubahan dari percepatan menjadi perlambatan disebut titik infleksi. Dalam Gambar 1, titik infleksi dilambangkan dengan (t_1, W_1) dan merupakan titik maksimum pertumbuhan sapi perah FH (karena pertumbuhannya berubah dari percepatan menjadi perlambatan). Dari persamaan (4), diperoleh titik infleksi (42,5; 201,6972). Hal ini berarti laju pertumbuhan maksimum berat tubuh sapi perah FH terjadi pada umur 42,5 minggu dengan berat tubuh yaitu 201,6972 kg.

Selanjutnya, kawin pertama sapi perah FH dapat dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu umur dan berat tubuh sapi perah FH. Namun, faktor yang lebih ditekankan adalah berat tubuh sapi karena apabila kawin pertama dilakukan pada sapi perah yang memiliki berat tubuh terlalu kecil hal ini akan berakibat sapi melahirkan pedet dengan berat tubuh yang tidak ideal dan kemungkinan mengalami kesulitan saat melahirkan. Selain itu, produksi susu sapi yang dihasilkan rendah (Makin, 2011: 42). Menurut Sudono (1999), sapi perah dapat dikawinkan pada berat tubuh 275-300 kg dengan umur 15-18 bulan. Berdasarkan prediksi berat tubuh sapi perah FH pada Tabel 3, sapi perah dapat dikawinkan pada berat tubuh 273,9152 kg sampai 303,2340 kg dengan umur 59-66 minggu atau sekitar 14-16 bulan.

3. KESIMPULAN DAN SARAN

Prediksi berat tubuh sapi menggunakan model Von Bertalanffy yang disajikan pada makalah ini dapat dianggap sebagai prediksi yang valid karena rata-rata kesalahan mutlak antara data dengan hasil prediksi hanya sebesar 4,9708% (6,5358 kg).

DAFTAR PUSTAKA

- Bertalanffy, L.V., *Quantitative Laws in Metabolism and Growth*, Journal of The Quartely Review of Biology, **32**(3) (1957), 217-231.
- Campbell, N.A., Reece, J. B., Mitchell, B., *Biology*, 5th Edition, Diterjemahkan oleh Manalu, W., Erlangga, 2004.
- France, J., Thornley, J.H.M., *Mathematical Models in Agriculture*, 2nd Editio., CABI, 2007.
- Guyton, A. C., Hall, J.E., *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, Edisi Sembilan, EGC, 1997.
- Hosseini-Zadeh, N. G., Golshani, N., *Comparison of Non-linear Models to Describe Growth of Iranian Guuilan Sheep*, Rev. Colomb, Cience Pecu, **29** (2016) 199-209.
- James, I. R., *Estimation of Von Bertalanffy Growth Curve Parameters from Recapture Data*, Biometrics, **47** (1991), 1519-1530.
- Kuhleitner, M., Brunner, N., Nowak, W., Renner-Martin, K., Scheicher, K., *Best Fitting tumor Growth Models of The Von Bertalanffy-Putter Type*, BMC Cancer 19, **683** (2019).
- Lobley, G.E., Reeds, P.J., Pennie, K., *Whole Body and Tissue Protein Synthesis in Cattle*, British Journal of Nutrition, **43**(3) (1980), 491-502.
- Makin, M., *Tata Laksana Peternakan Sapi Perah*, Graha Ilmu, 2011.
- Pagalay, U., Budiawan, Anisyah, *Analysis Von Bertalanffy Equation with Variation Coefficient*, Proceedings of ICMSTEA, Makasar, 2016, 332-338.

- Salman, L.B., Sumantri, C., Noor, R.R., Saefuddin, A., Talib, C., *Kurva Pertumbuhan Sapi Friesian Holsten dari Lahir Sampai Siap Kawin Berdasarkan Tingkat Kelahiran*, Jurnal Veteriner, **16**(1) (2015), 96-106.
- Sudono, A., *Ilmu Produksi Ternak Perah*. Institut Pertanian Bogor, Bogor, 1999.
- Tasripin, D.S., Anang, A., Indrijani, H., *Performans Pertumbuhan dan Bobot Sapi perah Betina Fries Holland Umur 0-18 Bulan*, Universitas Padjajaran, 2014