

PENERAPAN *RECURSIVE LINEAR MODEL* (RLM) DALAM PENDUGAAN BERAT BADAN AYAM BROILER DAN AYAM LOKAL

Rahman¹, Teguh Wahyono², Cecep Hidayat³, Rantan Krisnan³, Sjenny S Malalantang⁴

¹Fakultas Peternakan Universitas Halu Oleo, 93232

²Badan Tenaga Nuklir Nasional

³Balai Penelitian Ternak Bogor

⁴Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi

E.mail: rahman.unhalu@yahoo.com

ABSTRAK

Penggunaan model matematis bermanfaat untuk meningkatkan ketepatan tujuan pemberian nutrisi dalam ransum sebagai usaha meningkatkan produksi ternak. *Recursive linear model* (RLM) merupakan salah satu model matematis yang sederhana dan cukup akurat diaplikasikan dalam studi pertumbuhan ayam. Tujuan makalah ini adalah untuk memberikan gambaran penerapan model RLM dalam pendugaan berat badan ayam broiler dan ayam lokal di Indonesia. Hal tersebut untuk mendukung penggunaan pendekatan nutrisi kuantitatif dalam merepresentasikan hasil riset dunia perunggasan nasional. Data yang digunakan dalam makalah ini adalah data sekunder yang berasal dari dua sumber data (skripsi) yang merepresentasikan topik penelitian komoditas ayam broiler dan ayam lokal. Data yang terdapat dalam skripsi tersebut diseleksi dan diuji menggunakan model RLM dengan rumus $W_k = 1_k + 2_k \cdot CF_k$. Nilai notasi 1_k pada ayam broiler berkisar antara 0,0629 - 0,0822 kg. Nilai notasi 2_k sebesar 0,707 - 0,759 kg/kg. Nilai notasi 1_k untuk ayam lokal jantan dan betina sebesar -0,114 dan -0,124 kg. Nilai notasi 2_k ayam lokal sebesar 1,95 (jantan) dan 2,08 (betina) kg/kg. Nilai *mean relative prediction error* (MRPE) atau tingkat kesesuaian model pada ayam broiler berkisar antara 2,47-4,30%. Nilai MRPE ayam lokal berkisar 25,80-29,39%. Kesimpulan makalah ini adalah bahwa RLM sangat cocok diaplikasikan pada riset unggas berbasis ayam broiler. Penerapan RLM belum sesuai diterapkan dalam riset berbasis ayam lokal. Dalam penerapan RLM juga perlu mempertimbangkan faktor tujuan perlakuan pakan dan horison periode prediksi. Akan tetapi, berbagai penelitian pendugaan pertumbuhan ayam lokal menggunakan model matematis lain (disertai dengan uji empiris) perlu dilakukan untuk mendukung pernyataan diatas.

Kata kunci: ayam broiler, ayam lokal, model matematis pertumbuhan, and *recursive linear model*

ABSTRACT

The use of mathematical models is useful to improve the accuracy of nutritional ration as an effort to increase livestock production. Recursive linear model (RLM) is one of the simplest and accurate mathematical models applied in the study of chicken growth. The purpose of this paper is to provide an overview of the application of RLM model in estimating the weight of broiler and local chicken in Indonesia. This is to support the use of quantitative nutrition approaches in representing the results of national poultry research. The data used in this paper is secondary data derived from two sources of data (thesis) which represent research topic of commodity of broiler and local chicken. The data is selected and tested by using the RLM model with the formula $W_k = 1_k + 2_k \cdot CF_k$. The value of 1_k in broiler ranged from 0,0629 - 0,0822 kg. Value 2_k of 0,707 - 0,759 kg/kg. The value of 1_k notation for male and female local chickens is -0.114 and -0.124 kg. The value of the local chicken 2_k notation is 1.95 (male) and 2.08 (female) kg / kg. The mean relative prediction error (MRPE) or the suitability of the model in broiler chickens ranged from 2.47 to 4.30%. Meanwhile, the value of local chicken MRPE ranged from 25.80 to 29.39%. The conclusion of this paper is that RLM is suitable to be applied to poultry-based chicken poultry research. Implementation of RLM is not suitable to be applied in local chicken-based research. In the application of RLM also need to consider factor of feed treatment purpose and horizon of prediction period. However, studies of local chicken growth estimation using other mathematical models (accompanied by empirical tests) should be done to support the statement above.

Keywords: broiler, local chicken, mathematical models, growth, and *recursive linear model*

PENDAHULUAN

Sub sektor perunggasan sebagai bagian dari industri peternakan merupakan industri yang dinamis dan selalu berkembang. Industri perunggasan di Indonesia selalu berkembang untuk meningkatkan daya saing di tingkat global. Diwyanto et al. (2005) menjelaskan bahwa kemajuan perunggasan global mengarah pada pencapaian tingkat efisiensi usaha yang optimal sehingga industri perunggasan nasional diharapkan mampu bersaing dengan industri unggas luar negeri. Dalam mendukung perkembangan industri perunggasan nasional, dibutuhkan keselarasan dengan dunia riset dan teknologi. Dunia riset peternakan saat ini selalu bersinergi dengan bidang keilmuan lain untuk memecahkan segala persoalan. Persoalan yang dimaksud dapat berupa peningkatan produktivitas maupun efisiensi produksi. Tangendjaja (2014) menjelaskan bahwa industri perunggasan adalah industri biologis yang proses produksinya harus dihitung secara cermat agar menghasilkan produksi dan efisiensi yang optimal.

Bidang keilmuan matematika dan statistika adalah disiplin ilmu yang sampai saat ini dibutuhkan untuk mendukung berbagai upaya peningkatan produksi dan efisiensi. Penggunaan model matematis dalam riset dan pengembangan peternakan telah banyak diaplikasikan dalam berbagai sektor komoditas ternak sampai saat ini. Dumas et al. (2008) melaporkan bahwa model matematika mulai digunakan pada tahun 1914 untuk menduga variabel lemak, susu dan kemampuan kerja ternak sebagai akibat dari perlakuan ransum tertentu. Model matematis bermanfaat dalam usaha meningkatkan efisiensi pakan dalam setiap fase produksi ternak. Penggunaan model matematis juga bermanfaat dalam meningkatkan akurasi tujuan pemberian nutrisi dalam ransum untuk meningkatkan produksi ternak (Tedeschi et al. 2005). Beberapa contoh penggunaan model matematis dalam dunia riset perunggasan diantaranya adalah: 1) penggunaan model

matematis untuk mempelajari kurva produksi telur pada pembibitan ayam broiler (Bindya et al. 2010); 2) studi model matematis pengaruh suhu lingkungan terhadap pertumbuhan ayam broiler dalam kandang teraklimatisasi (Carvalho et al. 2008) dan 3) pendugaan respon pertumbuhan ayam broiler berdasarkan feed intake (Aerts et al. 2003; Orheruata et al. 2006). Contoh terakhir adalah salah satu aplikasi sederhana model linier yang dapat diterapkan di industri peternakan nasional.

Recursive linear model (RLM) merupakan salah satu model matematis yang sederhana dan cukup akurat diaplikasikan dalam studi pertumbuhan ayam. RLM menerapkan model data berbasis linier yang menggambarkan fenomena non linier dari penambahan berat badan ayam (Orheruata et al. 2006). Model matematis pada umumnya belum banyak diaplikasikan dalam riset dan pengembangan ayam di Indonesia. Industri ayam broiler sebagai tulang punggung industri perunggasan nasional masih mengikuti pola *trend* global. Hal tersebut perlu diatasi dengan mengandalkan riset nasional dengan bantuan permodelan matematika untuk meningkatkan produksi dan efisiensi. Disisi lain, industri ayam broiler masih rentan terhadap berbagai gejolak sehingga membuka peluang pengembangan ayam lokal. Popularitas ayam lokal menjadi semakin meningkat dibandingkan unggas yang lain (Aedah et al. 2016). Tujuan makalah ini adalah untuk memberikan gambaran penerapan model RLM dalam pendugaan berat badan ayam broiler dan ayam lokal di Indonesia. Hal tersebut untuk mendukung penggunaan pendekatan nutrisi kuantitatif dalam merepresentasikan hasil riset dunia perunggasan nasional. Data-data yang digunakan adalah beberapa contoh data hasil penelitian yang dilakukan di Indonesia.

MATERI DAN METODE

Waktu pembuatan makalah

Makalah ini dibuat selama dua bulan (November – Desember 2017) di prodi Ilmu Nutrisi dan Pakan IPB dan bidang pertanian, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi BATAN.

Sumber data

Data yang diolah dalam makalah ini merupakan data sekunder yang berasal dari tugas akhir mahasiswa baik berupa skripsi maupun tesis. Kriteria pemilihan sumber data adalah: 1) berasal dari hasil penelitian yang sudah dilaporkan dalam bentuk skripsi atau tesis; 2) hasil penelitian tersebut mengandung hubungan dua variabel kata kunci yaitu “konsumsi pakan” dan “pertambahan berat badan” dan 3) dalam data sekunder, terdapat grafik atau tabel pertambahan berat badan secara periodik (mingguan atau bulanan). Pencarian jurnal skripsi atau tesis menggunakan laman repository.ipb.ac.id yang merupakan laman resmi penyimpanan hasil-hasil penelitian mahasiswa IPB.

Pengolahan data

Data sekunder yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Variabel pertambahan berat badan dan *feed intake* dikumpulkan dan dikalkulasi berdasarkan model linear *recursive* (RLM) (Aerts et al. 2003) menggunakan persamaan:

$$W_k = {}_1k + {}_2k \cdot CF_k$$

Dimana W_k adalah rerata berat badan (kg) kelompok perlakuan pada waktu pengukuran ke “k”; CF_k adalah hasil pengukuran *feed intake* (kg) pada waktu pengukuran ke “k”; ${}_1k$ (kg) dan ${}_2k$ (kg/kg) adalah model parameter variasi waktu pada waktu ke “k” (hari). Parameter ${}_2k$ adalah efisiensi pakan pada waktu pengukuran ke “k” (didefinisikan sebagai perubahan berat ayam per perubahan *feed intake*). Parameter ${}_1k$ adalah berat badan awal ayam umur sehari atau berat badan permulaan eksperimen. Dalam notasi

matriks, persamaan diatas dapat ditulis sebagai:

$$W_k = a_k + x_k$$

Dimana a_k adalah $[{}_1k + {}_2k]$; x_k adalah $[1.CF]^t$, superskrip t adalah urutan matriks. Parameter ${}_1k$ dan ${}_2k$ diestimasi berdasarkan data berat ayam dan konsumsi pakan kumulatif pada periode produksi tertentu menggunakan pendekatan linier kuadrat terkecil. Tingkat kesesuaian model dikuantifikasi berdasarkan *mean relative prediction error* (MRPE) yang digunakan oleh Oltjen & Owens (1987); Talpaz et al. (1991); Aerts et al. (2003) dan Orheruata et al. (2006) yang dirumuskan:

$$MRPE = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \sqrt{\left(\frac{w_k - \hat{w}_k}{w_k}\right)^2} \cdot 100$$

MRPE adalah persentase; N adalah banyaknya sampel; w_k adalah berat ayam sebenarnya pada waktu ke k (kg); \hat{w}_k adalah prediksi berat ayam pada waktu ke k (kg). Pengolahan data menggunakan perangkat Microsoft excel® 2013 dan SPSS 16.00. Perangkat software Data Thief® juga digunakan untuk melacak nominal data yang ditampilkan dalam bentuk grafik oleh sumber data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelusuran Sumber Data

Penelusuran sumber data yang dianggap sesuai telah dilakukan dan menghasilkan dua sumber data (skripsi) yang merepresentasikan topik penelitian yang menggunakan komoditas ayam broiler dan ayam lokal. Hasil penelusuran kemudian digunakan sebagai sumber data sekunder. Data sekunder yang digunakan dalam makalah ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sumber data yang digunakan untuk pendugaan berat badan menggunakan RLM

No	Sumber data	Author dan Tahun	Jenis ternak	Gambaran perlakuan	Data yang diambil
1	Performa ayam broiler yang mendapat ransum bersuplemen Cr organik dan dipelihara pada kepadatan kandang yang berbeda	Anggi Sufi Haerun Nisa (2008)	Ayam broiler	Pemberian suplemen Cr dan kepadatan kandang	Perlakuan tanpa suplemen Cr dengan perbedaan kepadatan kandang (10 ekor/m ² , 12 ekor/m ² dan 14 ekor/m ²)
2	Pertumbuhan hasil persilangan interse ayam SK kedu dan ayam kedu SK umur 1 sampai 12 minggu	Erwin Suseno (2017)	Ayam lokal (kedu, sentul, kampung)	Performa persilangan ayam SK kedu dan kedu SK	Performa persilangan interse generasi pertama dari ayam kedu x sentul x kampung

Dalam makalah ini, pembahasan dilakukan pada beberapa pilihan perlakuan. Untuk sumber data pertama, data yang dipilih adalah perlakuan tanpa suplementasi Cr pada tiga sumber kepadatan yaitu: 1) kepadatan 10 ekor per m² (K10Cr0); 2) kepadatan 12 ekor per m² (K12Cr0) dan 3) kepadatan 14 ekor per m² (K14Cr0). Masing-masing perlakuan menggunakan tiga ulangan. Untuk sumber data kedua, data yang dipilih adalah perbandingan antar jenis kelamin jantan dan betina pada generasi pertama ayam persilangan kedu x sentul x kampung. Sampel ayam lokal yang digunakan sebanyak 10 ekor per perlakuan dan 3 kali ulangan. Pengerucutan sumber data dilakukan untuk mempermudah membandingkan antar perlakuan yang diinginkan. Pada sumber data pertama dan kedua terdapat perbedaan periode pengukuran variable (berat badan dan

konsumsi pakan). Pada ayam broiler, koleksi peubah dilakukan selama lima minggu, adapun koleksi peubah komoditas ayam lokal dilakukan selama 12 minggu. Hal tersebut karena perbedaan waktu panen pada kedua jenis ayam.

Pendugaan berat badan ayam broiler menggunakan RLM

Hasil penelusuran notasi $_{1k}$ (kg) dan $_{2k}$ (kg/kg) dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai notasi $_{1k}$ untuk perlakuan K10Cr0, K12Cr0 dan K14Cr0 berturut turut sebesar 0,0821; 0,0822 dan 0,0629 kg. Nilai notasi $_{2k}$ berturut turut sebesar 0,724; 0,707 dan 0,759 kg/kg untuk masing-masing perlakuan. Nilai MRPE terbaik diperoleh pada perlakuan K10Cr0 yaitu sebesar 2,47%. Gambar perbandingan berat badan aktual dan hasil pendugaan (prediksi) dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3.

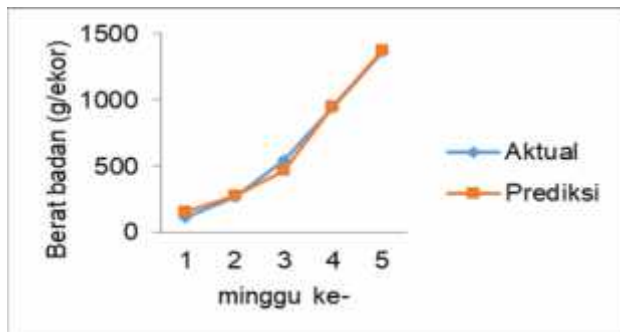
Tabel 2. Nilai notasi pendugaan berat badan ayam broiler pada masing-masing perlakuan.

No	Perlakuan	$_{1k}$ (kg)	$_{2k}$ (kg/kg)	MRPE (%)
1	K10Cr0	0,0821	0,724	2,47
2	K12Cr0	0,0822	0,707	4,03
3	K14Cr0	0,0629	0,759	3,07

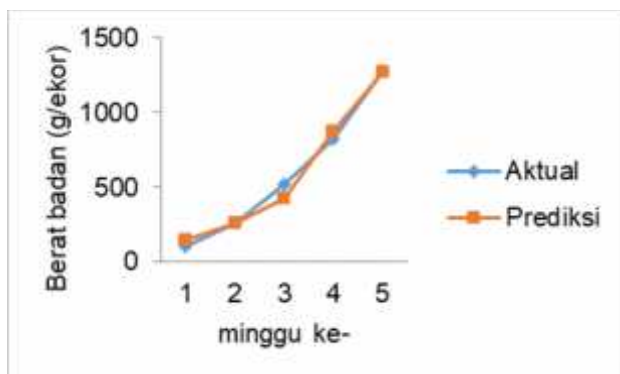
Keterangan:

kepadatan 10 ekor per m² (K10Cr0); kepadatan 12 ekor per m² (K12Cr0); kepadatan 14 ekor per m² (K14Cr0); berat badan awal ayam umur sehari atau berat badan permulaan eksperimen ($_{1k}$); efisiensi pakan pada waktu pengukuran ke “k” (didefinisikan sebagai perubahan berat ayam per perubahan *feed intake*) ($_{2k}$) dan *mean relative prediction error* (MRPE).

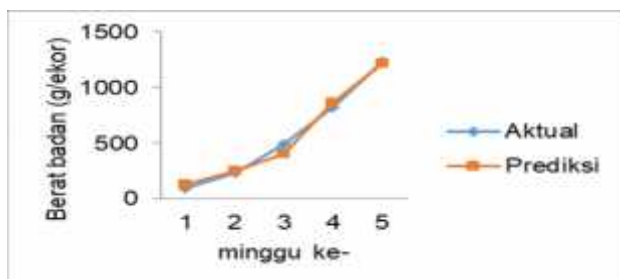
Estimasi berat badan awal ayam umur sehari atau berat badan permulaan eksperimen ($_{1k}$) berkisar antara 0,0629 – 0,0821 kg. Kisaran hasil pendugaan terlihat lebih tinggi dibandingkan standar berat badan DOC strain ross 308 yaitu 0,042 kg (Aviagen 2014).



Gambar 1. Berat badan aktual dan prediksi perlakuan K10Cr0 pada ayam broiler (MRPE: 2,47%).



Gambar 2. Berat badan aktual dan prediksi perlakuan K12Cr0 pada ayam broiler (MRPE: 4,03%).



Gambar 3. Berat badan aktual dan prediksi perlakuan K14Cr0 pada ayam broiler (MRPE: 3,07%).

Hal tersebut dapat disebabkan oleh bentuk data yang dianalisa dalam bentuk rataan (bukan ulangan sebenarnya). Hal tersebut akan mempengaruhi akurasi pendugaan. Efisiensi pakan pada waktu pengukuran ke "k" (didefinisikan sebagai perubahan berat ayam per perubahan feed intake) ($_{2k}$) berkisar antara 0,707 – 0,759. Prediksi efisiensi tertinggi justru dihasilkan pada perlakuan K14Cr0. Estimasi efisiensi pakan sesuai dengan penjelasan pada sumber data Nisa (2008). Dalam Nisa (2008) dijelaskan bahwa efisiensi pakan menurun pada

periode starter (0-3 minggu), namun terdapat fenomena peningkatan efisiensi pada perlakuan kepadatan pandang yang tinggi (K14Cr0) pada periode grower (4-5 minggu).

Nilai $_{1k}$ dan $_{1k}$ selanjutnya dikalkulasi berdasarkan persamaan RLM untuk menghitung nilai pendugaan berat badan ayam broiler berdasarkan data konsumsi ransum. Perbandingan antara hasil pendugaan menggunakan RLM dengan hasil pengukuran berat badan sebenarnya (aktual) dapat dilihat pada Gambar 1-3. Nilai MRPE atau tingkat kesesuaian model dalam makalah ini berkisar antara 2,47-4,30%. Nilai tingkat kesesuaian model yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dalam penelitian Orheruata et al. (2006) yaitu berkisar 4,90-8,05%. Dalam penelitian lain dilaporkan bahwa nilai MRPE berkisar antara 4,4-4,7% (Aerts et al. 2003) dan 0,1-4,7% (Talpez et al. 1991). Perbedaan nilai tersebut dapat disebabkan oleh faktor perbedaan perlakuan pakan, tujuan penelitian maupun sudut pandang dalam memprediksi nilai. Dalam penelitian Orheruata et al. (2006) bertujuan untuk mengamati pengaruh pergantian *brand* ransum terhadap pertumbuhan ayam sedangkan dalam makalah ini bertujuan untuk mengamati perubahan berat badan yang dipengaruhi oleh tingkat kepadatan kandang.

Pendugaan berat badan ayam lokal menggunakan RLM

Penggunaan rumus RLM lebih banyak diaplikasikan pada jenis ayam broiler yang memang dapat berproduksi secara singkat dan mendekati pola linier. Penggunaan RLM untuk menduga pertumbuhan ayam lokal selanjutnya akan diuji untuk mengetahui tingkat akurasi. Data pertumbuhan ayam lokal yang dipakai merupakan ayam lokal persilangan kedu x sentul x kampung yang merupakan bangsa ayam eksotis/asli Indonesia. Hasil penelusuran notasi $_{1k}$ (kg) dan $_{2k}$ (kg/kg) dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai notasi $_{1k}$ untuk ayam jantan dan betina sebesar -

0,114 dan -0,124 kg. Nilai notasi $_{2k}$ sebesar 1,95 (jantan) dan 2,08 (betina) kg/kg. Nilai MRPE pada ayam jantan dan betina berturut-turut sebesar 25,80 dan 29,39%. Gambar perbandingan berat badan aktual dan hasil pendugaan (prediksi) ayam lokal dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

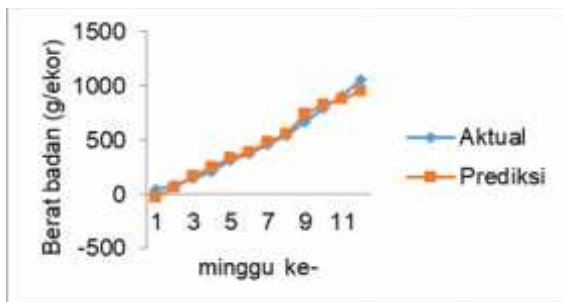
Hasil perhitungan penerapan RLM terhadap pertumbuhan ayam lokal terlihat jauh berbeda dibandingkan ayam broiler. Nilai $_{1k}$ terlihat tidak merepresentasikan organisme biologis, dimana berat awal sampel perlakuan bernilai minus (-). Sebagai penegasan hal tersebut adalah nilai

MRPE yang sangat tinggi yaitu antara 25,80-29,39%. Tingkat kesesuaian model yang rendah ini juga didukung oleh ilustrasi perbandingan hasil pendugaan dengan perhitungan sebenarnya pada Gambar 4 dan 5. Pada kedua gambar tersebut terlihat bahwa nilai pendugaan berat badan ayam lokal pada minggu pertama bernilai minus (-). Dalam beberapa titik pengukuran juga terlihat keakuratan yang kurang baik. Pada pendugaan berat badan ayam lokal betina terlihat bahwa terdapat titik perbandingan yang jauh pada minggu ke 4 dan 12.

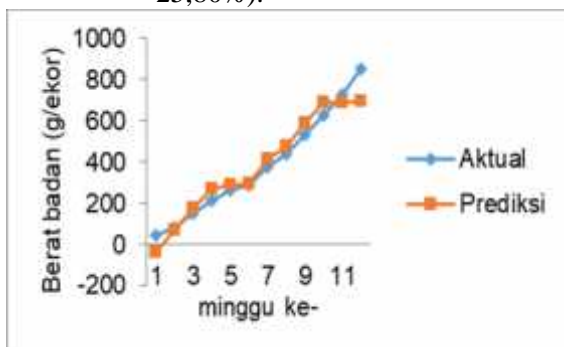
Tabel 3. Nilai notasi pendugaan berat badan ayam lokal pada masing-masing perlakuan.

No	Jenis kelamin	$_{1k}$ (kg)	$_{2k}$ (kg/kg)	MRPE (%)
1	Jantan	-0,114	1,95	25,80
2	betina	-0,124	2,08	29,39

Keterangan: berat badan awal ayam umur sehari atau berat badan permulaan eksperimen ($_{1k}$); efisiensi pakan pada waktu pengukuran ke “k” (didefinisikan sebagai perubahan berat ayam per perubahan *feed intake*) ($_{2k}$) dan *mean relative prediction error* (MRPE).



Gambar 4. Berat badan aktual dan prediksi ayam lokal jantan persilangan kedu x sentul x kampung (MRPE: 25,80%).



Gambar 5. Berat badan aktual dan prediksi ayam lokal betina persilangan kedu x sentul x kampung (MRPE: 29,39%).

Penerapan RLM dianggap belum sesuai jika diaplikasikan pada riset pendugaan pertumbuhan ayam lokal. Hal tersebut diduga disebabkan oleh faktor: 1) ayam lokal memiliki grafik pertumbuhan yang lebih non-linier dibandingkan ayam broiler yang pertumbuhannya stabil. Hal tersebut dipengaruhi oleh variasi karakteristik genetik yang tinggi pada ayam lokal; 2) teknis pengukuran konsumsi pakan pada sumber data yang bervariasi. Hal tersebut terlihat pada nilai efisiensi pakan ayam lokal yang lebih tinggi dibandingkan ayam broiler. Dugaan tersebut didukung oleh pendapat Aerts et al. (2003) yang melaporkan bahwa RLM akurasi dipengaruhi oleh horizon prediksi yang panjang. Pada riset ayam lokal membutuhkan waktu sampai 12 minggu sedangkan ayam broiler hanya 5 minggu. Beberapa model matematis non linier yang dapat digunakan dalam menganalisis kurva pertumbuhan diantaranya: model *Logistic*, *Gompertz*, *Lopez*, *Richards* dan *Von Bertalanfi* (Masoudi & Azarfar, 2017). Al-Samarai (2015) menjelaskan bahwa karakteristik model matematis, baik linier maupun non linier tergantung pada kondisi lingkungan spesifik dan genetik ternak. Hruby et al.

(1996) melaporkan bahwa model matematis non linier *Gompertz* dan *Logistic* memiliki kelebihan dalam menjelaskan pola/bentuk fungsi pertumbuhan ayam yang lebih logis dibandingkan model linier.

KESIMPULAN

Penerapan *Recursive Linear Model* (RLM) sangat cocok diaplikasikan pada riset unggas berbasis ayam broiler. Hal tersebut karena sifat pertumbuhan ayam broiler yang sudah mendekati grafik linier. Penerapan RLM belum sesuai diterapkan dalam riset berbasis ayam lokal. Dalam penerapan RLM juga perlu mempertimbangkan faktor tujuan perlakuan pakan dan horison periode prediksi. Akan tetapi, berbagai penelitian pendugaan pertumbuhan ayam lokal menggunakan model matematis lain (disertai dengan uji empiris) perlu dilakukan untuk mendukung pernyataan diatas.

DAFTAR PUSTAKA

- A Masoudi, A Azarfar. 2017. Comparison of nonlinear models describing growth curves of broiler chickens fed on different levels of corn bran. *International J Av Wildlife Biol.* 2(1): 1-7.
- Aedah S, MHB Djoefrie, G Suprayitno. 2016. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya saing industri unggas ayam kampung (studi kasus PT Dwi dan Rachmat Farm, Bogor). *Manajemen IKM.* 11(2): 173-182.
- Aerts JM, M Lippens, G De Groote, J Buyse, E Decuyper, E Vranken, D. Berckmans. 2003. Recursive prediction of broiler growth response to feed intake using a time-variant parameter estimation method. *Poult Sci.* 82:40-49.
- Al-Samarai FR. 2015. Growth curve of commercial broiler as predicted by different nonlinear functions. *American J App Sci Res.* 1(2): 6-9.
- Aviagen. 2014. Broiler Ross 308 Performance Objectives. An Aviagen Brand.
- Bindya LA, HNN Murthy, MR Jayashankar, MG Govindaiah. 2010. Mathematical models for egg production in an Indian colored broiler dam line. *International J Poult Sci.* 9(9): 916-919.
- Carvalho VF, T Yanagi Jr, H Xin, RS Gates, F Damasceno. 2008. Mathematical model for thermal environment and broiler chickens performance prediction in acclimatized housings. *Agricultural and biosystems engineering conference proceedings and presentations.* 31 August – 4 September, Iguassu Falls, Brazil.
- Diwyanto K, A Priyanti, I Inouu. 2005. Prospek dan arah pengembangan komoditas peternakan: unggas, sapi, kambing-domba. *Wartazoa.* 15 (1): 11-25.
- Dumas A, J Dijkstra, J France. 2008. Mathematical modelling in animal nutrition: a centenary review. *J Agr Sci.* 146: 123-142.
- Hruby M, ML Hamre, CN Coon. 1996. Non-linear and linear function in body protein growth. *J Appl Poult Res.* 5: 109-115.
- Nisa ASH. 2008. Performa Ayam Broiler yang Mendapat Ransum Bersuplemen Cr Organik dan Dipelihara Pada Kepadatan Kandang yang Berbeda. *Skripsi S1.* Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.
- Oltjen JW, FN Owens. 1987. Beef cattle feed intake and growth: Empirical Bayes derivation of the Kalman filter applied to a nonlinear dynamic model. *J Anim Sci.* 65: 1362-1370.

- Orheruata AM, SE Vaikosen, G Alufohia, GO Okagbare. 2006. Modeling growth response of broiler chicken to feed consumption using linear data based model structure. *International J Poult Sci.* 5(5): 453-456.
- Suseno E. 2017. Pertumbuhan Hasil Persilangan Interse (G1) Ayam SKKedu dan Ayam KeduSK umur 1 Sampai 12 Minggu. Skripsi S1. Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.
- Talpaz H, PJH Sharpe, HI Wu, I Plavnik, S Hurwitz. 1991. Modeling of the dynamics of accelerated growth following feed restriction in chicks. *Agric Syst.* 36: 125-135.
- Tangendjaja B. 2014. Usaha meningkatkan daya saing perunggasan Indonesia. Memperkuat Daya Saing Produk Pertanian. IAARD press, Jakarta, Indonesia.
- Tedeschi LO, DG Fox, RD Sainz, LG Barioni, SR de Medeiros, C Boin. 2005. Mathematical models in ruminant nutrition. *Sci Agric (Piracicaba Braz).* 62(1): 76-91.