

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

Terakreditasi LIPI

Sertifikat Nomor: 644/AU3/P2MI-LIPI/07/2015

# WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia  
*Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*

Volume 25

Nomor 3

September 2015



**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PETERNAKAN  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN  
KEMENTERIAN PERTANIAN**

# WARTAZOA

**Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia**

**Volume 25 Nomor 3 Tahun 2015**

**ISSN 0216-6461**

**e-ISSN 2354-6832**

**Terakreditasi LIPI**

Sertifikat Nomor 644/AU3/P2MI-LIPI/07/2015  
(SK Kepala LIPI No. 818/E/2015)

**Diterbitkan oleh:**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan  
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
bekerjasama dengan  
Ikatan Sarjana Peternakan Indonesia

**Penanggung Jawab:**

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan

**Dewan Penyunting:**

**Ketua:**

Dr. Elizabeth Wina, MSc. (Peneliti Utama – Balai Penelitian Ternak – Pakan dan Nutrisi Ternak)

**Wakil Ketua:**

Drh. Rini Damayanti, MSc. (Peneliti Madya – Balai Besar Penelitian Veteriner – Patologi dan Toksikologi)

**Anggota:**

Prof. (Riset) Dr. Ir. Budi Haryanto, MSc. (Peneliti Utama – Balai Penelitian Ternak – Pakan dan Nutrisi Ternak)

Dr. Ir. Chalid Talib, MSc. (Peneliti Utama – Balai Penelitian Ternak – Pemuliaan dan Genetika Ternak)

Dr. Ir. Atien Priyanti SP, MSc. (Peneliti Utama – Puslitbangnak – Ekonomi Pertanian)

Drh. Indrawati Sendow, MSc. (Peneliti Utama – Balai Besar Penelitian Veteriner – Virologi)

Dr. Nurhayati (Peneliti Madya – Balai Penelitian Ternak – Budidaya Tanaman)

Ir. Tati Herawati, MAg. (Peneliti Madya – Balai Penelitian Ternak – Sistem Usaha Pertanian)

Dr. Wisri Puastuti, SPT., MSi. (Peneliti Madya – Balai Penelitian Ternak – Pakan dan Nutrisi Ternak)

Dr. Drh. Eny Martindah, MSc. (Peneliti Madya – Balai Besar Penelitian Veteriner – Parasitologi dan Epidemiologi)

Dr. Drh. NLP Indi Dharmayanti, MSi. (Peneliti Madya – Balai Besar Penelitian Veteriner – Virologi)

**Mitra Bestari:**

Prof. Dr. Ir. Tjeppy D Soedjana, MSc. (Puslitbangnak – Ekonomi Pertanian)

Prof. Dr. Edy Rianto, MSc. (Univ. Diponegoro – Ilmu Ternak Potong dan Kerja)

Prof. Dr. Gono Semiadi (LIPI – Pengelolaan Satwa Liar)

Dr. Agr. Asep Anang, MPhil. (Univ. Padjadjaran – Pemuliaan Ternak)

**Penyunting Pelaksana:**

Linda Yunia, SE

Pringgo Pandu Kusumo, AMd.

Irfan R Hidayat, SPT.

**Alamat:**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan

Jalan Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor 16128 – Indonesia

Telepon (0251) 8322185; Faksimile (0251) 8380588

E-mail: wartazoa@litbang.pertanian.go.id; wartazoa@yahoo.co.id

Website: <http://medpub.litbang.pertanian.go.id/index.php/wartazoa>

Wartazoa diterbitkan empat kali dalam setahun pada bulan Maret, Juni, September dan Desember



## KATA PENGANTAR

Penyebab utama rendahnya produktivitas sapi adalah keterbatasan pakan yang dapat diatasi salah satunya dengan integrasi budidaya sapi potong di perkebunan kelapa sawit. Pakan sumber serat hasil ikutan tanaman mengandung protein kasar rendah dan serat kasar tinggi. Sinkronisasi nutrisi melalui suplementasi dapat dioptimalkan dengan penggunaan bahan pakan secara tepat agar berpengaruh positif pada sintesis protein mikroba ternak ruminansia.

Jawawut (*Setaria italica*) Papua merupakan tanaman biji-bijian yang sudah lama digunakan sebagai sumber karbohidrat. Evaluasi nilai nutrisi dan antinutrisi menunjukkan bahwa jawawut Papua sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pakan pengganti jagung pada unggas. Faktor pakan sangat berpengaruh terhadap pembentukan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging, sehingga pengaturan pakan dapat dilakukan dalam upaya menekan jumlah deposit lemak abdomen.

*Newcastle disease* (ND) termasuk satu dari empat besar penyakit infeksius yang menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan dalam industri perunggasan. Respon kekebalan non-spesifik dan spesifik tidak dapat dipisahkan karena saling melengkapi dalam melawan invasi virus ND.

Dewan penyunting menyampaikan terima kasih kepada para penulis, mitra bestari dan semua yang terlibat dalam publikasi ini.

Bogor, September 2015

Ketua Dewan Penyunting

# WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 25 Nomor 3 (September 2015)

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

## DAFTAR ISI

Halaman

|                                                                                                                                                                                                                                                                               |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Sinkronisasi Suplai Protein dan Energi dalam Rumen untuk Meningkatkan Efisiensi Pakan Berkualitas Rendah (Synchronization of Protein and Energy Supply in the Rumen to Improve Low Quality Feed Efficiency)<br>Yenny Nur Anggraeny, H Soetanto, Kusmartono dan Hartutik ..... | 107-116 |
| Pemanfaatan Jawawut ( <i>Setaria italica</i> ) Asal Papua sebagai Bahan Pakan Pengganti Jagung (Utilization of Foxtail Millet ( <i>Setaria italica</i> ) from Papua as an Alternative Feedstuff to Substitute Corn)<br>Siska Tirajoh .....                                    | 117-124 |
| Penurunan Deposit Lemak Abdominal pada Ayam Pedaging melalui Manajemen Pakan (Reducing Abdominal Fat Deposition in Broiler Through Feeding Management)<br>Cecep Hidayat .....                                                                                                 | 125-134 |
| Peran Sistem Kekebalan Non-spesifik dan Spesifik pada Unggas terhadap <i>Newcastle Disease</i> (The Role of Non-specific and Specific Immune Systems in Poultry against Newcastle Disease)<br>Dyah Ayu Hewajuli dan NLPI Dharmayanti .....                                    | 135-146 |
| Model Pengembangan Sapi Bali dalam Usaha Integrasi di Perkebunan Kelapa Sawit (Integrated Bali Cattle Development Model Under Oil Palm Plantation)<br>Rasali Hakim Matondang dan C Talib .....                                                                                | 147-157 |

## Sinkronisasi Suplai Protein dan Energi dalam Rumen untuk Meningkatkan Efisiensi Pakan Berkualitas Rendah

Yenny Nur Anggraeny<sup>1</sup>, H Soetanto<sup>2</sup>, Kusmartono<sup>2</sup> dan Hartutik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Loka Penelitian Sapi Potong, Jl. Pahlawan No. 2, Grati, Pasuruan 67184  
yennysahim@gmail.com

<sup>2</sup>Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Ketawanggede, Lowokwaru, Malang 65145

(Diterima 5 Februari 2015 – Direvisi 18 Agustus 2015 – Disetujui 31 Agustus 2015)

### ABSTRAK

Limbah pertanian dapat digunakan sebagai sumber pakan berserat meskipun mempunyai keterbatasan karena mengandung protein kasar dan bahan organik terlarut yang rendah, serta serat kasar yang tinggi. Sinkronisasi nutrisi melalui suplementasi dapat menghasilkan pengaruh positif pada sintesis protein mikroba terutama pada ternak ruminansia yang diberi pakan berupa hijauan berkualitas rendah. Kontribusi protein yang berasal dari mikroba rumen penting bagi produksi ternak pada manajemen pakan berbasis limbah pertanian. Protein mikroba mampu menyediakan 70-100% total protein tersedia bagi ternak pada pakan berkualitas rendah dan mempunyai profil asam amino yang sangat ideal untuk memenuhi kebutuhan ternak ruminansia. Makalah ini menguraikan tentang penerapan sinkronisasi suplai protein dan energi ke dalam rumen yang sudah dilakukan oleh beberapa negara. Penerapan sinkronisasi suplai protein dan energi ke dalam rumen di Indonesia masih terbatas pada: (1) Pengaturan penggunaan bahan pakan melalui imbalan hijauan dan konsentrat; (2) Suplementasi bahan pakan sumber protein dan energi; dan (3) Pengaturan frekuensi pemberian pakan. Penerapan sinkronisasi melalui penggunaan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasi dan nilai indeksinya masih terbatas karena kurangnya ketersediaan data mengenai nilai degradasi protein dan energi bahan pakan yang digunakan di Indonesia. Oleh sebab itu, informasi nilai degradasi protein dan energi dari bahan-bahan pakan yang tersedia di Indonesia sangat diperlukan agar dapat mengoptimalkan penggunaan bahan pakan berkualitas rendah.

**Kata kunci:** Sinkronisasi nutrisi, protein mikroba, limbah pertanian, sumber serat

### ABSTRACT

#### Synchronization of Protein and Energy Supply in the Rumen to Improve Low Quality Feed Efficiency

Agricultural by-products which can be used as source of roughage, have some limitations as they contain low crude protein and low dissolved organic material and high crude fiber. Synchronization of nutrients through supplementation can provide a positive effect on microbial protein synthesis, especially on ruminants fed low quality forage. Contribution of protein from rumen microbes is essential for feed management based on agricultural by product. Microbial protein can supply 70-100% of the total protein available for ruminants fed low quality feed. Microbial protein has amino acid profile which is ideal to meet ruminant's requirement. This paper describes synchronization of protein and energy supply in the rumen that has been applied by several countries. Application of this synchronization in Indonesia is still limited on: (1) Arranging the use of feedstuffs through the ratio of forage and concentrate; (2) Supplementation of protein and energy sources; and 3) Feeding frequency regulation. The application of synchronization through the use of feed ingredients based on degradation level and its index value is still limited due to lack of data on protein and energy degradation of feed ingredients used in Indonesia. Therefore, the information on the degradation value of protein and energy of feed ingredients in Indonesia is necessary in order to optimize the use of low quality feed ingredients.

**Key words:** Nutrient synchronization, microbial protein, fiber source, agricultural by-product

### PENDAHULUAN

Hasil ikutan tanaman pangan memiliki potensi yang cukup besar sebagai pakan ternak ruminansia terutama pada daerah padat ternak, namun hasil ikutan tanaman pertanian dan perkebunan mempunyai keterbatasan yaitu, mengandung protein kasar dan bahan organik terlarut yang rendah serta serat kasar yang tinggi (Preston & Leng 1987), sehingga apabila digunakan tanpa perlakuan untuk meningkatkan

kecernaan serat tidak akan mampu mendukung produktivitas ternak ruminansia (Preston & Leng 1987; Utomo 2004). Pakan dengan kualitas energi dan protein yang rendah menghasilkan pertumbuhan sapi yang rendah. Pertambahan berat badan harian (PBBH) sapi PO lepas sapih adalah 0,34-0,37 kg/ekor/hari, sedangkan pada sapi Bali adalah 0,102-0,240 kg/ekor/hari (Anggraeny et al. 2010; Imran et al. 2012).

Dalam aspek nutrisi ruminansia, sinkronisasi nutrisi sering mengacu pada penyediaan protein dan

energi ke dalam rumen, sehingga nutrisi tersedia secara bersamaan sesuai proporsi yang dibutuhkan oleh mikroba rumen (Hall & Huntington 2008). Sinkronisasi melalui suplementasi bahan pakan sumber energi dan protein dapat menghasilkan pengaruh positif pada sintesis protein mikroba (Lardy et al. 2004; Elseed 2005), terutama pada ternak ruminansia yang diberi pakan berupa hijauan berkualitas rendah (Hersom 2008). Peningkatan efisiensi sintesis protein mikroba (ESPM) dianggap sebagai strategi yang paling tepat untuk memenuhi kebutuhan protein pada ternak secara tidak berlebihan. Makalah ini menguraikan tentang sinkronisasi pasok energi dan protein di dalam rumen dan pengaruhnya terhadap karakteristik fermentasi rumen dan produktivitas sapi potong serta strategi sinkronisasi dalam situasi peternakan di Indonesia yang banyak menggunakan pakan yang mengandung hasil ikutan tanaman pangan atau perkebunan.

#### **PERFORMANS SAPI POTONG YANG DIBERI PAKAN HASIL IKUTAN TANAMAN PANGAN**

Produktivitas ternak ruminansia ditentukan oleh kemampuannya untuk memanfaatkan karbohidrat struktural yang kurang dapat dicerna oleh ternak lain sebagai sumber energi dan kemampuannya mengubah sumber N bukan protein menjadi sumber protein bagi kebutuhan produksinya (Ginting 2005). Selain rumput lapangan dan hijauan pakan yang dibudidayakan, masih ada hijauan lain yang dapat digunakan sebagai sumber pakan yaitu limbah pertanian. Peningkatan produksi tanaman pangan melalui program intensifikasi berdampak pada peningkatan limbah pertanian (Martawidjaja 2003). Jerami padi, jerami jagung dan limbah ubi kayu merupakan limbah pertanian yang paling banyak dihasilkan karena tanaman tersebut mempunyai luas panen tertinggi (Utomo 2004; Umiyasih & Wina 2008).

Kecernaan yang rendah pada jerami padi menyebabkan kemampuan konsumsi bahan kering yang rendah yaitu hanya 2% dari bobot badan (Jackson 1977; Utomo et al. 1998). Utomo (2004) melaporkan bahwa penggunaan jerami padi sebagai pakan tunggal pada sapi Peranakan Onggole (PO) menyebabkan ternak tidak mengalami kenaikan berat badan. Selanjutnya, Pramudyati et al. (1983) melaporkan bahwa suplementasi 1 kg bungkil kedelai pada sapi PO dengan pakan jerami padi *ad libitum* mampu menghasilkan PBBH sebesar 397 g/ekor/hari.

Jerami jagung sebagai pakan alternatif pengganti rumput paling baik diberikan berturut-turut dalam bentuk segar, kering kemudian baru teramoniasi. Pemberian jerami jagung dalam bentuk kering dan teramoniasi berakibat menurunkan konsumsi ransum (Wardani & Musofie 1991). Kendala pada pemanfaatan jerami jagung kering adalah palatabilitas yang rendah

sehingga apabila diberikan sebagai pakan tunggal tidak akan mencukupi untuk kebutuhan hidup pokok. Jerami jagung kering yang diberikan sebagai pakan tunggal pada sapi Madura hanya mampu dikonsumsi sebesar 1,5% berat badan, hal ini disebabkan palatabilitas jerami jagung kering yang rendah serta sifatnya yang *voluminous* (Wardani & Musofie 1991). Konsumsi bahan kering yang rendah pada pakan jerami jagung secara tunggal menyebabkan konsumsi nutrisi lain juga rendah, sebagai akibatnya terjadi pertambahan berat badan negatif sebesar 288 g/ekor/hari sedangkan pemberian pakan jerami jagung kering dengan suplementasi daun gamal (*Gliricidia maculata*), daun trembesi (*Samanea saman*), daun lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan konsentrat menyebabkan peningkatan bobot hidup masing-masing adalah 40, 116, 156 dan 45 g/ekor/hari (Wardani & Musofie 1991).

#### **SINKRONISASI PROTEIN DAN ENERGI UNTUK MEMAKSIMALKAN PRODUKSI PROTEIN MIKROBA**

Proses perubahan nutrisi pakan menjadi protein mikroba di dalam rumen membutuhkan lingkungan dan kondisi rumen yang optimal, diantaranya adalah penyediaan nutrisi dalam jumlah, komposisi yang tepat dan pada waktu yang tepat. Selain nitrogen (N) dan energi, sintesis mikroba rumen membutuhkan nutrisi berupa vitamin, mineral dan kofaktor seperti zink, belerang, kobalt dan metionin (Ginting 2005). Nitrogen yang dibutuhkan untuk sintesis mikroba rumen adalah dalam bentuk  $\text{NH}_3$ , asam amino dan peptida (Preston & Leng 1987; Hall & Huntington 2008). Energi untuk sintesis mikroba rumen adalah dalam bentuk *adenosine triphosphate* (ATP). Energi dalam bentuk asam lemak terbang (*volatile fatty acids/VFA*) merupakan sumber energi bagi ruminansia. Hanya VFA berantai cabang yang menyediakan kerangka karbon bagi sintesis protein mikroba rumen. Asam lemak terbang berantai cabang (isobutirat, isovalerat, valerat dan 2 metilbutirat) berasal dari protein pakan dan protein bakteri melalui deaminasi dan dekarboksilasi oksidatif di dalam rumen dari asam amino valin, leusin dan isoleusin. Asam lemak terbang berantai cabang (*branched chain volatile fatty acids/BCVFA*) berperan sebagai penyedia kerangka karbon untuk sintesis protein mikroba rumen (Russell 2002). Beberapa bakteri selulolitik seperti *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Fibrobacter succinogenes* dan *Butyrivibrio fibrisolvens* membutuhkan asam lemak berantai cabang sebagai kerangka karbon untuk pertumbuhannya (Puastuti 2009; Zhang et al. 2013).

Asam lemak terbang dan  $\text{NH}_3$  merupakan hasil degradasi karbohidrat dan protein oleh mikroba rumen.

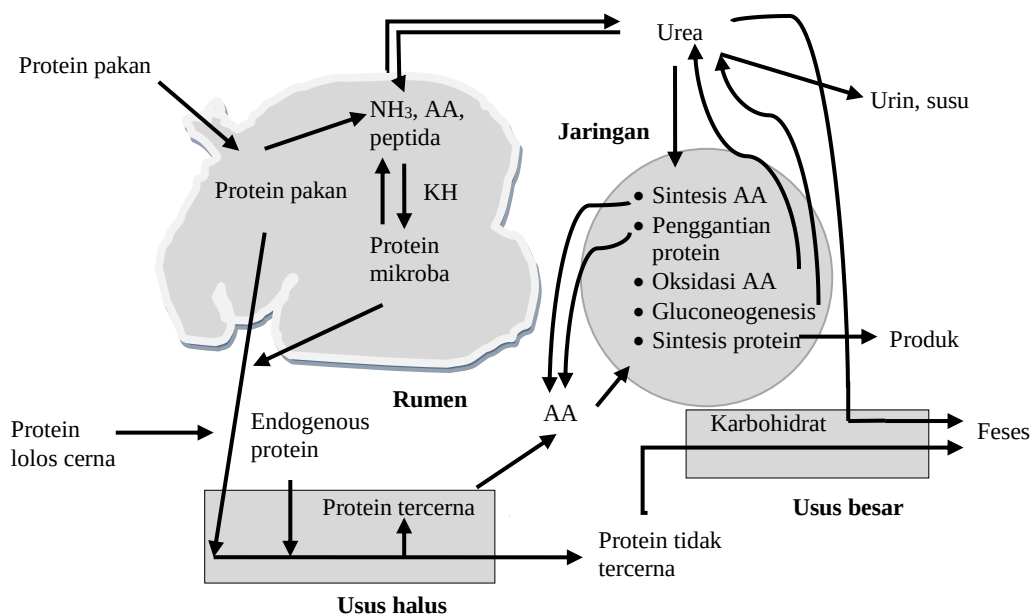
Kecepatan degradasi karbohidrat yang sesuai dengan kecepatan degradasi protein akan meningkatkan efisiensi sintesis protein mikroba (Widyobroto et al. 2007). Selanjutnya, Shabi et al. (1998) menyatakan suplai energi dalam rumen adalah faktor pembatas utama untuk memanfaatkan N-protein dalam sintesis protein mikroba di dalam rumen. Rentang nilai efisiensi sintesis protein mikroba rumen adalah 10-50 g N/kg bahan organik (BO) terfermentasi dalam rumen Stern et al. (2006). Metabolisme sumber N dan asam amino (AA) dari pakan, rumen dan sumber di luar rumen ditampilkan pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, sumber N untuk pertumbuhan mikroba rumen dapat berbentuk  $\text{NH}_3$ , asam amino dan peptida. Sumber N tersebut berasal dari: (1) Degradasi protein pakan; (2) Daur ulang sel mikroba rumen yang lisis; dan (3) *Ureogenesis* yang berasal dari rumen maupun luar rumen. Protein mikroba dan protein pakan yang lolos dari degradasi di dalam rumen dimetabolisme menjadi asam amino yang tersedia untuk induk semang dan selanjutnya digunakan untuk produksi ternak.

Terdapat hubungan sebab akibat pada proses penyediaan nutrien yang diperlukan pada pertumbuhan mikroba. Nutrien prekursor utama untuk pertumbuhan mikroba berupa  $\text{NH}_3$  dan ATP yang dihasilkan pada proses degradasi pakan yang dilakukan oleh mikroba rumen. Mikroba rumen membutuhkan suplai nutrien secara stabil untuk mendukung pertumbuhannya. Sinkronisasi nutrien pada ternak ruminansia telah diungkapkan di awal yaitu penyediaan *rumen*

*degradable protein* (RDP) dan energi dalam bentuk *readily available carbohydrate* (RAC) ke dalam rumen secara bersamaan sesuai proporsi yang dibutuhkan oleh mikroba rumen (Hall & Huntington 2008). Sinkronisasi nutrisi untuk memenuhi kebutuhan nutrisi mikroba rumen sangat penting dilakukan karena ketersediaan RDP dan RAC yang tidak seimbang dalam satu waktu dapat menyebabkan efisiensi sintesis protein mikroba rendah. Ketidakseimbangan RDP dan RAC juga menyebabkan peningkatan polusi lingkungan karena terjadinya peningkatan nitrogen, fosfor, gas metana dan nitrogen oksida yang diekskresikan oleh ternak ke lingkungan (Cabrita et al. 2006; Stern et al. 2006; Seo et al. 2010). Menurut NRC (1985) kebutuhan RDP ternak ruminansia adalah 60,5% dari protein kasar (PK), sedangkan kebutuhan RAC ternak ruminansia menurut Ginting (2005) adalah 10-15% dari total bahan kering.

Upaya merancang dan menyusun formula pakan yang seimbang dan ekonomis harus bermanfaat secara maksimal untuk fermentasi di dalam rumen dan sekaligus meminimalkan hilangnya nutrisi akibat fermentasi tersebut. Fermentasi di dalam rumen menyebabkan terjadinya degradasi pada bahan pakan. Rusell et al. (1992) menyatakan bahwa laju degradasi karbohidrat dan protein pakan di dalam rumen dapat memberikan pengaruh yang besar terhadap produk akhir fermentasi dan performans ternak. Menurut Stern et al. (2006) sinkronisasi suplai nutrisi untuk mikroba sangat penting; apabila sinkronisasi suplai nutrisi tidak



Produk: Susu, daging dan pertumbuhan jaringan; KH: Karbohidrat; AA: Asam amino

**Gambar 1.** Metabolisme sumber N dan asam amino dari pakan, rumen dan sumber di luar rumen

**Sumber:** Hall & Huntington (2008)

terjadi maka terdapat beberapa kemungkinan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Apabila suplai N baik yang berasal dari NPN maupun dari degradasi protein pakan lebih cepat dibandingkan dengan sumber energi (karbohidrat), maka amonia hasil degradasi protein akan diabsorpsi dari rumen dan dibawa ke hati dan selanjutnya akan diekskresikan melalui urin.
2. Apabila substansi energi yang berasal dari degradasi karbohidrat lebih cepat dibandingkan dengan degradasi protein maka efisiensi sintesis protein mikroba akan menurun.

### **METODE SINKRONISASI SUPLAI ENERGI DAN PROTEIN DI DALAM PAKAN**

Penggunaan jenis bahan pakan, penggunaan bahan pakan tambahan sumber energi dan protein pada aplikasi suplementasi, aplikasi nilai indeks dan penerapan jumlah pemberian dan pola pakan merupakan aplikasi sinkronisasi suplai energi dan N di dalam rumen (Yang et al. 2010). Penggunaan jenis bahan pakan dapat dilakukan dengan cara mengatur rasio hijauan dan konsentrat atau melalui pemilihan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasinya. Metode sinkronisasi suplai energi dan N di dalam rumen melalui pemilihan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasinya telah dilakukan oleh Rotger et al. (2006) dan Seo et al. (2013).

Pada ternak ruminansia dengan pemberian pakan berupa hijauan berkualitas rendah, maka penerapan sinkronisasi melalui penggunaan bahan pakan tambahan berupa sumber energi dan protein mampu memberikan pengaruh terhadap peningkatan sintesis protein mikroba (Lardy et al. 2004; Elseed 2005; Hersom 2008). Pakan tambahan berupa pakan sumber energi dan protein mampu memperbaiki degradasi pakan di dalam rumen melalui mekanisme pengaturan keseimbangan tingkat degradasi karbohidrat dan protein pada pakan hijauan (Van Soest 1994). Pemberian pakan tambahan mampu meningkatkan kuantitas mikroba rumen dan produksi VFA (Mould et al. 1983). Strategi pemberian pakan tambahan dilakukan melalui pengaturan waktu pemberian pakan tambahan, pemilihan nutrisi yang tepat serta pengaturan rasio energi dan protein yang tepat (Hersom 2008). Pengaruh positif nampak nyata pada pemberian pakan tambahan pada hijauan berkualitas rendah dibandingkan pada pakan hijauan berkualitas tinggi (Hersom 2008).

Sinclair et al. (1993) dan Tamminga et al. (1994) mengembangkan nilai indeks yang menunjukkan keserasian tingkat degradasi protein dan energi. Sinclair et al. (1993) telah mengembangkan nilai indeks sinkronisasi sedangkan Tamminga et al. (1994) mengembangkan nilai keseimbangan protein yang

dapat didegradasi (OEB *in the Dutch system*). Sinclair et al. (1993) mendeskripsikan sebagai rasio degradabilitas (per jam) antara N dengan BO di dalam rumen. Indeks sinkronisasi dihitung berdasarkan rasio jumlah N (g) yang didegradasi per jam dengan jumlah BO (kg). Indeks sebesar 1,0 menunjukkan tingkat keharmonisan yang sempurna. Tamminga et al. (1994) menggambarkan nilai OEB sebagai keseimbangan antara sintesis protein mikroba yang secara potensial dihasilkan dari degradasi protein kasar dan energi secara anaerobik di dalam rumen. Peluang ketidakefisienan pemanfaatan N di dalam rumen terjadi apabila nilai OEB >0, hal ini menyebabkan N dikeluarkan dari rumen untuk didaur ulang. Indikasi terjadinya kekurangan N untuk aktivitas mikroba di dalam rumen bila N <0 (Valckeners et al. 2004).

### **RESPON SINKRONISASI ENERGI DAN PROTEIN TERHADAP PERFORMANS TERNAK**

Nilai indeks sinkronisasi dipengaruhi oleh banyak faktor, terutama yang berhubungan dengan penentuan nilai degradabilitas seperti faktor ternak dan kantong nilon (Madsen & Hvelplund 1994; Huhtanen 2005). Yang et al. (2010) telah merangkum beberapa hasil penelitian tentang pengaruh sinkronisasi protein dan energi pada pakan terhadap sintesis protein mikroba, produk akhir fermentasi dan penampilan produksi ternak (Tabel 1). Menurut Yang et al. (2010) keberhasilan sinkronisasi protein dan energi terhadap sintesis protein mikroba dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu karakteristik pakan, metode penentuan parameter degradasi pakan dan pemenuhan kebutuhan nutrisi khusus pada mikroba selain protein dan energi misalnya asam amino, mineral dan vitamin.

Hersom (2008) menyatakan bahwa akibat kandungan N terlarut lebih tinggi dibandingkan dengan energi terlarut menyebabkan sinkronisasi degradasi protein dan energi pada ternak dengan pakan basal hijauan berkualitas tinggi tidak akan memberikan respon positif. Sinclair et al. (1993) menyatakan faktor-faktor yang mempengaruhi degradasi bahan pakan akan mempengaruhi sintesis protein mikroba. Penyusunan formula pakan menggunakan sistem indeks sinkronisasi menurut Sinclair et al. (1993) membutuhkan informasi data karakteristik fraksi protein dan karbohidrat. Informasi data karakteristik fraksi protein dan karbohidrat masih sangat terbatas pada bahan pakan asal limbah pertanian yang digunakan pada pemeliharaan sapi potong. Tahap awal untuk penyusunan formula pakan menggunakan sistem indeks sinkronisasi adalah dengan melakukan inventarisasi informasi data karakteristik fraksi protein dan karbohidrat meliputi informasi fraksi bahan pakan yang cepat terlarut, fraksi bahan pakan yang potensial didegradasi dalam rumen dan laju degradasi. Salah satu

**Tabel 1.** Ringkasan hasil penelitian tentang pengaruh berbagai metode sinkronisasi energi dan protein terhadap sintesis protein mikroba, retensi N, karakteristik fermentasi dan produksi ternak

| Metode sinkronisasi                                              | Hasil penelitian                                                                                                                                                                                                                                     | Sumber                     |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| <b>Respon positif</b>                                            |                                                                                                                                                                                                                                                      |                            |
| Indeks sinkronisasi                                              | Pakan yang berindeks sinkronisasi tinggi (0,93) meningkatkan ESPM, kandungan N mikroba, menstabilkan konsentrasi VFA dan populasi mikroba                                                                                                            | Sinclair et al. (1993)     |
| Pengaturan frekuensi pemberian konsentrat                        | Sinkronisasi energi dan protein mampu menurunkan konsentrasi NH <sub>3</sub> di dalam rumen. (18,4 vs 16,3 mg/dl)                                                                                                                                    | Kolver et al. (1998)       |
| Penggunaan indeks sinkronisasi dan pembatasan konsumsi pakan     | Pakan dengan indeks sinkronisasi tinggi menghasilkan produk mikroba tertinggi namun tidak mempengaruhi retensi N                                                                                                                                     | Witt et al. (1999)         |
| Suplementasi pakan sumber protein dan pengaturan frekuensi pakan | Mampu meningkatkan produksi protein mikroba dan retensi N pada pakan mengandung jerami padi amoniasi, meningkatkan pencernaan bahan organik sejati dan konsentrasi VFA di dalam rumen                                                                | Elseed (2005)              |
| Pengaturan penggunaan jenis pakan yang berbeda                   | Pakan dengan sinkronisasi tinggi menyebabkan pencernaan bahan organik (65,2 vs 61,9% dan 68,4 vs 63,6%) dan konsentrasi VFA di dalam rumen lebih tinggi (118,3 dan 109,9 mM)                                                                         | Rotger et al. (2006)       |
| Indeks sinkronisasi tinggi                                       | Pakan yang berindeks sinkronisasi tinggi (0,83) meningkatkan ESPM sebesar 22,63 vs 38,51 g/hari, menurunkan ekskresi N urin (92,49 vs 84,79 g/hari) dan meningkatkan konsentrasi VFA total (51,10 vs 81,07 mM)                                       | Seo et al. (2010)          |
| Indeks sinkronisasi tinggi                                       | Pakan yang berindeks sinkronisasi tinggi meningkatkan ESPM                                                                                                                                                                                           | Anggraeny et al. (2014)    |
| <b>Respon negatif</b>                                            |                                                                                                                                                                                                                                                      |                            |
| Penggunaan indeks sinkronisasi                                   | Sinkronisasi pakan tidak mempengaruhi produksi dan lemak susu serta konsentrasi VFA di dalam rumen                                                                                                                                                   | Witt et al. (2000)         |
| Penggunaan indeks sinkronisasi dan perubahan pola pakan          | Perlakuan indeks sinkronisasi tidak menyebabkan perbedaan pada deposisi N, penambahan berat badan (PBB), konversi pakan dan penurunan efisiensi penggunaan pakan namun pakan yang tidak sinkron menyebabkan efisiensi penggunaan energi pakan rendah | Richardson et al. (2003)   |
| Penggunaan sistem indeks evaluasi protein                        | Aliran protein mikroba ke <i>duodenum</i> dan retensi N tidak dipengaruhi oleh keseimbangan suplai pasok energi dan protein yang tidak seimbang                                                                                                      | Valkeners et al. (2004)    |
| Pengaturan frekuensi dan pola pakan                              | pH, NH <sub>3</sub> dan VFA total tidak dipengaruhi oleh indeks sinkronisasi                                                                                                                                                                         | Kaswari et al. (2007)      |
| Pengaturan komposisi bahan dan perbedaan waktu penelitian        | Suplai N mikroba lebih tinggi pada pakan dengan sinkronisasi rendah dibandingkan pada pakan dengan sinkronisasi tinggi serta tidak berpengaruh terhadap konsumsi BK pakan dan PBB                                                                    | Ichinohe & Fujihara (2008) |
| Indeks sinkronisasi                                              | Indeks sinkronisasi tidak mempengaruhi pencernaan bahan kering, protein kasar, <i>neutral detergent fiber</i> (NDF) dan <i>acid detergent fiber</i> (ADF)                                                                                            | Seo et al. (2010)          |
| Indeks sinkronisasi                                              | ESPM lebih dipengaruhi oleh ketersediaan energi dan protein pakan dibandingkan dengan indeks sinkronisasi                                                                                                                                            | Seo et al. (2013)          |

ESPM: Efisiensi sintesis protein mikroba

metode untuk mendapatkan informasi fraksi bahan pakan yang cepat terlarut, fraksi bahan pakan yang potensial didegradasi dalam rumen dan laju degradasi adalah melalui teknik *in-situ* atau *in-sacco*. Preparasi sampel, karakteristik kantong nilon, prosedur inkubasi, pencucian kantong nilon, pengeringan sampel, ternak, pakan ternak dan faktor koreksi hilangnya partikel pakan yang lolos dari pori-pori kantong nilon sebelum didegradasi merupakan faktor yang mempengaruhi nilai degradasi bahan pakan (Kaswari et al. 2007).

Sejumlah 70-100% dari total protein yang dibutuhkan oleh ternak ruminansia berasal dari protein mikroba rumen (AFCR 1992), bahkan NRC (2000) memperkirakan bahwa protein mikroba rumen dapat memasok hampir 100% kebutuhan ternak dengan tingkat produksi (susu atau laju pertambahan bobot hidup) menengah. Dengan perkataan lain, peningkatan produksi protein mikroba rumen akan berpengaruh positif terhadap tingkat produksi ternak. Hal tersebut disebabkan lebih banyak protein mikroba yang diserap

lewat usus halus dan tersedia bagi sintesis produk (susu dan atau daging). Pasokan protein metabolis asal protein mikroba rumen ditentukan oleh nilai efisiensi sintesis protein mikroba (ESPM) yang dinyatakan dalam gram protein mikroba per kilogram bahan organik terfermentasi di dalam rumen (BOTR). Nilai ESPM juga dinyatakan dalam gram kandungan nitrogen (N) mikroba per kilogram BOTR. Umumnya, nilai ESPM pakan berkisar antara 130-170 g protein mikroba/kg BOTR atau setara 20-27,2 g N/kg BOTR (Bolam et al. 1998). Nilai ESPM tersebut umumnya diperoleh dari penelitian yang menggunakan hijauan daerah *temperate* sehingga tidak mewakili hijauan tropis. Mullik (2006) menyatakan bahwa ESPM hijauan tropis berada jauh di bawah nilai minimum yaitu 100 g protein mikroba/kg BOTR atau setara dengan 16 g N/kg BOTR. Rendahnya nilai ESPM pada hijauan tropis dihubungkan dengan rendahnya kandungan nutrisi yang rendah (terutama protein dan energi), komposisi nutrisi yang tidak seimbang (Norton 1982), konsumsi pakan yang rendah (Minson 1982) serta lambannya laju alir digesta keluar rumen (Sutherland 1976).

Sinkronisasi pelepasan energi dan protein dalam rumen juga dikemukakan sebagai salah satu faktor yang turut mempengaruhi ESPM (Huber & Saldana 1994). Penggunaan rumput dalam jumlah yang banyak dalam pakan ternak ruminansia menyebabkan sintesis protein mikroba rendah. Hal tersebut disebabkan oleh rendahnya prekursor untuk sintesis protein mikroba berasal dari rumput lapang yang berkualitas rendah. Suplementasi konsentrat dalam jumlah tertentu sangat diperlukan untuk sintesis protein mikroba karena mampu menyediakan prekursor baik dalam bentuk  $\text{NH}_3$  maupun bahan organik mudah larut.

Kesesuaian degradasi karbohidrat dengan degradasi protein sangat mempengaruhi efisiensi sintesis protein mikroba (Sinclair et al. 1993; 1995). Kondisi yang ideal bagi terbentuknya protein mikroba adalah apabila sumber karbohidrat terfermentasi tersedia bersamaan dengan sumber protein. Karsli & Russell (2002) melaporkan bahwa sintesis protein mikroba sangat bergantung pada kecukupan energi dalam bentuk ATP hasil degradasi bahan organik serta kecukupan N hasil degradasi non-protein nitrogen (NPN) dan protein pakan dalam rumen. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap degradasi protein adalah tipe protein, interaksi dengan nutrisi lainnya (terutama dengan karbohidrat), pH rumen dan populasi mikroba (Bach et al. 2005).

### **PENERAPAN SINKRONISASI SUPLAI PROTEIN DAN ENERGI UNTUK PENINGKATAN SINTESIS PROTEIN MIKROBA PADA PAKAN BERKUALITAS RENDAH**

Pada ternak ruminansia dengan pakan utama berupa hijauan berkualitas rendah, seperti di Indonesia pemenuhan kebutuhan asam amino utama berasal dari protein mikroba rumen. Pemenuhan kebutuhan asam amino dapat juga berasal dari protein pakan yang lolos dari degradasi mikroba di dalam rumen. Penggunaan bahan pakan sumber protein pada ternak ruminansia memerlukan strategi khusus terkait dengan keberadaan mikroba di dalam rumen. Degradasi protein pakan secara ekstensif di dalam rumen tanpa diimbangi oleh ketersediaan energi hasil degradasi karbohidrat pakan selain menyebabkan pemborosan dan polusi lingkungan juga dapat menyebabkan gangguan metabolik. Strategi sinkronisasi suplai protein dan energi di dalam rumen untuk meningkatkan produksi protein mikroba sangat diperlukan untuk meningkatkan produktivitas ternak ruminansia di Indonesia dengan pakan kualitas rendah.

Beberapa penerapan sinkronisasi suplai protein dan energi untuk peningkatan sintesis protein mikroba pada pakan berkualitas rendah di Indonesia dapat dilakukan melalui:

1. Pengaturan penggunaan bahan pakan. Menurut Yang et al. (2010) pengaturan imbalan hijauan dan konsentrat atau pengaturan penggunaan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasinya merupakan strategi sinkronisasi suplai protein dan energi melalui pengaturan bahan pakan. Pengaturan imbalan hijauan konsentrat telah lama diterapkan pada pemberian pakan ternak ruminansia di Indonesia mulai dari imbalan hijauan:konsentrat antara 60:40 hingga 30:70 (Mathius 2010; Soeharsono et al. 2010; Nurhayu et al. 2011; Sulistya et al. 2011). Menurut Nurhayu et al. (2011) dan Mathius (2010) penurunan penggunaan hijauan dapat meningkatkan produktivitas ternak. Pengaturan penggunaan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasinya untuk penerapan sinkronisasi diperlukan informasi tingkat degradasi bahan pakan. Menurut Utomo (2004) dalam menyusun ransum ruminansia yang memperhitungkan sinkronisasi ketersediaan nutrisi untuk sintesis protein mikroba dan pemanfaatan nutrisi secara langsung oleh ternak diperlukan informasi tingkat degradasi bahan pakan yaitu: (1) Konsentrat sumber energi terdegradasi lambat; (2) Konsentrat sumber

- energi terdegradasi cepat; (3). Konsentrat sumber protein terdegradasi lambat; dan (4) Konsentrat sumber protein terdegradasi cepat. Pamungkas et al. (2010) melaporkan bahwa pakan dengan kombinasi bahan pakan sumber energi terdegradasi cepat dan bahan pakan sumber protein terdegradasi cepat menghasilkan konsentrasi amonia, total VFA dan biomassa protein mikroba tertinggi.
2. Suplementasi bahan pakan sumber energi dan sumber protein. Suplementasi bahan pakan sumber protein dan energi pada bahan pakan berkualitas rendah seperti jerami padi dan pucuk tebu berfungsi untuk meningkatkan suplai nutrisi untuk mikroba, hal ini disebabkan kandungan protein jerami padi dan pucuk tebu mempunyai kandungan protein yang rendah yaitu kurang dari 7%, padahal pertumbuhan mikroba rumen membutuhkan ketersediaan N sebanyak 1,28% N atau setara dengan 8% protein (Van Soest 1994). Suplementasi N untuk mendukung pertumbuhan mikroba rumen selain menggunakan bahan pakan sumber protein dapat juga menggunakan urea yang harganya lebih murah. Penggunaan bahan pakan sumber protein maupun urea memerlukan strategi yang tepat agar tidak terjadi pemborosan. Mikroba rumen membutuhkan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan amonia ( $\text{NH}_3$ ) untuk mensintesis protein sel mikroba dimana  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NH}_3$  dapat berasal dari hidrolisis urea maupun protein (Coutinho et al. 2004). Berdasarkan kemampuan mikroba rumen merubah urea menjadi  $\text{NH}_4^+$  dan  $\text{NH}_3$  yang cepat maka diperlukan strategi atau usaha optimalisasi penggunaan urea pada ruminansia yang diberi ransum hijauan berkualitas rendah untuk meningkatkan produksi protein mikroba (Jain et al. 2005; Huntington et al. 2006). Beberapa strategi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan  $\text{NH}_3$  pada sintesis protein mikroba adalah melalui modifikasi dalam kuantitas, jenis maupun tingkat degradasi protein dan karbohidrat (Reynolds & Kristensen 2008) serta bentuk penyajiannya. Kardaya et al. (2009) melaporkan bahwa suplementasi urea lepas lambat dalam bentuk urea seng sulfat, urea zeolit dan urea seng sulfat zeolit dapat mengurangi kecepatan degradasi urea dalam bentuk tunggal sehingga dapat memperbaiki efisiensi penggunaan  $\text{NH}_3$  dan energi oleh mikroba rumen selanjutnya dapat meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi sintesis protein mikroba. Hasil penelitian Kardaya et al. (2009) juga melaporkan bahwa suplementasi urea lepas lambat dalam bentuk urea seng dan urea seng zeolit dikombinasikan dengan molases sebanyak 6% dapat menghasilkan produksi protein terbaik pada pakan mengandung 45% jerami padi dan 55% konsentrat. Strategi suplementasi urea dan karbohidrat lepas lambat dengan pengaturan cara penyajian adalah *urea molasses block* (UMB). Suplementasi bahan pakan sumber protein dan energi di tingkat peternak di Indonesia telah lama dilakukan terutama pada peternakan sapi perah.
  3. Metode sinkronisasi suplai energi dan N di dalam rumen yang lain adalah melalui penerapan nilai indeks seperti indeks sinkronisasi yang telah dikembangkan oleh Sinclair et al. (1993) maupun OEB *in the Dutch system* yang dikembangkan oleh Tamminga et al. (1994). Metode sinkronisasi suplai energi dan N di dalam rumen dengan indeks sinkronisasi yang telah dikembangkan oleh Sinclair et al. (1993) telah memperhitungkan frekuensi pemberian pakan. Informasi tentang tingkat degradasi fraksi protein dan karbohidrat sangat diperlukan untuk penyusunan pakan berdasarkan indeks, namun informasi tersebut masih sangat terbatas pada bahan pakan di Indonesia. Penyusunan pakan ternak ruminansia di Indonesia menggunakan nilai indeks masih terbatas pada tingkat penelitian.
  4. Penerapan sinkronisasi suplai energi dan N di dalam rumen melalui penerapan pengaturan frekuensi dan pola pakan. Peningkatan frekuensi pemberian pakan menurut Dehority & Tirabasso (2001) dapat meningkatkan populasi bakteri, volume rumen, persentase bahan kering isi rumen serta dapat mencegah fluktuasi pH dan konsentrasi produk fermentasi terutama amonia. Pemberian pakan dalam bentuk pakan komplit dengan peningkatan frekuensi pemberian pakan tidak memberikan manfaat besar, sedangkan pada pemberian pakan berupa hijauan dan konsentrat yang diberikan secara terpisah frekuensi pemberian pakan yang lebih tinggi akan membuat kondisi rumen lebih stabil. Menurut Robles et al. (2007) pemberian pakan sebanyak dua kali sehari merupakan aplikasi pemberian pakan yang ideal untuk mendapatkan pH rumen yang stabil. Manajemen kandang yang memudahkan ternak untuk mencapai tempat pakan seperti aplikasi *bank* pakan pada kandang kelompok model Grati dapat menjamin ternak untuk mengkonsumsi pakan sepanjang hari sehingga bisa membuat kondisi rumen lebih stabil.

## KESIMPULAN

Kualitas bahan pakan sumber serat asal limbah tanaman dapat dikoreksi dengan meningkatkan pertumbuhan mikroba rumen melalui sinkronisasi suplai protein dan energi ke dalam rumen karena peningkatan pertumbuhan mikroba rumen dapat meningkatkan pencernaan pakan dan dapat sebagai sumber protein bagi induk semang. Penerapan sinkronisasi suplai protein dan energi ke dalam rumen

di Indonesia masih terbatas pada: (1) Pengaturan penggunaan bahan pakan melalui pengaturanimbangan hijauan dan konsentrat; (2) Suplementasi bahan pakan sumber protein dan energi; dan (3) Pengaturan frekuensi pemberian pakan. Penerapan sinkronisasi melalui pengaturan penggunaan bahan pakan berdasarkan tingkat degradasinya dan penggunaan nilai indeks masih dibatasi oleh ketersediaan data nilai degradasi protein dan energi bahan pakan yang ada di Indonesia.

Diperlukan upaya mengembangkan pangkalan data mengenai karakteristik degradasi protein dan energi bahan pakan asal limbah tanaman. Pengembangan pangkalan data dapat melalui pengumpulan data degradasi bahan pakan yang telah dilakukan sebelumnya maupun dengan eksplorasi nilai degradasi protein dan energi terhadap bahan pakan yang belum ada data degradasi protein dan energi. Eksplorasi nilai degradasi protein dan energi dengan teknik yang mudah dan cepat yaitu menggunakan teknik kantong nilon (*in situ*) maupun teknik cairan rumen (*in vitro*).

#### DAFTAR PUSTAKA

- AFCR. 1992. Technical committee on response to nutrients No 9. Nutrients requirements of ruminant animal: Protein. Nutr Abstr Rev. 62:787-818.
- Anggraeny YN, Pamungkas D, Krishna NH, Quigley SP, Poppi DP. 2010. Feeding strategies to increase growth of early weaned Bali calves in East Java. In: Santosa KA, Wibowo A, ZoBell DR, Ørskov EG, Sulastri E, Budisatria IGS, Lund M, Akashi R, Soeparno, Budhi SPS, et al., editors. Community Empowerment and Tropical Animal Industry. Proceedings The 5th International Seminar on Tropical Animal Production. Yogyakarta, 19-22 October 2010. Yogyakarta (Indonesia): Gadjah Mada University. p. 433-436.
- Anggraeny YN, Soetanto H, Kusmartono, Hartutik. 2014. Effect of synchronizing the rate degradation of protein and organic matter of feed base on rice by product on fermentation and synthesis protein microbial. IOSR J Agric Vet Sci. 7:26-32.
- Bach A, Calsamiglia S, Stern MD. 2005. Nitrogen metabolism in the rumen. J Dairy Sci. 88:E9-E21.
- Bolam MJ, Connor MT, McLennan SR, Poppi DP. 1998. Variability in microbial protein supply under different supplementation strategies. Anim Prod Aust. 22:398.
- Cabrita ARJ, Dewhurst RJ, Abreu JMF, Fonseca AJM. 2006. Evaluation of the effect of synchronizing the availability of protein and energy on rumen function and production in dairy cows-A review. Anim Res. 55:1-24.
- Coutinho A, Antonelli, Mori SC, Soares PC, Kitamura SS, Ortolani ER. 2004. Experimental ammonia poisoning in cattle fed extruded or prilled urea: clinical findings. Brazilian J Vet Res Anim Sci. 41:67-74.
- Dehority BA, Tirabasso PA. 2001. Effect of feeding frequency and fungal concentrations, pH and other parameters in the rumen. J Anim Feed Sci. 79:2908-2912.
- Elseed AMAF. 2005. Effect of supplemental protein feeding frequency on ruminal characteristics and microbial N production in sheep fed treated rice straw. Small Rumin Res. 57:11-17.
- Ginting SP. 2005. Sinkronisasi degradasi protein dan energi dalam rumen untuk memaksimalkan produksi protein mikroba. Wartazoa. 15:1-10.
- Hall MB, Huntington GB. 2008. Nutrient synchrony: sound in theory, elusive in practice. J Anim Sci. 86:E287-E292.
- Hersom M. 2008. Can nutrient synchrony affect performance of forage-fed cattle? In: Florida Ruminant Nutrition Symposium. Florida, 29-30 January 2008. Florida (US): University of Florida. p. 1-16.
- Huber JT, Saldana RH. 1994. Synchrony of protein and energy supply to enhance fermentation. In: Asplund JM, editor. Principles of Protein nutrition of ruminants. London (UK): CRC Press. p. 113-126.
- Huhtanen P. 2005. Critical aspects of feed protein evaluation systems for ruminants. J Anim Feed Sci. 14:145-170.
- Huntington GB, Harmon DL, Kristensen NB, Hanson KC, Spears JW. 2006. Effects of a slow release urea source on absorption of ammonia and endogenous production of urea by cattle. Anim Feed Sci Technol. 130:225-241.
- Ichinohe T, Fujihara T. 2008. Adaptive changes in microbial synthesis and nitrogen balance with progressing dietary feeding periods in sheep fed diets differing in their ruminal degradation synchronicity between nitrogen and organic matter. Anim Sci J. 79:322-331.
- Imran SP, Budhi S, Ngadiyono N, Dahlanuddin. 2012. Pertumbuhan pedet sapi Bali lepas sapih yang diberi rumput lapangan dan disuplementasi daun turi (*Sesbania grandiflora*). Jurnal Ilmu Ternak dan Tanaman. 2:55-60.
- Jackson MG. 1977. Review article: The alkali treatment of straws. Anim Feed Sci Technol. 2:105-130.
- Jain N, Tiwari SP, Singh P. 2005. Effect of urea molasses mineral granules (UMMG) on rumen fermentation pattern and blood biochemical constituents in goat kids fed sola (*Aeschynomene indica* Linn) grass based diet. Vet Arh. 75:521-530.
- Kardaya D, Wiryawan K, Winugroho M, Parakasi A. 2009. Karakteristik urea lepas lamban pada berbagai kadar molasses dalam ransum berbasis jerami padi. JITV. 14:177-191.
- Karsli MA, Russell JR. 2002. Prediction of the voluntary intake and digestibility of forage-based diets from

- chemical composition and ruminal degradation characteristics. *Turkish J Vet Anim Sci.* 26:249-255.
- Kaswari T, Lebzien P, Flachowsky G, ter Meulen U. 2007. Studies on the relationship between the synchronization index and the microbial protein synthesis in the rumen of dairy cows. *Anim Feed Sci Technol.* 139:1-22.
- Kolver E, Muller LD, Varga GA, Cassidy TJ. 1998. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 81:2017-2028.
- Lardy GP, Ulmer DN, Anderson VL, Caton JS. 2004. Effect of increasing level of supplemental barley on forage intake, digestibility and ruminal fermentation in steers fed medium quality grass hay. *J Anim Sci.* 82:3662-3668.
- Madsen J, Hvelplund T. 1994. Prediction of *in situ* protein degradability in the rumen. Results of an European ringtest. *Livest Prod Sci.* 39:201-212.
- Martawidjaja M. 2003. Pemanfaatan jerami padi sebagai pengganti rumput untuk ternak ruminansia kecil. *Wartazoa.* 13:119-127.
- Mathius IW. 2010. Optimalisasi pemanfaatan bungkil inti sawit untuk sapi yang diberi pakan dasar rumput alam. Dalam: Prasetyo LH, Natalia L, Iskandar S, Puastuti W, Herawati T, Nurhayati, Anggraeny A, Damayanti R, Damayanti NLPI, Estuningsih SE, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner Ramah Lingkungan dalam Mendukung Program Swasembada Daging dan Meningkatkan Ketahanan Pangan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.* Bogor, 3-4 Agustus 2010. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 116-122.
- Minson DJ. 1982. Effects of chemical and physical composition of forage eaten upon intake. In: Hacker J, editor. *Nutritional limits to animals production from pastures.* Franham Royal (UK): CAB. p. 167-182.
- Mould FL, Orskov ER, Mann SO. 1983. Associative effects of mixed feeds. I. Effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis *in vivo* and dry matter digestion of various roughages. *Anim Feed Sci Technol.* 10:15-30.
- Mullic M. 2006. Strategi suplementasi untuk meningkatkan efisiensi sintesis protein mikroba rumen pada ternak sapi yang mengkonsumsi rumput kering tropis. *JITV.* 11:15-23.
- Norton BW. 1982. Differences between species in forage quality. In: Hacker JB, editor. *Nutritional limits to animals production from pastures.* Franham Royal (UK): CAB. p. 89-110.
- NRC. 1985. *Nutrient requirement of beef cattle.* 7th ed. Washington DC (US): National Academy Press.
- NRC. 2000. *Nutrient requirement of beef cattle.* 8th ed. Washington DC (US): National Academy Press.
- Nurhayu A, Sariubang M, Nasrullah, Ella A. 2011. Respon pemberian pakan lokal terhadap produktivitas Sapi Bali dara di Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Tenggara. In: Prasetyo LH, Damayanti R, Iskandar S, Herawati T, Priyanto D, Puastuti W, Anggraeni A, Tarigan S, Wardhana AH, Dharmayanti NLPI, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner untuk Peningkatan Produksi dan Antisipatif terhadap Dampak Perubahan Iklim. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.* Bogor, 7-8 Juni 2011. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 115-120.
- Pamungkas D, Utomo R, Ngadiyono N, Winugroho M. 2010. Supplementing energy and protein source at different rate of degradability to mixture of corn waste and coffee pod as basal diet on rumen fermentation kinetic of beef cattle. *JITV.* 15:22-30.
- Pramudyati S, Narsum, Djajaneegara A. 1983. Pengaruh penambahan berbagai konsentrat pada jerami padi dalam ransum sapi. Dalam: Rangkuti M, Sitorus P, Siregar ME, Soedjana TD, Sutiyono, Ginting Ng, Sirait C, Siregar AR, Djamaludin E, Setiadi A, penyunting. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ruminansia Besar. Cisarua,* 6-9 Desember 1982. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 42-50.
- Preston TR, Leng RA. 1987. Matching ruminant production system with available resources in The tropic and sub tropics. *Armidale NSW (Australia): Penambur Book.*
- Puastuti W. 2009. Manipulasi bioproses dalam rumen untuk meningkatkan penggunaan pakan berserat. *Wartazoa.* 19:180-190.
- Reynolds CK, Kristensen NB. 2008. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: an asynchronous symbiosis. *J Anim Sci.* 86:E293-E305.
- Richardson JM, Wilkinson RG, Sinclair LA. 2003. Synchrony of nutrient supply to the rumen and dietary energy source and their effects on the growth and metabolism of lambs. *J Anim Sci.* 81:1332-1347.
- Robles V, Gonzalez LA, Ferret A, Manteca X, Calsamiglia S. 2007. Effect of feeding frequency on intake, ruminal fermentation and feeding behavior in heifers fed high-concentrate diets. *J Anim Feed Sci.* 85:2538-2547.
- Rotger A, Ferret A, Calsamiglia S, Manteca X. 2006. Effects of nonstructural carbohydrates and protein sources on intake, apparent total tract digestibility and ruminal metabolism *in vivo* and *in vitro* with high-concentrate beef cattle diets. *J Anim Sci.* 84:1188-1196.
- Rusell JB, O'Connors JD, Fox DG, Van Soest PJ, Sniffen CJ. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. *J Anim Sci.* 70:3551-3561.
- Russell JB. 2002. *Rumen microbiology and its role in ruminant nutrition.* 1<sup>st</sup> ed. Itacha (US): James B Russell Publishing Co.

- Seo JK, Kim MH, Yang JY, Kim HJ, Lee CH, Kim KH, Ha JK. 2013. Effects of synchronicity of carbohydrate and protein degradation on rumen fermentation characteristics and microbial protein synthesis. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 26:358-365.
- Seo JK, Yang J, Kim HJ, Upadhaya SD, Cho WM, Ha JK. 2010. Effect of synchronization of carbohydrate and protein supply on ruminal fermentation nitrogen metabolism and microbial protein synthesis in holstein steers. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 23:1455-1461.
- Shabi Z, Arieli A, Bruckental I, Aharoni Y, Zamwel S, Bor A, Tagari H. 1998. Effect of synchronization of the degradation of dietary crude protein and organic matter and feeding frequency on ruminal fermentation and flow of digesta in the abomasums of dairy cows. *J Dairy Sci.* 81:1991-2000.
- Sinclair LA, Garnsworthy PC, Newbold JR, Buttery PJ. 1993. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein-synthesis in sheep. *J Agric Sci.* 120:251-263.
- Sinclair LA, Garnsworthy PC, Newbold JR, Buttery PJ. 1995. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and N release in diets with a similar carbohydrate composition on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *J Agric Sci.* 124:463-472.
- Soeharsono, Saptati RA, Diwyanto K. 2010. Penggemukan sapi lokal hasil inseminasi buatan dan sapi bakalan impor dengan menggunakan bahan pakan lokal. Dalam: Prasetyo LH, Natalia L, Iskandar S, Puastuti W, Herawati T, Nurhayati, Anggraeni A, Damayanti R, Dharmayanti NLPI, Estuningsih SE, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner Ramah Lingkungan dalam Mendukung Program Swasembada Daging dan Peningkatan Ketahanan Pangan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 3-4 Agustus 2010. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 116-122.*
- Stern MD, Bach A, Calsamiglia. 2006. New concept in protein nutrition of ruminant. In: 21st Annual Southwest Nutrition and Management Conference. p. 45-62.
- Sulistya TA, Krishna NH, Anggraeny YN. 2011. Evaluasi penggunaan kulit singkong pada usaha pembibitan sapi potong rakyat: Studi banding di Kecamatan Mergoyoso, Kabupaten Pati. Dalam: Prasetyo LH, Damayanti R, Iskandar S, Herawati T, Priyanto D, Puastuti W, Anggraeni A, Tarigan S, Wardhana AH, Dharmayanti NLPI, penyunting. *Teknologi peternakan dan veteriner untuk peningkatan produksi dan antisipatif terhadap dampak perubahan iklim. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 7-8 Juni 2011. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 186-191.*
- Sutherland TM. 1976. The overall metabolism of nitrogen in the rumen. In: Sutherland TM, McWilliam JR, Leng RA, editors. *Reviews in Rural Science II: From Plant to Animal Protein.* Armidale NSW (Australia): The University of New England. p. 65-72.
- Tamminga S, Van Straalen WN, Subnel APJ, Meijer RGM, Steg A, Wener CJG, Block MC. 1994. The Dutch protein evaluation system: The DVE/OEB system. *Livest Prod Sci.* 40:139-155.
- Umiyasih U, Wina E. 2008. Pengolahan dan nilai nutrisi limbah tanaman jagung sebagai pakan ternak ruminansia. *Wartazoa.* 18:127-136.
- Utomo R, Reksohadiprodjo S, Widyobroto BP, Bachrudin Z, Suhartanto B. 1998. Determination of nutrients digestibility, rumen fermentation parameters, and microbial protein concentration on onggle crossbreed cattle fed rice straw. *Bull Anim Sci. Suppl.* 82-88.
- Utomo R. 2004. *Review hasil-hasil penelitian pakan sapi potong.* Wartazoa. 14:116-124.
- Van Soest PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant.* London (UK): Cornel University Press.
- Valkeners D, Théwis A, Piron F, Beckers Y. 2004. Effect of imbalance between energy and nitrogen supplies on microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in growing double-muscle Belgian Blue bulls. *J Anim Sci.* 82:1818-1825.
- Wardani NK, Musofie A. 1991. Jerami jagung segar, kering dan teramoniasi sebagai pengganti hijauan pada sapi potong. *Jurnal Ilmiah Penelitian Ternak Grati.* 2:1-5.
- Widyobroto BP, Budi SPS, Agus A. 2007. Pengaruh aras *undegraded* protein dan energi terhadap kinetik fermentasi rumen dan sintesis protein mikroba pada sapi. *J Indonesia Trop Anim Agric.* 32:194-200.
- Witt MW, Sinclair LA, Wilkinson RG, Buttery PG. 1999. The effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen supply to the rumen on the metabolism and growth of ram lambs given food at a restricted level. *Anim Sci.* 69:627-636.
- Witt MW, Sinclair LA, Wilkinson RG, Buttery PG. 2000. The effects of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen supply to the rumen on milk production and metabolism of ewes offered grass silage based diets. *Anim Sci.* 71:187-195.
- Yang JY, Seo J, Kim HJ, Seo S, Ha JK. 2010. Nutrient synchrony: Is it a suitable strategy to improve nitrogen utilization and animal performance? *Asian-Australasian J Anim Sci.* 23:972-979.
- Zhang HL, Chen Y, Xu XL, Yang YX. 2013. Effect of branched chain amino acids on *in vitro* ruminal fermentation of wheat straw. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 26:523-528.

## Pemanfaatan Jawawut (*Setaria italica*) Asal Papua sebagai Bahan Pakan Pengganti Jagung

Siska Tirajoh

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Papua, Jl. Yahim No.49, Sentani, Jayapura  
[siskatirajoh2006@yahoo.com](mailto:siskatirajoh2006@yahoo.com)

(Diterima 5 Maret 2015 – Direvisi 28 Agustus 2015 – Disetujui 31 Agustus 2015)

### ABSTRAK

Jawawut (*Setaria italica*) asal Papua merupakan tanaman biji-bijian yang sudah lama digunakan sebagai sumber karbohidrat, walaupun belum optimal penggunaannya. Kebutuhan jagung untuk pakan unggas cukup tinggi, namun produksi jagung dalam negeri belum dapat memenuhi kebutuhan pakan, sehingga memberikan peluang besar bagi jawawut Papua untuk digunakan sebagai pengganti jagung dalam pakan. Evaluasi nilai nutrisi dan antinutrisi menunjukkan bahwa jawawut Papua sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pakan. Teknologi budidaya dan evaluasi nilai nutrisi dan antinutrisi serta manfaatnya sebagai pakan alternatif belum banyak dilakukan. Kajian awal menunjukkan bahwa jawawut Papua mengandung bahan kering (88,37%), abu (0,86%), protein (12,07%), lemak (2,76%), serat kasar (1,93%) dan energi metabolis (3.139 kkal/kg), selain itu mengandung antinutrisi (3,07% fitat dan 0,01% tanin). Penggunaan jawawut pada berbagai taraf (25-100%) dalam pakan dapat menggantikan jagung dan memberikan respon positif terhadap konsumsi, penambahan bobot badan harian, konversi pakan, komposisi dan persentase karkas serta produksi telur. Dapat disimpulkan bahwa jawawut Papua dapat digunakan sebagai bahan pakan pengganti jagung dalam pakan unggas.

**Kata kunci:** Jawawut Papua, nilai nutrisi, antinutrisi, pakan alternatif

### ABSTRACT

#### Utilization of Foxtail Millet (*Setaria italica*) from Papua as an Alternative Feedstuff to Substitute Corn

Papua foxtail millet (*Setaria italica*) is a plant which has been used as a source of carbohydrate, but it has not been used optimally. High demand in consuming corn as poultry feeds provide an opportunity for Papua foxtail millet to be used as a substitute for corn in feed. Evaluation of nutritive values and antinutrient shows that Papua foxtail millet is potential to be used as feedstuff. Studies on cultivation technology, evaluation of the nutritive values and antinutrient and its benefits as an alternative feed are relatively limited. The results shows that the Papua foxtail millet contains dry matter (88.37%), ash (0.86%), protein (12.07%), fat (2.76%), crude fiber (1.93%), metabolizable energy (3,139 kcal/kg) and anti-nutritional factors (3.07% of phytate and 0.01% of tannins). Several studies reported that the use of Papua foxtail millet at various levels (25-100%) in feed, can substitute corn and give a positive response on consumption, daily weight gain, feed conversion, carcass composition and percentages and egg production. It can be concluded that the Papua foxtail millet can be used as a corn substitution in poultry feed.

**Key words:** Papua foxtail millet, nutritive values, antinutrition, alternative feed

### PENDAHULUAN

Penggunaan jagung sebagai bahan pakan utama penyusun pakan unggas hingga saat ini belum dapat digantikan oleh bahan pakan sumber energi maupun bahan pakan lain sebagai sumber karbohidrat. Jagung sebagai pakan sumber energi bagi ternak unggas mempunyai kandungan nutrisi lengkap dan ideal sebagai bahan pakan sumber energi, disisi lain jagung merupakan bahan pangan bagi manusia. Pemanfaatan jagung di beberapa daerah tertentu merupakan bahan makanan pokok sehingga hal ini mengakibatkan persaingan antara manusia dan ternak terutama bagi ternak unggas dalam memenuhi kebutuhan pakan.

Kebutuhan pakan ternak terus meningkat sehingga akan meningkatkan penggunaan jagung, karena

kebutuhan jagung untuk pakan unggas cukup tinggi berkisar 50-60% dalam ransum. Peningkatan kebutuhan jagung dalam beberapa tahun terakhir tidak sejalan dengan laju peningkatan produksi di dalam negeri. Hal ini disebabkan produksi jagung dalam negeri belum dapat memenuhi kebutuhan nasional dan mengalami penurunan produksi karena kondisi musim yang ekstrim terjadi di beberapa kawasan sentra produksi jagung.

Impor jagung terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Peningkatan impor jagung menunjukkan bahwa sampai saat ini pasokan jagung untuk bahan baku industri pakan belum optimal sehingga masih harus impor dari negara lain. Dari tahun 2012-2013 impor jagung untuk industri pakan meningkat sebesar 1,3 juta ton (dari 1,5 juta ton

menjadi 2,8 juta ton) atau terjadi peningkatan sebesar 46,43%. Disisi lain, peningkatan impor dikarenakan peningkatan populasi ternak mendorong kebutuhan pakan dalam negeri yang makin besar. Peningkatan populasi ternak terutama untuk ayam ras pedaging pada tahun 2012 sebesar 1.177.990.870 ekor, meningkat menjadi 1.244.402.002 ekor pada tahun 2013 sehingga terjadi pertumbuhan sebesar 5,34% (Ditjen Peternakan 2013).

Permasalahan akibat peningkatan kebutuhan jagung yang tidak selalu diikuti dengan peningkatan produksi dan kualitas jagung dari dalam negeri, maka pemerintah harus melakukan impor. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi maupun mengurangi impor pakan terutama jagung. Sehubungan dengan kondisi tersebut, baik pemerintah pusat maupun daerah berusaha memanfaatkan bahan pakan lokal sebagai pengganti dengan syarat mempunyai karakteristik komposisi kimia yang hampir sama dengan jagung.

Terkait dengan perkembangan usaha peternakan khususnya ternak unggas di Papua hingga saat ini baik populasi maupun produksi belum terjadi peningkatan yang signifikan. Hal ini disebabkan kurangnya ketersediaan bahan pakan untuk penyusunan pakan yang berkualitas. Potensi sumber daya lokal yang ada di lokasi yaitu jawawut (*Setaria italica*) Papua, salah satu bahan pangan lokal yang berpotensi dijadikan sebagai bahan pakan dan berpotensi untuk dikembangkan dalam rangka memperkuat ketersediaan pakan pengganti jagung.

Jawawut atau *foxtail millet* Papua atau pokem (nama lokal) merupakan salah satu bahan pokok pengganti beras dan biasa dikonsumsi oleh masyarakat serta berpotensi sebagai sumber pangan alternatif untuk mendukung ketahanan pangan di Papua (Rumbrawe 2003). Jawawut Papua merupakan salah satu komoditas pangan lokal sejenis biji-bijian yang dapat mensubstitusi jagung. Kandungan karbohidrat dalam jawawut Papua cukup tinggi sebesar 83,99% (Tirajoh et al. 2012). Hasil studi beberapa literatur (Fujita et al. 1996; Austin 2006; Bangoura et al. 2011; Boroojeni et al. 2011; Upadhyaya et al. 2011) melaporkan bahwa jawawut (*S. italica* L. Beauv) merupakan salah satu sereal penting di dunia yang digunakan sebagai pangan, pakan dan mempunyai kualitas gizi yang tinggi dan mengandung sejumlah senyawa bioaktif yang memiliki banyak manfaat.

Jawawut Papua berpotensi dikembangkan dan digunakan sebagai bahan pakan pengganti jagung karena mengandung nilai nutrisi yang hampir sama dengan jagung. Tirajoh et al. (2014) melaporkan bahwa kajian awal untuk mengevaluasi nilai komposisi kimia jawawut Papua menunjukkan bahwa kandungan bahan kering 88,37%; abu 0,86%; protein 12,07%; lemak 2,76%; serat kasar 1,93%; energi metabolis 3.139 kkal/kg; Ca 1,25% dan P 0,18%.

Pemanfaatan jawawut Papua sebagai sumber karbohidrat umumnya masih didominasi sebagai bahan pangan. Pangan tersebut sudah lama dimanfaatkan oleh masyarakat Papua secara turun temurun khususnya yang tinggal pada lahan kering dataran rendah. Seiring berkembangnya waktu dan kondisi saat ini menunjukkan bahwa tingginya tingkat kesukaan masyarakat dalam mengkonsumsi beras sebagai bahan makanan pokok memberikan peluang besar bahwa jawawut Papua dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan sumber energi.

Tujuan penulisan ini untuk memberikan informasi dan mengevaluasi nilai nutrisi jawawut Papua yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan alternatif. Hasil evaluasi dapat memberikan informasi kepada pemerintah daerah dalam mengembangkan tanaman tersebut sehingga dapat dibudidayakan secara luas sebagai salah satu upaya dalam mewujudkan ketersediaan bahan pakan unggas untuk ketahanan pakan di Papua.

## KARAKTERISTIK DAN POTENSI JAWAWUT PAPUA

Papua mempunyai areal lahan kering yang potensial untuk pengembangan tanaman jawawut, karena agroekosistem Papua sangat cocok untuk komoditas tersebut dan didukung lahan kering seluas 4.329.546 ha. Jika lahan kering tersebut dimanfaatkan untuk budidaya tanaman dan apabila sekitar 10% dari total luas maka dapat diestimasi bahwa luas lahan yang bisa digunakan untuk pengembangan jawawut sekitar 432.955 ha. Data di lapangan menunjukkan bahwa produktivitas tanaman jawawut Papua sangat berpotensi besar untuk dapat dikembangkan (BPTP Papua 2006).

Dari jenisnya jawawut Papua atau pokem terdiri atas 5 (lima) genera yaitu *Panicum*, *Setaria*, *Echinochloa*, *Pennisetum* dan *Paspalum*, semuanya termasuk ke dalam famili *Panicaceae*, jenis yang paling sering ditemukan di Biak Papua tergolong dalam spesies *Setaria italica* (Rauf & Lestari 2009). Identifikasi di lapangan menunjukkan bahwa dari beberapa jenis yang ada dan umumnya sering ditanam serta dijumpai di lokasi yaitu jawawut Papua yang berwarna kuning kecokelatan dan jenis cokelat kehitaman berdasarkan warnanya seperti disajikan pada Gambar 1.

Berdasarkan bagian-bagian bijinya maka biji jawawut Papua mempunyai bagian-bagian biji mirip *foxtail millet* seperti yang dilaporkan Zhang et al. (2011) disajikan pada Gambar 2. Terdapat tiga bagian dari biji jawawut yaitu: (1) Kulit buah luar; (2) Kulit buah dalam; dan (3) Kulit biji luar (Gambar 2). Kulit biji luar dapat dibagi ke dalam kulit ari dan kulit biji dalam. Kulit ari menjadi organ membran sangat tipis



**Gambar 1.** Jenis tanaman jawawut Papua (*Setaria italica*)

**Sumber:** Dokumentasi pribadi

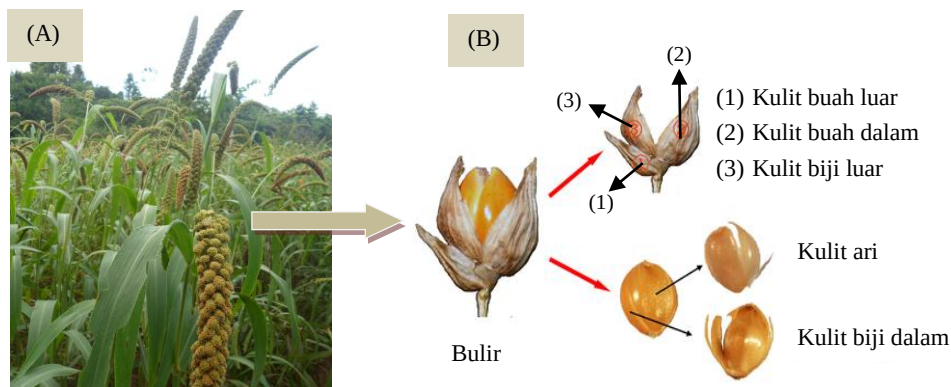
bahkan kadang-kadang menjadi hilang bersama gabah, sehingga untuk keperluan analisis sering digunakan kulit biji dalam (Zhang et al. 2011).

Tanaman jawawut Papua mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan tanaman biji-bijian lain karena mudah dibudidayakan, dapat ditanam pada lahan kering atau lahan marginal, tingkat adaptasi tinggi, produksi tanaman cukup tinggi dan mempunyai banyak manfaat yaitu bisa digunakan sebagai bahan pangan maupun pakan ternak. Permasalahan yang dihadapi adalah teknik penanaman masih belum tersentuh teknologi, yaitu dengan cara membuka lahan dengan menebang pohon kemudian melakukan pembakaran lahan, pengolahan tanah seadanya selanjutnya menyebarkan bibit dengan cara dihambur.

Hal ini sesuai laporan Simanjuntak & Ondikleuw (2004) bahwa teknologi budidaya jawawut Papua yang dilakukan di tingkat petani yaitu dimulai dengan menebang pohon, bakar lahan kemudian disebar bibit sehingga sangat berpengaruh terhadap produksi hasil yang rendah.

Menurut Rumbrawer (2003), jawawut Papua bisa dipanen setiap tiga atau empat bulan sehingga dalam satu tahun bisa menghasilkan dua hingga tiga kali panen. Persyaratan tumbuhnya cocok pada lahan kering dengan ketersediaan air yang cukup, sedangkan hama yang biasanya ditemukan antara lain ulat, semut, belalang, burung, babi hutan dan lain-lain. Beberapa hasil penelitian tentang teknologi budidaya telah dilaporkan oleh Amirawati (2003) bahwa produktivitas jawawut Papua yang ditanam secara *transplanting*, yaitu bijinya disemaikan dahulu, dapat mencapai 907 kg/ha, sedangkan yang ditanam secara larikan hanya mencapai 707 kg/ha. Simanjuntak & Ondikleuw (2004) melaporkan bahwa produktivitas hasil yang lebih rendah antara 500-550 kg/ha di tingkat petani.

Penyebab rendahnya produktivitas di tingkat petani disebabkan minimnya teknologi budidaya, selain itu diperlukan peralatan untuk panen dan mesin untuk memisahkan pelepah dari tangkai yang terdapat pada biji jawawut Papua sehingga memudahkan petani saat panen. Dibandingkan dengan hasil penelitian Soplanit et al. (2012) bahwa dengan teknik penanaman menggunakan sistem tanam tugal menunjukkan potensi hasil yang tinggi yaitu menghasilkan produktivitas tanaman sebesar 1,5 ton/ha untuk sekali tanam dengan demikian apabila ditinjau berdasarkan potensi produksi dan potensi lahan kering seperti yang telah diuraikan sebelumnya, maka peluang pengembangan budidaya tanaman jawawut Papua secara luas berpotensi besar dikembangkan dan diharapkan tanaman jawawut Papua dapat menjadi salah satu bahan pakan sumber energi dalam mendukung ketahanan pakan di Papua.



**Gambar 2.** Tanaman jawawut Papua dan struktur biji jawawut

**Sumber:** (A) Dokumentasi pribadi; (B) Zhang et al. (2011)

## EVALUASI NILAI NUTRISI JAWAWUT PAPUA

Evaluasi nilai nutrisi sangat penting dilakukan berkaitan dengan komposisi kandungan kimia yang terkandung di dalamnya. Jawawut Papua cukup potensial sebagai sumber karbohidrat dan sebagai salah satu komoditas lokal yang dapat dikembangkan untuk ketahanan pangan dan ketersediaan pakan ternak. Budi (2003) melaporkan bahwa jawawut Papua atau pokem mempunyai kandungan nutrisi yang sangat lengkap termasuk mengandung vitamin A, C, D dan vitamin B kompleks yaitu B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, serta mineral seperti Ca, Fe, Zn, K, Mg, Mn dan Cu.

Suherman et al. (2011), Kamara et al. (2009), Léder (2004), Boroojeni et al. (2011) dan Tirajoh et al. (2012) melaporkan bahwa jawawut mengandung nutrisi penting seperti disajikan pada Tabel 1. Kandungan seperti karbohidrat, protein, lemak, serat kasar dan mineral Ca dan Fe. Zat fitokimia penting lain yang digunakan untuk menangkal radikal bebas yaitu zat antioksidan, salah satunya adalah  $\beta$ -karoten. Kandungan  $\beta$ -karoten yang terdapat dalam jawawut Papua yaitu sebesar 54,1 ppb atau 5,41 ug/100 g (Tirajoh et al. 2014).

Kandungan nutrisi penting lain yaitu asam amino yang merupakan struktur dasar dari protein. Dari beberapa sumber diperoleh profil kandungan asam amino berbagai varietas biji jawawut seperti disajikan pada Tabel 2.

## EVALUASI NILAI ANTINUTRISI JAWAWUT PAPUA

Terdapat tanaman biji-bijian yang mengandung senyawa antinutrisi, yang dapat menghambat produktivitas ternak seperti menghambat pertumbuhan maupun produksi dan mempengaruhi status kesehatan. Senyawa antinutrisi yang terdapat pada tanaman biji-

bijian adalah tanin, yang merupakan senyawa polifenol yang larut di dalam air, pelarut polar seperti metanol dengan berat molekul bervariasi antara 300-3000, mampu mengendapkan/mengikat protein. Tanin banyak ditemukan pada bahan pakan untuk unggas seperti sorgum, barley, tanaman kacang-kacangan dan millet sebagai zat antinutrisi pada ternak non-ruminansia terutama pada unggas (Mansoori & Acamovic 2007). Tanin dapat menghambat pertumbuhan ayam pedaging karena mengikat protein bahan pakan sehingga tidak dapat dicerna. Rasa sepat tanin menurunkan tingkat palatabilitas. Sifat tanin yang memberikan rasa pahit juga mengurangi palatabilitas sehingga mengakibatkan konsumsi pakan dan laju pertumbuhan pada ayam menurun (Gunawan & Zainudin 1996).

Suma & Urooj (2012) melaporkan bahwa jawawut kaya akan asam fenolik, tanin dan fitat yang merupakan zat antinutrisi. Skrining fitokimia dari jawawut menggunakan beberapa metode pelarut (*petroleum ether*, *benzene*, *chloroform*, *methanol* dan *water*) menunjukkan bahwa jawawut mengandung tanin sedangkan Ibitoye et al. (2012) menyatakan bahwa millet tidak mengandung tanin yang dapat mengganggu atau menghambat daya cerna.

Dalam unggas khususnya ayam, pemberian pakan yang mengandung tanin sebesar 0,33% tidak membahayakan (Widodo 2011). Kandungan tanin sangat beragam berkisar 0,1-4,7%, tetapi batas toleransi ayam terhadap tanin dalam pakan adalah 0,6-0,8%. Kadar tanin dalam pakan lebih dari 0,50% dapat menekan pertumbuhan, tetapi dapat diperbaiki dengan penambahan metionin dan atau kolin (Wahju 2004). Level tanin lebih dari 0,50% dalam pakan dapat menyebabkan depresi pertumbuhan pada ayam dan kadar tanin sebesar 5% di dalam pakan dapat menyebabkan kematian hingga 70%. Pada ayam, tanin menyebabkan retensi nitrogen menurun dan meningkatkan tingkat kolesterol di dalam darah.

**Tabel 1.** Kandungan nutrisi beberapa jenis jawawut dibandingkan dengan jagung

| Kandungan nutrisi | Satuan  | Jawawut NTB <sup>1)</sup> | Jawawut ( <i>flour</i> ) Tiongkok <sup>2)</sup> | Jawawut <sup>3)</sup> | Jawawut Iran <sup>4)</sup> | Jawawut Papua <sup>5)</sup> | Jagung <sup>1)</sup> |
|-------------------|---------|---------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| BK                | %       | 88,1-89,5                 | -                                               | -                     | 90,80                      | 88,37                       | -                    |
| Abu               | %       | 1,5                       | 0,47                                            | 3,5                   | 3,16                       | 1,18                        | -                    |
| Lemak             | %       | 3,3                       | 2,38                                            | 2,5                   | 6,64                       | 2,76                        | 4,9                  |
| Protein           | %       | 10,7                      | 11,50                                           | 9,9                   | 11,01                      | 12,07                       | 10,5                 |
| Karbohidrat       | %       | 84,2                      | 75,20                                           | 72,0                  | -                          | 83,99                       | 80,0                 |
| Serat kasar       | %       | 1,4                       | -                                               | 10,0                  | 6,46                       | 1,93                        | 2,7                  |
| Ca                | mg/100g | 37,0                      | -                                               | 20,0                  | -                          | 750-1250 <sup>*)</sup>      | 16,0                 |
| Fe                | mg/100g | 6,2                       | -                                               | 4,9                   | -                          | 4,40 <sup>*)</sup>          | 3,2                  |
| Energi            | kcal/kg | -                         | -                                               | 3510                  | -                          | 3139 <sup>6)</sup>          | 3350 <sup>7)</sup>   |

**Sumber:** <sup>1)</sup>Suherman et al. (2011); <sup>2)</sup>Kamara et al. (2009); <sup>3)</sup>Léder (2004); <sup>4)</sup>Boroojeni et al. (2011); <sup>5)</sup>Tirajoh et al. (2012); <sup>6)</sup>Tirajoh et al. (2013); <sup>7)</sup>NRC (1994); <sup>\*)</sup>Tirajoh (belum dipublikasi)

**Tabel 2.** Profil asam amino dari varietas biji jawawut yang berbeda dibandingkan dengan jagung

| Asam amino              | Jawawut<br>(defatted flour) <sup>1)</sup> | Jawawut <sup>2)</sup> | Jawawut Papua<br>kuning <sup>3)</sup> | Jawawut Papua<br>merah <sup>3)</sup> | Jagung <sup>4)</sup> |
|-------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|
|                         | g/100 g protein                           |                       | g/100 g sampel                        |                                      |                      |
| Asam amino esensial     |                                           |                       |                                       |                                      |                      |
| Isoleusin               | 4,59                                      | 0,43                  | 0,51                                  | 0,41                                 | 0,31                 |
| Leusin                  | 13,60                                     | 1,28                  | 1,50                                  | 1,20                                 | 1,11                 |
| Lisin                   | 1,59                                      | 0,24                  | 0,63                                  | 0,29                                 | 0,29                 |
| Metionin                | 3,06                                      | 0,35                  | 0,21                                  | 0,25                                 | 0,19                 |
| Fenilalanin             | 6,27                                      | 0,56                  | 0,62                                  | 0,54                                 | 0,44                 |
| Treonin                 | 3,68                                      | 0,40                  | 0,44                                  | 0,39                                 | 0,33                 |
| Valin                   | 5,81                                      | 0,56                  | 0,61                                  | 0,52                                 | 0,44                 |
| Histidin                | 2,11                                      | 0,23                  | 0,13                                  | 0,23                                 | 0,26                 |
| Triptopan               | -                                         | -                     | -                                     | -                                    | 0,07                 |
| Asam amino non-esensial |                                           |                       |                                       |                                      |                      |
| Alanin                  | 9,30                                      | 0,91                  | 1,01                                  | 0,84                                 | 0,78                 |
| Arginin                 | 3,00                                      | 0,39                  | 0,38                                  | 0,38                                 | 0,42                 |
| Asam aspartat           | 7,71                                      | 0,77                  | 0,78                                  | 0,63                                 | 0,68                 |
| Sistin                  | 0,45                                      | 0,19                  | td                                    | 0,06                                 | 0,21                 |
| Asam glutamat           | 22,00                                     | 2,00                  | 2,33                                  | 1,73                                 | 1,77                 |
| Glisin                  | 2,91                                      | 0,32                  | 0,26                                  | 0,32                                 | 0,27                 |
| Serin                   | 4,56                                      | 0,50                  | 0,57                                  | 0,48                                 | 0,42                 |
| Tirosin                 | 2,44                                      | -                     | 0,16                                  | 0,25                                 | 0,28                 |
| Prolin                  | 5,54                                      | 0,77                  | 0,81                                  | 0,92                                 | 0,84                 |

**Sumber:** <sup>1)</sup>Kamara et al. (2009); <sup>2)</sup>Boroojeni et al. (2011); <sup>3)</sup>Tirajoh et al. (2012) kecuali untuk asam amino sistin; <sup>4)</sup>NRC (1994)

Pengaruh penggunaan sorgum pada ayam pedaging menyebabkan pucatnya warna kulit dan kaki bagian bawah (Gunawan & Zainudin 1996). Apabila kadar tanin dalam pakan mencapai 0,50% atau lebih akan menunjukkan pengaruhnya yaitu dapat menekan pertumbuhan ayam, karena tanin akan menurunkan retensi nitrogen dan mengakibatkan menurunnya daya cerna asam-asam amino yang seharusnya dapat diserap oleh vili-vili dan dimanfaatkan untuk pertumbuhan dan perkembangan jaringan-jaringan tubuh. Evaluasi nilai antinutrisi yang terdapat dalam jawawut Papua yaitu tanin dan fitat dilaporkan oleh Tirajoh et al. (2014), bahwa kandungan tanin jawawut sebesar 0,01% dan fitat sebesar 3,07%. Hasil analisis ini mempunyai nilai hampir sama seperti yang dilaporkan Badau et al. (2005) bahwa kandungan asam fitat yang terkandung dalam jawawut berkisar antara 2,91-3,30%, sedangkan Herodian (2011) melaporkan bahwa kandungan tanin yang terdapat pada biji jawawut hotong (*Setaria italica* (L) Beauv) sebesar 0,22% dan pada tepung sebesar 0,06%.

Serangkaian analisis kimia telah dilakukan, terdapat beberapa kelebihan dari jawawut Papua, yaitu kandungan protein kasar cukup tinggi yaitu berkisar 10,32-12,07% lebih tinggi dibandingkan dengan jagung, dengan adanya keseimbangan asam amino yang

tersedia, namun kandungan energi lebih rendah dibandingkan dengan jagung serta kandungan lemak kasar dan serat kasar yang rendah. Keuntungan lainnya dari jawawut Papua yaitu mempunyai tingkat kerapatan lebih tinggi dibandingkan dengan bahan pakan lain seperti jagung, bekatul dan konsentrat, hal ini terkait dengan banyaknya jawawut Papua yang dapat ditampung pada tembolok ayam. Kelemahannya yaitu ada faktor pembatas berupa asam fitat yang cukup tinggi (3,07%) sehingga tidak dapat menggantikan jagung secara total dalam pakan. Hasil analisis yang menarik adalah kandungan taninnya sangat rendah yaitu 0,01% sehingga rendahnya kandungan tanin dalam jawawut Papua dapat dijadikan pertimbangan agar dapat digunakan secara total dalam pakan.

#### PEMANFAATAN BERBAGAI MACAM SEREALIA DENGAN MILLET SEBAGAI PAKAN AYAM

Beberapa hasil penelitian tentang penggunaan berbagai macam sereal dengan millet (*foxtail millet*, *proso millet*, *pearl millet* dan *finger millet*) seperti yang dilaporkan Davis et al. (2003); Hidalgo et al. (2004); Baurhoo et al. (2011) bahwa penggunaan *pearl millet*

sebagian atau seluruhnya menggantikan jagung dalam pakan tanpa memberikan efek negatif terhadap penampilan ayam pedaging, menghasilkan peningkatan pertumbuhan dan efisiensi pakan. Tornekar et al. (2009) melaporkan bahwa penggunaan *pearl millet* (*Bajra*) 25 dan 50% dalam pakan ayam pedaging dapat menggantikan jagung dan memberikan pengaruh nyata terhadap bobot badan akhir dan konsumsi pakan ayam pedaging umur enam minggu.

Hasil kajian Rao et al. (2004); Boroojeni et al. (2011) menyatakan bahwa penggunaan *foxtail millet* dalam menggantikan jagung sampai tingkat 100% dalam pakan ayam pedaging tidak memberikan pengaruh terhadap konsumsi pakan, namun ada kecenderungan memperbaiki penampilan ayam pedaging. Rao et al. (2004) melaporkan bahwa *foxtail millet* lebih unggul dari pada *pearl millet* sebagai sumber energi dalam pakan ayam pedaging, terkait juga dengan kandungan protein kasar yang lebih tinggi dan lebih rendah kandungan antinutrisinya (asam fitat dan polifenol).

Reddy et al. (2008) melaporkan bahwa penggunaan *finger millet* dan sorgum masing-masing 50% dapat menggantikan jagung pada pakan ayam pedaging yang ditambahkan minyak kedelai, minyak ikan dan enzim pada pemeliharaan sampai enam minggu menunjukkan perbedaan yang nyata pada konversi pakan tetapi tidak berpengaruh pada pertambahan bobot badan dan konsumsi pakan. Medugu et al. (2010a; 2010b) melaporkan bahwa penggunaan millet dan sorgum rendah tanin pada pakan ayam pedaging dapat menggantikan jagung tanpa memberikan efek negatif terhadap karkas dan komponen darah. Mengesha & Abda (2010) melaporkan bahwa pada pakan ayam pedaging yang dipelihara sampai umur 45 hari, penggunaan gandum dan sorgum menghasilkan pertambahan bobot badan yang lebih baik dibandingkan dengan pakan yang mengandung *finger millet* dan jagung. Konversi pakan tidak berbeda antar perlakuan sedangkan bobot hidup, komposisi dan persentase karkas ayam pedaging yang mengandung gandum, jagung dan sorgum berbeda dengan pakan yang mengandung *finger millet*. Mehri et al. (2010) melaporkan bahwa *pearl millet* sebagai pakan alternatif pada ayam petelur dapat digunakan sebagai pakan sumber energi dan protein dalam menggantikan jagung hingga 75%, tanpa memberikan efek pada penampilan produksi maupun kualitas telur. Tidak dianjurkan menggantikan jagung secara total karena tidak efisien dalam penggunaan pakan.

Hasil penelitian yang dilakukan Ibitoye et al. (2012) bahwa *white millet* dapat digunakan sebagai alternatif pengganti jagung dalam formulasi pakan ayam pedaging karena memberikan pertumbuhan ayam yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil penelitian terbaru yang dilakukan

Tirajoh et al. (2014) menunjukkan bahwa penggunaan jawawut Papua dalam pakan basal ayam pedaging dimana jagung 16,6% disubstitusi jawawut Papua dapat meningkatkan penampilan produksi dan mampu memperbaiki persentase karkas; penggunaan 10% jawawut menghasilkan persentase karkas sebesar 72,35% dibandingkan dengan tanpa penambahan jawawut hanya sebesar 67,45% serta tidak memberikan pengaruh negatif terhadap profil darah.

## KESIMPULAN

Evaluasi nilai nutrisi dan antinutrisi menunjukkan jawawut asal Papua (*Setaria italica*) berpotensi dijadikan sebagai bahan pakan sumber energi dengan kandungan energi metabolis 3139 kkal/kg, walaupun mengandung antinutrisi tanin dan fitat masing-masing sebesar 0,01 dan 3,07%. Jawawut Papua dapat digunakan sebagai bahan pakan pengganti jagung dan mampu memperbaiki penampilan maupun persentase karkas dan tidak berdampak pada status kesehatan ayam pedaging. Perlu penanganan dan pendampingan terprogram secara berkelanjutan dan membutuhkan perhatian serius dari pemerintah daerah dalam mengembangkan tanaman spesifik lokal seperti jawawut Papua secara luas mengingat potensi lahan kering yang menjanjikan dapat dimanfaatkan secara optimal sehingga dapat menyediakan bahan pakan lokal yang berkualitas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amirawati. 2003. Teknologi budidaya tanaman pokem. Jayapura (Indonesia): BPTP Papua.
- Austin DF. 2006. Foxtail millets (*Setaria: Poaceae*) abandoned food in two hemispheres. Econ Bot. 60:143-158.
- Badau MH, Nkama I, Jideani IA. 2005. Phytic acid content and hydrochloric acid extractability of minerals in pearl millet as affected by germination time and cultivar. Food Chem. 92:425-435.
- Bangoura ML, Ming ZH, Nsor-Atindana J, Xue ZK, Tolno MB, Wei P. 2011. Extraction and fractionation of insoluble fibers from Foxtail millet (*Setaria italica* (L.) P. Beauv). Am J Food Technol. 6:1034-1044.
- Baurhoo N, Baurhoo B, Zhao X. 2011. Effects of exogenous enzymes in corn-based and Canadian pearl millet-based diets with reduced soybean meal on growth performance, intestinal nutrient digestibility, villus development and selected microbial populations in broiler chickens. J Anim Sci. 89:4100-4108.
- Boroojeni FG, Samie AH, Edriss MA, Khorvash M, Sadeghi G, Van Kessel A, Zentek J. 2011. Replacement of corn in the diet of broiler chickens using foxtail millet

- produced by 2 different cultivation strategies. Poult Sci. 90:2817-2827.
- BPTP Papua. 2006. Peta wilayah komoditas (AEZ) Provinsi Papua. Skala 1:250.000. Jayapura (Indonesia): BPTP Papua.
- Budi IM. 2003. Pemanfaatan gandum Papua (pokem) sebagai sumber pangan alternatif untuk menunjang ketahanan pangan masyarakat Papua. Dalam: Prosiding Lokakarya Nasional Pendayagunaan Pangan Lokal Spesifik Papua. Jayapura, 2-4 Desember 2003. Jayapura (Indonesia): Kerjasama Pemerintah Provinsi Papua dengan Universitas Negeri Papua.
- Davis AJ, Dale NM, Ferreira FJ. 2003. Pearl millet as an alternative feed ingredient in broiler diets. J Appl Poult Res. 12:137-144.
- Ditjen Peternakan. 2013. Populasi dan produksi peternakan di Indonesia [Internet]. [disitasi 5 Mei 2011]. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan. Tersedia dari: <http://www.pertanian.go.id/Indikator/tabel-4-pop-prod-nak.pdf>
- Fujita S, Sugimoto Y, Yamashita Y, Fuwa H. 1996. Physicochemical studies of starch from foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.). Food Chem. 55:209-213.
- Gunawan, Zainudin D. 1996. Komposisi zat nutrisi dan antinutrisi beberapa jenis sorgum sebagai faktor utama dalam penyusunan ransum ternak. Risalah simposium. Prospek tanaman sorgum untuk pengembangan agro-industri. Edisi khusus. Malang (Indonesia): Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbian-umbian.
- Herodian S. 2011. Pengembangan buru hotong (*Setaria italica* (L.) Beauv. sebagai sumber pangan pokok alternatif. Bogor (Indonesia): Institut Pertanian Bogor.
- Hidalgo MA, Davis AJ, Dale NM, Dozier WA. 2004. Use of whole pearl millet in broiler diets. J Appl Poult Res. 13:229-234.
- Ibitoye EB, Olorede BR, Jimoh AA, Abubakar H. 2012. Comparative performance and organ relative weight of broiler chickens fed three sources of energy diet. J Anim Sci Adv. 2:233-238.
- Kamara MT, Zhou HM, Zhu KX, Amadou I, Tarawalie F. 2009. Comparative study of chemical composition and physicochemical properties of two varieties of defatted foxtail millet flour grown in China. Am J Food Technol. 4:255-267.
- Léder I. 2004. Sorghum and millet in cultivated plants, primarily as food sources. In: Füleký G, editor. Encyclopedia of life support systems (EOLSS). Oxford (UK): EOLSS Publishers.
- Mansoori B, Acamovic T. 2007. The effect of tannic acid on the excretion of endogenous methionine, histidine and lysine with broilers. Anim Feed Sci Technol. 134:198-210.
- Medugu CI, Ibrahim DK, Joseph I, Iro N, Ibrahim DM, Bruce H. 2010a. Performance and economics of production of broiler chickens fed sorghum or millet as replacement for maize in the semi-arid zone of Nigeria. Agric Biol J North Am. 1:321-325.
- Medugu CI, Ibrahim DK, Joseph I, Iro N, Ibrahim DM, Bruce H. 2010b. Carcass and blood components of broiler chickens fed sorghum or millet as replacement for maize in the semi-arid zone of Nigeria. Agric Biol J North Am. 1:326-329.
- Mehri M, Pourreza J, Sadeghi G. 2010. Replacing maize with pearl millet in laying hens' diets. Trop Anim Health Prod. 42:439-444.
- Mengesha M, Abda S. 2010. Performance and carcass characteristics of broilers fed selected source energy feeds. Res J Poult Sci. 3:54-57.
- NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th revise. Washington DC (US): National Academy Press.
- Rao SVR, Raju MVLN, Reddy MR, Panda AK. 2004. Replacement of yellow maize with pearl millet (*Pennisetum typhoides*), foxtail millet (*Setaria italica*) or finger millet (*Eleusine coracana*) in broiler chicken diets containing supplemental enzymes. J Anim Sci. 17:836-842.
- Rauf AW, Lestari MS. 2009. Pemanfaatan komoditas pangan lokal sebagai sumber pangan alternatif di Papua. J Litbang Pertanian. 28:54-62.
- Reddy K V, Malathi V, Reddy BS V, Kumar KSP, Umakantha B, Jayanaik. 2008. Effect of finger millet and sorghum replacing corn in presence of soy oil/fish oil and enzymes on performance of broiler. Int J Poult Sci. 7:560-564.
- Rumbrawer F. 2003. Pokem terigu unggul masa depan. J Antropol Papua. 25:18-41.
- Simanjuntak Y, Ondikleuw M. 2004. Kajian komponen teknologi budidaya pokem di Biak Numfor. Jayapura (Indonesia): BPTP Papua.
- Soplanit A, Rumbarar M, Suhada. 2012. Pengkajian pengembangan teknologi budidaya pokem (*Setaria italica*) sebagai sumber pangan pokok alternatif di Papua. Jayapura (Indonesia): BPTP Papua.
- Suherman O, Zairin M, Awaluddin. 2011. Keberadaan dan pemanfaatan plasma nutfah jawawut di kawasan lahan kering pulau Lombok. Mataram (Indonesia): BPTP Nusa Tenggara Barat.
- Suma PF, Urooj A. 2012. Antioxidant activity of extracts from foxtail millet (*Setaria italica*). J Food Sci Technol. 49:500-504.
- Tirajoh S, Achmanu, Sjöfjan S, Widodo E. 2012. Nutrient composition of 2 different varieties of foxtail millet (*Setaria italica* sp) and their potential for poultry feed ingredient. In: Wina E, Prasetyo LH, Inounu I, Priyanti A, Anggraeni A, Yulistiani D, Sinurat AP, Situmorang P, Wardhana AH, Dharmayanti NLPI, et al., editors. Technology Innovation in Support of Sustainable Livestock Development and Food Security. Proceedings International Conference on

- Livestock Production and Veterinary Technology Bogor, 1-4 October 2012. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. p. 104-108.
- Tirajoh S, Achmanu, Sjoftjan S, Widodo E. 2013. Digestibility and metabolizable energy of Papua foxtail millet (*Setaria italica* sp) when included at high level in the broiler diet. In: Susilawati T, Radiati LE, Widodo, E, Nugroho BA, Ærskov ER, Bottema CDK, Temple-Smith P, Jalan ZA, Alimon AR, Muladno, et al., editors. Sustainable Livestock Production Based on Local Resources in the Global Climate Changes Era: Prospects and Challenges. The 2nd Animal Production International Seminar. Malang, 29 Agustus-1 September 2013. Malang (Indonesia): Faculty of Animal Husbandry University of Brawijaya.
- Tirajoh S, Achmanu, Sjoftjan S, Widodo E. 2014. Evaluation of nutritive values of Papua foxtail millet (*Setaria italica* sp) and its substitutive effect for yellow corn on broiler performances. IJAAR. 4:195-201.
- Tornekar AP, Munde VK, Kokane SS. 2009. Effect of replacing maize with bajra (pearl millet) on the performance of broilers. Vet World. 2:310-312.
- Upadhyaya HD, Ravishankar CR, Narasimhudu Y, Sarma NDRK, Singh SK, Varshney SK, Reddy VG, Singh S, Parzies HK, Dwivedi SL, et al. 2011. Identification of trait-specific germplasm and developing a mini core collection for efficient use of foxtail millet genetic resources in crop improvement. Field Crop Res. 124:459-467.
- Wahju J. 2004. Ilmu nutrisi unggas. Cetakan ke-5. Yogyakarta (Indonesia): Gadjah Mada University Press.
- Widodo W. 2011. Bahan pakan unggas non-konvensional. Malang (Indonesia): Universitas Muhammadiyah Malang.
- Zhang J, Lu H, Wu N, Yang X, Diao X. 2011. Phytolith analysis for differentiating between foxtail millet (*Setaria italica*) and green foxtail (*Setaria viridis*). PLoS One. 6:1-11.

## Penurunan Deposit Lemak Abdominal pada Ayam Pedaging melalui Manajemen Pakan

Cecep Hidayat

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002  
*hidayat\_c2p@yahoo.com*

(Diterima 9 April 2015 – Direvisi 27 Agustus 2015 – Disetujui 31 Agustus 2015)

### ABSTRAK

Lemak abdomen merupakan limbah pada karkas ayam pedaging dan keberadaannya dianggap sebagai penurunan kualitas karkas. Timbunan lemak abdomen dalam tubuh ayam dipengaruhi oleh faktor genetik, nutrisi, pakan, jenis kelamin, umur serta lingkungan. Berdasarkan pendekatan aspek pakan, upaya penurunan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging dapat dilakukan dengan cara mengatur konsumsi zat gizi sesuai kebutuhan untuk menghindari konsumsi zat gizi berlebih yang dicerna dan dimetabolis dalam tubuh menjadi deposit lemak abdomen. Proses pengaturan dapat dilakukan dengan cara mengatur kandungan zat gizi dan jumlah pemberian pakan. Jumlah konsumsi nutrisi harian dapat dibatasi melalui pembatasan pemberian pakan. Atas dasar tersebut dapat disimpulkan bahwa faktor pakan sangat berpengaruh terhadap pembentukan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging, sehingga pengaturan pakan dapat dilakukan dalam upaya menekan jumlah deposit lemak abdomen.

**Kata kunci:** Ayam pedaging, lemak abdominal, pakan

### ABSTRACT

#### Reducing Abdominal Fat Deposition in Broiler Through Feeding Management

Abdominal fat in broiler carcass is considered as a waste and its existence reduces the carcass quality. Abdominal fat deposition is affected by several factors such as genetic, nutrition, feed, sex, age and environment. Reducing abdominal fat deposition can be carried out by regulating the nutrient intake to ensure that no excessive nutrient was consumed. Nutrition effects to reduce abdominal fat deposition are associated with nutrient concentration of ration and quantity of daily feed intake. Daily nutrient intake can be limited, especially through restricted feeding. It is concluded that an appropriate feeding management can reduce abdominal fat deposition in broiler.

**Key words:** Broiler, abdominal fat, feed

### PENDAHULUAN

Upaya penurunan lemak pada tubuh ternak ayam menjadi salah satu fokus dalam penelitian pada komoditas ternak ayam pedaging (Ferrini et al. 2010). Hal ini dikarenakan konsumen menginginkan produk pangan asal ternak ayam yang lebih sehat. Tingginya kadar lemak dalam produk pangan asal hewan yang dikonsumsi diketahui menjadi sumber terjadinya obesitas tubuh dan penyakit jantung koroner (Sartika 2008). Lebih lanjut Sartika (2008) melaporkan bahwa di Indonesia terjadi peningkatan angka kesakitan dan kematian penyakit jantung koroner disebabkan oleh perubahan gaya hidup, salah satunya adalah gaya hidup aterosklerotik yang berupa pola makan dengan asupan lemak >30%, asam lemak jenuh >10% dari energi total dan kolesterol >300 mg per hari.

Pratikno (2011) mengemukakan bahwa deposit lemak dalam tubuh ayam pedaging bersumber dari

trigliserida, dimana trigliserida tersebut dalam jaringan unggas merupakan komponen yang berasal dari ransum sebesar 95% dan hanya 5% yang disintesis sendiri dalam hati. Berlandaskan hal tersebut, maka upaya penurunan lemak dalam tubuh ayam, disamping untuk mendukung tersedianya pangan sumber protein hewani yang lebih sehat dikonsumsi, juga menjadi bagian dari upaya untuk menekan biaya produksi bagi para produsen atau peternak ayam. Hal ini dikarenakan timbunan lemak dalam tubuh ayam menjadi indikasi bahwa telah terjadi penggunaan pakan yang tidak efisien serta menjadi faktor penurunan kualitas karkas yang dihasilkan, karena lemak dianggap sebagai limbah. Atas dasar tersebut, menghasilkan ayam yang mengandung kadar lemak rendah menjadi salah satu tujuan yang banyak diupayakan oleh para peneliti nutrisi ternak unggas.

Lemak abdomen merupakan bagian dari lemak tubuh yang terdapat dalam rongga perut. Tumpukan

lemak dalam tubuh ayam, termasuk lemak abdomen terjadi karena energi yang merupakan hasil dari proses metabolisme zat gizi yang masuk ke dalam tubuh ayam melebihi tingkat kebutuhan yang diperlukan oleh tubuh itu sendiri, baik itu untuk hidup pokok maupun untuk memproduksi (Oktaviana et al. 2010). Timbunan lemak abdomen juga dapat dijadikan indikasi bahwa telah terjadi pemborosan pakan. Hal tersebut dikarenakan lemak abdomen merupakan bagian yang tidak termamfaatkan. Berdasarkan hal tersebut maka dalam makalah ini menguraikan upaya penurunan deposit lemak abdomen pada tubuh ayam pedaging dari pendekatan aspek pakan, baik cara pemberian pakan dan nutrisi di dalam pakan.

### LEMAK ABDOMEN AYAM PEDAGING

Mekanisme pembentukan lemak dalam tubuh ayam pedaging telah dijelaskan oleh Pratikno (2011) bahwa deposisi lemak dalam tubuh ayam pedaging terjadi melalui proses lipogenesis. Lipogenesis adalah proses deposisi lemak dan meliputi proses sintesis asam lemak dan kemudian sintesis trigliserida yang terjadi di hati pada daerah sitoplasma dan mitokondria serta jaringan adiposa (Soegondo 2006). Sementara itu, Haro (2005) mengemukakan bahwa lemak dalam tubuh ayam berasal dari pakan dan dihasilkan dari proses sintesis lemak dalam hati.

Pratikno (2011) mengatakan bahwa pada tubuh ayam, lemak terdapat pada: lemak abdomen/perut (termasuk lemak di sekitar *gizzard*, *proventriculus*, *bursa of fabricius*, *cloaca* dan jaringan di sekitar wilayah tersebut); lemak sartorial (lemak di sekitar paha); lemak pada leher; lemak *mesenteric* (lemak di sepanjang usus halus sampai kolon). Pada ternak ayam, jaringan lemak mulai terbentuk dengan cepat pada umur 6-7 minggu, kemudian mulai saat itu penimbunan lemak terus berlangsung semakin cepat, terutama lemak abdomen pada umur delapan minggu sehingga bobot badan ayam meningkat cepat (Pratikno 2011). Persentase lemak abdomen sebesar 20%, lemak subkutan 18%, lemak skeleton/rangka 15%, lemak di hati dan bulu 2,5%; lemak pengikat karkas (tersebar di otot, usus, ginjal, paru-paru dan jaringan ikat) 40% masing-masing dari total lemak tubuh (Haro 2005). Berdasarkan hasil penelitian pada ayam broiler, diketahui bahwa kandungan lemak pada tubuh ayam broiler mencapai 13-14,5% dari bobot hidup, sedangkan persentase lemak abdomen dalam tubuh ayam mencapai 2-3% dari bobot hidup (Haro 2005). Oktaviana et al. (2010) menyatakan bahwa lemak abdomen pada tubuh ayam dikatakan berlebih ketika persentase bobot lemak abdomen lebih dari 3% dari bobot tubuh.

### DEPOSIT LEMAK ABDOMEN

Timbunan lemak abdomen pada tubuh ayam pedaging dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu genetik, nutrisi, jenis kelamin, umur ayam dan faktor lingkungan (Tumuva & Teimouri 2010). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan proporsi lemak abdomen pada ayam broiler dengan *strain* berbeda. Ristić (2005) melaporkan bahwa jumlah lemak abdomen pada ayam broiler *strain* Cobb 500 lebih rendah 0,4% dibandingkan dengan ayam broiler *strain* Ross. Hasil penelitian lainnya, Nikolova et al. (2007) melaporkan bahwa ayam broiler *strain* Hubbard lebih tinggi kandungan lemak abdomennya dibandingkan dengan ayam broiler *strain* Cobb 500. Hal tersebut menunjukkan bahwa faktor genetik menjadi salah satu faktor dari penyebab tinggi rendahnya timbunan lemak abdomen pada tubuh ayam. Upaya penurunan kandungan lemak abdomen pada tubuh ayam dapat dilakukan dengan pendekatan faktor genetik. Telah dibuktikan dari hasil penelitian Haro (2005) yang mengungkapkan bahwa proses seleksi terhadap *strain-strain* ayam yang memiliki timbunan lemak abdomen rendah dihasilkan keturunan yang juga memiliki timbunan lemak abdomen rendah pula.

Jenis kelamin dan umur ayam juga diketahui memiliki pengaruh yang besar terhadap deposisi lemak dalam tubuh ayam. Ayam betina diketahui lebih mudah untuk mendeposisi lemak tubuh dibandingkan dengan ayam jantan (Novele et al. 2008). Nikolova et al. (2007) melaporkan bahwa pada ayam *strain* Cobb 500 dan Hubbard betina secara signifikan memiliki bobot mutlak dan bobot relatif lemak abdomen lebih tinggi dibandingkan dengan ayam jantan. Pencapaian bobot mutlak lemak abdomen ayam betina dan jantan adalah 19,84 dan 16,79 gram. Sementara itu, bobot relatif lemak abdomen ayam betina dan jantan adalah 0,96 dan 0,83%. Hal tersebut kemungkinan diakibatkan oleh perbedaan proses metabolisme dan perbedaan kapasitas dalam mengakumulasi lemak tubuh.

Faktor umur ayam juga diketahui menjadi salah satu faktor penyebab jumlah akumulasi lemak abdomen dalam tubuh ayam. Hasil penelitian Nikolova et al. (2007) menunjukkan bahwa bobot mutlak dan bobot relatif lemak abdomen ayam broiler *strain* Cobb 500 dan Hubbard meningkat secara signifikan seiring bertambahnya umur. Pencapaian bobot mutlak lemak abdomen ayam *broiler strain* Cobb 500 dan Hubbard pada umur 35, 42 dan 49 hari berurutan adalah sebagai berikut 11,43; 18,08; dan 25,45 gram. Sementara itu, pencapaian bobot relatif lemak abdomen ayam broiler *strain* Cobb 500 dan Hubbard pada umur 35, 42 dan 49 hari berurutan adalah sebagai berikut 0,73; 0,90 dan 1,06%. Pada penelitian lain, Zerehdaran et al. (2005)

membandingkan lemak abdomen ayam *broiler* umur 48, 63 dan 70 hari dihasilkan kesimpulan bahwa ayam *broiler* yang berumur lebih tua jauh lebih banyak memiliki lemak abdomen dalam tubuhnya dibandingkan dengan ayam yang berumur lebih muda. Persentase lemak abdomen pada tubuh ayam *broiler* pada umur 48, 63 dan 70 hari berurutan sebagai berikut 2,95; 3,26 dan 4,11% dari bobot hidup.

Faktor lingkungan ikut mempengaruhi deposisi lemak abdomen dalam tubuh ayam. Faktor lingkungan tersebut adalah suhu lingkungan, sistem perkandangan, serta sistem pencahayaan. Lu et al. (2007b) melaporkan bahwa ayam *broiler* yang dipelihara pada lingkungan yang lebih panas menunjukkan bobot lemak abdomen yang lebih rendah. Hal ini berkaitan dengan tingkah laku ternak yang akan mengurangi aktivitas makannya ketika berada pada kondisi lingkungan yang panas guna menyesuaikan suhu tubuhnya. Konsumsi ransum yang sedikit mengakibatkan rendahnya konsumsi energi yang biasa digunakan untuk mendeposisi lemak tubuh, sehingga timbunan lemak abdomen dalam tubuh ayam juga menjadi rendah.

## **PENURUNAN LEMAK ABDOMEN PADA AYAM PEDAGING MELALUI PENDEKATAN NUTRISI**

Upaya penurunan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging bisa dilakukan melalui pendekatan nutrisi. Fouad & El-Senousey (2014) telah menjelaskan bagaimana faktor nutrisi mempengaruhi deposisi lemak abdomen pada tubuh ayam pedaging. Pengurangan deposit lemak tubuh ayam, termasuk lemak abdomen terjadi melalui lima proses yaitu (1) Pengurangan sintesis asam lemak dalam hati; (2) Penurunan sekresi enzim lipase pankreas, sehingga mengurangi penyerapan lemak; (3) Peningkatan  $\beta$ -oksidasi asam lemak pada otot; (4) Menghambat aktivitas lipoprotein lipase dalam darah atau jaringan adiposa perut; dan/atau (5) Meningkatkan aktivitas hormon sensitif lipase (HSL) dalam jaringan adiposa perut, yang akhirnya menyebabkan penurunan besaran jaringan adiposa dalam perut dengan mengurangi ukuran dan/atau jumlah sel adiposa perut.

Upaya penurunan deposit lemak tubuh, termasuk lemak abdomen pada ayam pedaging melalui pendekatan nutrisi telah dilakukan oleh para peneliti, seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi energi, konsumsi protein, asam amino, lemak serta mineral diketahui memiliki keterkaitan dengan besaran deposit lemak abdomen pada ayam pedaging. Konsumsi energi diketahui mempengaruhi secara langsung timbunan lemak abdomen dalam tubuh ayam pedaging. Penurunan deposisi lemak abdomen pada ayam pedaging sudah terbukti dapat dilakukan melalui penurunan konsumsi energi (Rosa et al. 2007).

Fouad & El-Senousey (2014) mengemukakan bahwa menurunnya deposit lemak abdomen dengan penurunan kandungan energi ransum terjadi akibat berkurangnya aktivitas sejumlah enzim yang terkait dengan proses lipogenesis dalam hati, termasuk enzim *nicotinamideadenin dinukleotida phosphate-malat dehidrogenase*, *glukosa-6-fosfat* (G-6-PDH), *6-fosfoglukonat dehidrogenase* dan enzim *fatty acid synthase* (FAS) pada tubuh ayam. Enzim FAS merupakan enzim penting dalam jalur lipogenesis *de novo* di dalam hati ayam, dimana kemampuan ayam untuk mensintesis asam lemak dalam tubuh sangat ditentukan oleh aktivitas enzim FAS tersebut dalam hati.

Selain kandungan energi ransum, beberapa hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kandungan protein dalam ransum mempengaruhi deposisi lemak tubuh secara langsung. Peningkatan kandungan protein ransum menyebabkan menurunnya deposit lemak abdomen dalam tubuh ayam. Hasil penelitian Rosebrough et al. (2008; 2011) mengemukakan bahwa pengurangan kandungan protein kasar meningkatkan ekspresi mRNA dari enzim malat dan meningkatkan aktivitas enzim malat dalam hati ayam pedaging, sedangkan peningkatan kadar protein kasar menurunkan ekspresi mRNA dari enzim malat dan menurunkan aktivitas enzim malat dalam hati ayam *broiler*. Ayam pedaging yang diberi ransum mengandung protein tingkat tinggi menekan ekspresi mRNA dari enzim malat dalam hati, asetil koenzim karboksilase (ACC) dan enzim FAS dibandingkan dengan ayam yang diberi ransum dengan rendah protein. Hasil penelitian Choi et al. (2006) juga menunjukkan bahwa peningkatan kadar protein menyebabkan penurunan yang signifikan terhadap ekspresi mRNA dari enzim FAS dalam hati ayam *broiler*.

Tingkat retensi protein dari jumlah protein yang dikonsumsi oleh ternak ayam pedaging dipengaruhi oleh imbalan konsumsi protein dan energi termetabolis. Imbalan energi protein penting dalam hubungannya terhadap deposisi lemak. Hal ini dikarenakan kandungan energi serta protein berpengaruh terhadap tingkat konsumsi ransum. Suci et al. (2005) mengatakan bahwa semakin luas imbalan energi protein akan diikuti semakin meningkatnya deposit lemak dalam tubuh ayam.

Suci et al. (2005) melaporkan bahwa pada ayam Poncin yang diberi perlakuan ransum dengan imbalan energi protein sebesar 140 (2.800 kkal EM/kg : 20% PK), 150 (2.400 kkal EM/kg : 16% PK) dan 172 (2.400 kkal/kg : 14% PK) pada umur 1-4, 4-8 dan 8-12 minggu menunjukkan timbunan lemak abdomen paling rendah (bobot mutlak dan relatif lemak abdomen sebesar 1,9 g dan 0,22%) dibandingkan dengan ayam Poncin yang diberi ransum dengan rasio imbalan energi protein untuk umur 1-4; 4-8 dan 8-12 minggu

**Tabel 1.** Beberapa hasil penelitian mengenai upaya penurunan lemak abdomen ayam pedaging melalui pendekatan nutrisi

| Jenis zat gizi                 | Perlakuan                                                                                                                                                                                                                                                               | Hasil percobaan                                                                                                                                                                                                                                                     | Sumber                         |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Energi                         | Penggunaan ransum dengan kandungan energi metabolis (2.950, 3.200 dan 3.450 kkal/kg) berbeda                                                                                                                                                                            | Persentase lemak abdomen untuk ransum dengan energi metabolis 3.450; 3.200 dan 2.950 Kal/kg berurutan 2,6; 2,6 dan 1,9%                                                                                                                                             | Rosa et al. (2007)             |
| Protein                        | Penggunaan ransum dengan kandungan protein kasar (PK) 21, 19,5 dan 18% dalam ransum sampai umur 28 hari                                                                                                                                                                 | Ransum PK 18% secara nyata meningkatkan persentase bobot lemak abdomen vs ransum PK 21% (1,93 vs 1,83%)                                                                                                                                                             | Darsi et al. (2012)            |
|                                | Peningkatan kandungan PK dari 17 menjadi 23% dalam ransum ayam <i>broiler</i> dari umur 21 sampai 63 hari                                                                                                                                                               | Sangat signifikan menurunkan deposit lemak abdomen dari 3,67 menjadi 3,08%                                                                                                                                                                                          | Jlali et al. (2015)            |
| Energi dan protein standar NRC | Penurunan kandungan gizi ransum (ME dan PK) dari kebutuhan NRC (1994) ayam <i>broiler</i> pada periode <i>finisher</i> (dari umur 35 sampai 45 hari) dengan persentase penurunan 0 (kontrol), 7, 14, 21 dan 28%                                                         | Bobot hidup akhir tidak berbeda dengan kontrol sampai penurunan 21%<br>Persentase lemak abdomen untuk kontrol dan penurunan 7, 14, 21 dan 28% berurutan sebagai berikut 2,86; 2,18; 2,08; 1,82 1,65% dari bobot karkas                                              | Sahraei & Shariatmadari (2007) |
| Energi dan protein             | Penurunan kandungan gizi ransum dengan pakan kontrol (R1) (3.000 kkal EM/kg 21% PK) dan pakan perlakuan lain (R2) (2.400 kkal EM/kg 16,80 % PK) dan (R3) (1.800 kkal EM/kg 12,60% PK) pada umur 16-20 hari pada ayam <i>broiler</i> yang dipelihara sampai umur 44 hari | Perlakuan signifikan menurunkan lemak abdomen (R2, R3 vs R1; 2,50; 2,25 vs 2,98%)<br>Pertambahan bobot hidup umur 21-44 hari signifikan meningkat antar perlakuan (2.365; 2.286 vs 2176 g)<br>Peningkatan FCR umur 21-44 hari yang nyata untuk R2 vs R1 (2 vs 1,92) | Rezaei & Hajati (2010)         |
| Asam amino                     | Suplementasi 0,2% DL-metionin dalam ransum dibandingkan dengan kontrol (tanpa suplementasi metionin)                                                                                                                                                                    | 0,2% DL-metionin signifikan menurunkan persentase lemak abdomen dibandingkan dengan kontrol (1,58 vs 2,5%)                                                                                                                                                          | Andi (2012)                    |
|                                | Suplementasi L-lysin dalam ransum umur 21-42 hari dengan aras 0,83; 0,93; 1,03 dan 1,13% berdasarkan perhitungan <i>true digestible lysine</i>                                                                                                                          | Suplementasi L-lysin secara nyata menurunkan persentase lemak abdomen terhadap bobot karkas berturut-turut 3,39; 3,11; 2,87; 2,89%                                                                                                                                  | Berri et al. (2008)            |
|                                | Suplementasi 80; 100; 120 dan 140% arginin dari rekomendasi NRC (1994) dalam ransum                                                                                                                                                                                     | Persentase lemak abdomen menurun berurut-turut 1,92; 1,71; 1,58; 1,47% terhadap bobot hidup                                                                                                                                                                         | Jiao et al. (2010)             |
|                                | Suplementasi 100 dan 120% methionin dari rekomendasi NRC (1994) dalam ransum                                                                                                                                                                                            | Persentase lemak abdomen menurun (1,76 menjadi 1,58% dari BH)                                                                                                                                                                                                       | Jiao et al. (2010)             |
|                                | Suplementasi arginin 1% pada ransum dibandingkan dengan ransum kontrol (tanpa suplementasi arginin)                                                                                                                                                                     | Suplementasi 1% arginin secara nyata menurunkan persentase lemak abdomen vs kontrol (1,46 vs 1,98%)                                                                                                                                                                 | Fouad et al. (2012; 2013)      |
| Lemak                          | Pemberian ransum mengandung lemak tidak jenuh yang berasal dari minyak rapa ( <i>rapeseed oil</i> ) sebesar 0 dan 3%                                                                                                                                                    | 3% minyak rapa secara nyata menurunkan persentase bobot lemak abdomen vs kontrol (4,05 vs 5,12%)                                                                                                                                                                    | Zhou (2008)                    |
|                                | Penggunaan sumber lemak berbeda (minyak kedelai vs lemak unggas vs lemak sapi) dalam ransum (ransum dibuat iso kalori dan iso protein)                                                                                                                                  | Persentase lemak abdomen yang diberi minyak nabati (minyak kedelai) secara nyata lebih rendah dibandingkan dengan yang diberi ransum mengandung sumber lemak hewan 32,26; 44,38 dan 45,52%                                                                          | Azman et al. (2005)            |
| Mineral                        | Penggunaan mangan sulfat (Mn anorganik) dan mangan asam amino (Mn organik) dalam ransum                                                                                                                                                                                 | Penggunaan 100 dan 200 mg Mn (organik/anorganik) menurunkan secara nyata deposist lemak abdomen dibandingkan dengan kontrol 1,61 vs 2,16 dan 1,76% BH                                                                                                               | Lu et al. (2007a)              |

sebesar 140, 140, 150 dan 140, 144, 150 yang memiliki bobot mutlak dan relatif lemak abdomen berurutan sebesar 5,6 dan 5,9 gram serta 0,72 dan 0,55%. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan nilai imbalan energi protein akan menyebabkan deposisi lemak abdomen yang lebih rendah dalam tubuh ayam Puncin. Haro (2005) mengemukakan bahwa imbalan energi protein dalam ransum menjadi faktor penting dalam proses deposisi lemak dalam tubuh ayam.

Sumber lemak dalam ransum ayam pedaging ikut menentukan jumlah deposit lemak abdomen. Sanyoto & Riyanto (2004) mengatakan bahwa penggunaan minyak nabati sebagai sumber energi dalam ransum akan diikuti dengan pengurangan aktivitas enzim lipogenik hati dan menghambat lipogenesis, sehingga akan menurunkan deposit lemak tubuh. Derajat kejenuhan lemak dalam ransum juga ikut mempengaruhi deposisi lemak abdomen pada ayam pedaging, dimana semakin panjang rantai lemak maka semakin rendah metabolismenya, sehingga lemak yang dideposisi menjadi lebih rendah. Zhang et al. (2007) mengemukakan bahwa asam lemak tidak jenuh mengurangi jumlah deposit lemak tubuh pada ayam pedaging dengan cara menekan aktivitas lipoprotein lipase (LPL) dalam plasma, sementara Zhou (2008) menyatakan bahwa asam lemak tidak jenuh mengurangi penumpukan lemak perut pada ayam lokal Tiongkok (ayam pedaging berbulu kuning) dengan menurunkan ekspresi mRNA *peroksisom proliferasi-aktivasi reseptor  $\gamma$*  (PPAR $\gamma$ ) dalam jaringan adiposa perut. Royan et al. (2011) menegaskan temuan Zhou (2008) dengan menguji asam lemak tidak jenuh dalam ransum *strain* komersial ayam *broiler* Ross 308, dimana mampu menyebabkan penurunan yang signifikan dalam persentase lemak abdomen, akibat dari penurunan ekspresi mRNA PPAR $\gamma$  dalam jaringan adiposa perut. Pada ternak unggas, PPAR $\gamma$ , memiliki peran mengatur metabolisme lemak dan diferensiasi adiposit, dimana hal tersebut sangat terkait dengan deposisi lemak abdomen (Wang et al. 2008; Sato et al. 2009; Xiong et al. 2010).

Disamping energi, protein dan lemak yang memiliki hubungan dengan deposisi lemak tubuh, Fouad et al. (2013) mengemukakan pula bahwa mineral Mn dan tiga asam amino yaitu *methionine*, *lysine* dan *arginine* juga memiliki pengaruh terhadap deposisi lemak pada ayam pedaging. Hasil penelitian Lu et al. (2007a) menunjukkan bahwa suplementasi sumber Mn (organik vs anorganik) tidak mempengaruhi persentase lemak abdomen, namun penggunaan 100 dan 200 mg Mn (organik/anorganik) menurunkan secara nyata ( $P < 0,05$ ) deposit lemak abdomen dibandingkan dengan kontrol (tanpa suplementasi Mn). Persentase lemak abdomen untuk perlakuan suplementasi 0 (kontrol), 100 dan 200 mg Mn/kg ransum adalah 2,16; 1,61 dan 1,76% dari bobot hidup. Fouad & El-Senousey (2014)

menjelaskan bahwa Mn memiliki peran penting dalam penurunan deposit lemak abdomen ayam pedaging. Mn memiliki peran penting dalam metabolisme karbohidrat dan lemak. Mn juga efektif dalam mengurangi kadar lemak tubuh ayam pedaging. Mn mempunyai peran dalam mengurangi aktivitas LPL dalam lemak abdomen. Peran LPL penting dalam deposisi lemak tubuh. Asam lemak produk sintesis hati atau yang berasal dari pakan, untuk dapat dideposisikan dalam jaringan adiposa harus diangkut melalui *low density lipoprotein* (LDL) atau kilomikron. Hanya asam lemak bebas yang dapat melewati membran adiposit, sehingga LPL menghidrolisis trigliserida dari kilomikron dan LDL untuk menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol. Kemudian diesterifikasi menjadi trigliserida dalam jaringan adiposa. Berdasarkan hal itu, penurunan aktivitas LPL akan menyebabkan penurunan penyerapan asam lemak oleh jaringan adiposa.

Pengaruh suplementasi asam amino L-metionin dan L-arginin terhadap penurunan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging ditunjukkan oleh hasil penelitian Andi (2012) yang mengemukakan bahwa suplementasi L-metionin ke dalam ransum ayam berkaitan dengan penurunan deposit lemak tubuh dengan mengurangi lipogenesis dengan mengurangi aktivitas enzim *fatty acid synthase* (FAS) dan meningkatkan lipolisis dengan meningkatkan aktivitas enzim HSL. Pada unggas, suplementasi L-arginin dalam ransum menghambat ekspresi mRNA enzim FAS dalam hati dan meningkatkan ekspresi mRNA CPT1 dan 3HADH, yang menyebabkan penurunan kadar lemak abdomen dengan mengurangi ukuran sel lemak (Wu et al. 2011; Fouad et al. 2013).

#### PEMBATASAN PAKAN UNTUK MENEKAN DEPOSISI LEMAK ABDOMEN

Pembatasan pakan merupakan sebuah metode pemberian pakan dengan cara mengatur waktu pemberian dan volume pakan yang diberikan. Sahraei (2012) menyatakan bahwa pembatasan pakan terdiri dari pembatasan kualitatif dan kuantitatif. Pembatasan kualitatif merupakan pembatasan pakan dengan cara penurunan kualitas pakan, sedangkan pembatasan pakan kuantitatif dilakukan dengan cara pembatasan jumlah pakan yang diberikan per harinya. Pembatasan pemberian pakan dimaksudkan untuk membatasi konsumsi zat gizi yang berlebih yang masuk ke dalam tubuh ayam. Apabila melihat dari penyebab terjadinya deposisi lemak dalam tubuh sebagai akibat dari lebih tingginya konsumsi zat gizi yang masuk ke dalam tubuh dibandingkan dengan kebutuhan tubuh, maka pembatasan pemberian pakan bisa diartikan sebagai salah satu upaya praktis guna membatasi jumlah konsumsi zat gizi. Pembatasan pakan dapat dilakukan

melalui penurunan kualitas pakan, pemuaan pada hari-hari tertentu, penurunan kandungan zat gizi pakan, serta pembatasan jumlah ransum yang diberikan dalam setiap harinya. Yang et al. (2010) menyatakan bahwa pembatasan pakan dapat mengatur penumpukan lemak tubuh untuk meningkatkan produksi daging tanpa lemak dengan mengurangi biosintesis asam lemak dan meningkatkan  $\beta$ -oksidasi asam lemak. Beberapa hasil penelitian mengenai penerapan pembatasan pakan pada ayam *broiler* terhadap pertumbuhan, efisiensi penggunaan pakan dan deposit lemak abdomen ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa penerapan pembatasan pakan, baik secara kuantitatif seperti dilaporkan oleh Mahmood et al. (2007) dan Boostani et al. (2010); maupun secara kualitatif seperti yang dilaporkan oleh Rezaei & Hajati (2010) dan Hassanabadi & Moghaddam (2006) menunjukkan pembatasan pakan mampu menekan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging bahkan mampu memperbaiki efisiensi penggunaan pakan.

#### **APLIKASI PENURUNAN LEMAK ABDOMEN AYAM PEDAGING DI TINGKAT PETERNAK**

Fouad & El-Senousey (2014) menjelaskan bahwa upaya penurunan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging secara praktis dapat dilakukan melalui tiga cara: (1) Menghindari asupan zat gizi dari ransum yang melebihi kebutuhan gizi ayam pedaging pada setiap fase pertumbuhannya, maka pemberian pakan dengan kandungan gizi yang disesuaikan dengan panduan kebutuhan gizi ayam pedaging pada setiap fase pertumbuhannya merupakan upaya yang tepat; (2) Mengganti bahan pakan sumber lemak dari lemak jenuh menjadi lemak tidak jenuh; dan (3) Menerapkan pembatasan pakan. Sementara itu, Sahraei (2012) menyatakan bahwa teknik pembatasan pakan secara kualitatif maupun kuantitatif dapat mengatur tingkat pertumbuhan ayam pedaging, termasuk diantaranya mampu mengatur timbunan lemak abdomen. Secara praktik di lapangan, teknik pembatasan pakan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu pembatasan pakan secara fisik, pembatasan jumlah konsumsi ransum dalam suatu waktu, mengatur pencahayaan di kandang karena cahaya (terang/gelap) mempengaruhi aktivitas makan ayam, penurunan kandungan zat gizi ransum, terutama penurunan kandungan energi dan protein ransum.

Pembatasan pakan secara fisik dapat dilakukan dengan memberikan pakan setiap harinya dengan menghitung jumlah kebutuhan zat gizi yang dibutuhkan per setiap hari, sehingga ayam *broiler* tidak mengkonsumsi zat gizi berlebih yang akan dikonversi menjadi timbunan lemak abdomen dalam tubuh. Secara teknis, pembatasan secara fisik dapat meniru apa yang

dilakukan oleh Khadem et al. (2006) yang tertera pada Tabel 2 yang telah membuktikan bahwa pembatasan secara fisik mampu menekan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging.

Teknik pemuaan pada ayam atau memberikan pakan hanya beberapa jam setiap harinya juga menjadi salah satu teknik untuk membatasi asupan pakan berlebih sehingga menghindari asupan zat gizi berlebih dalam tubuh ayam pedaging. Teknik ini telah dibuktikan oleh Boostani et al. (2010) dan Mahmood et al. (2007) yang tertera pada Tabel 2 dimana pemuaan ayam *broiler* pada umur-umur tertentu mampu menekan deposit lemak abdomen ayam pedaging. Penghilangan sumber cahaya yang membuat kandang menjadi gelap, merupakan salah satu upaya untuk menekan aktivitas makan pada ayam *broiler*, sehubungan ayam pedaging sangat sensitif terhadap cahaya (Olanrewaju et al. 2006). Atas dasar tersebut, maka penggelapan ruangan kandang dapat dilakukan untuk menekan asupan pakan berlebih sehingga deposit lemak abdomen dapat ditekan.

Penurunan kandungan zat gizi terutama energi dan protein pada umur tertentu juga dapat dipraktikkan guna menekan deposisi lemak abdomen pada ayam pedaging. Teknik penurunan zat gizi tersebut sudah dibuktikan oleh Hassanabadi & Moghaddam (2006), Rezaei & Hajati (2010) dan Sahraei & Shariatmadari (2007), seperti ditunjukkan pada Tabel 2, bahwa penurunan kandungan zat gizi ransum pada umur tertentu dalam pemeliharaan ayam *broiler* mampu menekan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging.

Secara praktis, penurunan lemak abdomen juga dapat dilakukan dengan menambahkan zat aditif ke dalam ransum. Beberapa zat aditif telah terbukti mampu menghambat terjadinya proses lipogenesis dan aktivitas enzim lipase yang mampu menekan pembentukan lemak tubuh atau ada juga zat aditif yang mampu meningkatkan terjadinya proses lipolisis sehingga meningkatkan proses penguraian lemak di dalam tubuh ayam pedaging. Beberapa zat aditif beserta tingkat penggunaannya dalam ransum ayam *broiler* yang terbukti mampu menghambat lipogenesis dan aktivitas enzim lipase serta meningkatkan lipolisis dalam tubuh ayam *broiler* adalah sebagai berikut: 2,5 g L-arginin/kg ransum (Wu et al. 2011; Fouad et al. 2013); probiotik (0,1 g *Aspergillus awamori* atau 0,5 g *Aspergillus niger*/kg ransum (Yamamoto et al. 2007; Saleh et al. 2011; 2012); 0,6 g *polysavone* (ekstrak alfalfa)/kg ransum (Dong et al. 2007; Deng et al. 2011); 4 g *chitooligosakarida*/kg ransum (Zhou et al. 2009; Kang et al. 2012); 3 g ginseng/kg ransum (Yan et al. 2011); 0,2 g *thyme*/kg ransum (Al-kassie 2009); 0,1 dan 0,2 g *dihidropiridine*/kg ransum (Zou et al. 2007; Nium et al. 2010); 0,8 g asam alfa lipoat/kg ransum (Shen et al. 2007; Fernandez-Galilea et al. 2012; El-senousey et al. 2013).

**Tabel 2.** Beberapa hasil penelitian mengenai upaya penurunan lemak abdomen ayam pedaging melalui penerapan pembatasan pakan

| Perlakuan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Hasil penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Sumber                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Perbandingan pemberian pakan secara <i>ad libitum</i> dan pembatasan pakan selama dua minggu pada umur berbeda, yaitu 7-21, 14-28 dan 21-35 hari dengan memberikan pakan selama delapan jam setiap hari                                                                                                                                          | Pembatasan pakan pada umur 7-21 hari signifikan memperbaiki FCR dibandingkan dengan kontrol (1,93 vs 1,99)<br>Pertambahan bobot hidup (PBH) tidak berbeda nyata dengan kontrol (2.224 vs 2.286 g)<br>Pembatasan pakan pada umur 14-28 hari signifikan menurunkan persentase bobot lemak abdomen dibandingkan dengan kontrol (1,45 vs 1,78%) | Boostani et al. (2010)         |
| Perlakuan sebagai berikut: (A) <i>Ad libitum</i> ; (B) Dalam satu hari, puasa tiga jam; (C) Dalam satu hari, puasa lima jam; (D) Dalam satu hari, tujuh jam puasa; Dilakukan pada umur 8-28 hari, setelah umur 28 hari, ayam <i>broiler</i> diberi pakan secara <i>ad libitum</i> sampai umur enam minggu                                        | Bobot hidup akhir tidak berbeda nyata<br>Pertambahan bobot hidup menurun signifikan untuk perlakuan B, C dan D dibandingkan dengan perlakuan A (1.714; 1.715; 1.606 vs 1.737 g)<br>Pembatasan pakan secara nyata memperbaiki FCR (1,97; 2,03; 2,10 vs 2,19)<br>Persentase lemak abdomen tidak berbeda nyata antar perlakuan                 | Mahmood et al. (2007)          |
| Dua perlakuan, R1 (kontrol) dan R2 (pembatasan pakan). Pada perlakuan R2, pada umur 4-11 hari diberi ransum hasil pencampuran ransum <i>starter</i> komersial dengan dedak padi ( <i>rice hull</i> ) dengan perbandingan 50:50% + <i>premix</i> . Sebelum dan sesudah umur 4-11 hari, baik R1 dan R2 diberi ransum yang sama sampai umur 56 hari | Bobot hidup akhir tidak berbeda nyata antar perlakuan<br>FCR R2 (pembatasan pakan) signifikan lebih baik dibandingkan dengan R1 (2,29 vs 2,36)<br>Persentase lemak abdomen untuk R2 signifikan lebih baik dibandingkan dengan R1 (2,57 vs 3,20%)                                                                                            | Hassanabadi & Moghaddam (2006) |
| Pada umur 7-13 hari diberikan tiga perlakuan cara pemberian pakan, yaitu: (A) Pemberian secara <i>ad libitum</i> ; (B) Jumlah pemberian 75% dari <i>ad libitum</i> ; (C) Jumlah pemberian 50% dari <i>ad libitum</i>                                                                                                                             | Pertambahan bobot hidup tidak berbeda secara nyata antar perlakuan<br>FCR untuk perlakuan C, nyata lebih baik dibandingkan dengan perlakuan A dan B (2,14 vs 2,25; 2,21)<br>Persentase lemak abdomen dengan pemberian 50% <i>ad libitum</i> , nyata lebih baik dibandingkan dengan pemberian <i>ad libitum</i>                              | Khadem et al. (2006)           |

## KESIMPULAN

Deposisi lemak abdomen pada ayam pedaging terjadi ketika zat gizi yang dikonsumsi melebihi kebutuhan dalam setiap fase pertumbuhannya, sehingga kelebihan energi hasil metabolisme zat gizi tersebut disimpan dalam bentuk jaringan lemak tubuh, salah satunya berupa lemak abdomen. Upaya penurunan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging dapat dilakukan pertama melalui pemberian pakan dengan kandungan gizi yang disesuaikan dengan panduan kebutuhan gizi ayam pedaging pada setiap fase pertumbuhannya. Kedua, menerapkan pembatasan pakan atau memberikan zat aditif yang telah terbukti mampu menekan deposit lemak abdomen pada ayam pedaging. Teknik pembatasan pakan yang dapat dilakukan diantaranya adalah melalui pembatasan pakan secara fisik, pembatasan jumlah konsumsi ransum dalam suatu waktu, mengatur pencahayaan dalam kandang, menurunkan kandungan zat gizi ransum, terutama penurunan kandungan energi dan protein ransum

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-kassie GAM. 2009. Influence of two plant extracts derived from thyme and cinnamon on broiler performance. *Pak Vet J.* 29:169-173.
- Andi MA. 2012. Effects of additional DL-methionine in broiler starter diet on blood lipids and abdominal fat. *African J Biotechnol.* 11:7579-7581.
- Azman ME, Cerci IH, Birben N. 2005. Effects of various dietary fat sources on performance and body fatty acid composition of broiler chickens. *Turk J Vet Anim Sci.* 29:811-819.
- Berri C, Besnard J, Relandeau C. 2008. Increasing dietary lysine increases final pH and decreases drip loss of broiler breast meat. *Poult Sci.* 87:480-484.
- Boostani A, Ashayerizadeh A, Mahmoodian FHR, Kamalzadeh A. 2010. Comparison of the effects of several feed restriction periods to control ascites on performance, carcass characteristics and hematological indices of broiler chickens. *Braz J Poult Sci.* 12:171-177.

- Choi J, Song J, Choi YM, Jang DJ, Kim E, Kim I, Chee KM. 2006. Daidzein modulations of apolipoprotein B and fatty acid synthase mRNA expression in chick liver vary depending on dietary protein levels. *Asian Australas J Anim Sci.* 19:236-244.
- Darsi E, Shivazad M, Zaghari M, Namroud NF, Mohammadi R. 2012. Effect of reduced dietary crude protein levels on growth performance, plasma uric acid and electrolyte concentration of male broiler chicks. *J Agric Sci Technol.* 14:789-797.
- Deng W, Dong XF, Tong JM, Xie TH, Zhang Q. 2011. Effects of an aqueous alfalfa extract on production performance, egg quality and lipid metabolism of laying hens. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 96:85-94.
- Dong XF, Gao WW, Tong JM, Jia HQ, Sa RN, Zhang Q. 2007. Effect of polysavone (alfalfa extract) on abdominal fat deposition and immunity in broiler chickens. *Poult Sci.* 86:1955-1959.
- El-senousey HK, Fouad AM, Yao JH, Zhang ZG, Shen QW. 2013. Dietary alpha lipoic acid improves body composition, meat quality and decreases collagen content in muscle of broiler chickens. *Asian Australas J Anim Sci.* 26:394-400.
- Fernandez-Galilea M, Perez-Matute P, Prieto-Hontoria PL, Martinez JA, Moreno-Aliaga MJ. 2012. Effects of lipoic acid on lipolysis in 3T3-L1 adipocytes. *J Lipid Res.* 53:2296-2306.
- Ferrini G, Manzanilla EG, Menoyo D, Esteve-garcia E, Baucells MD, Barroeta AC. 2010. Effects of dietary n-3 fatty acids in fat metabolism and thyroid hormone levels when compared to dietary saturated fatty acids in chickens. *Livest Sci.* 131:287-291.
- Fouad a M, El-Senousey HK, Yang XJ, Yao JH. 2013. Dietary L-arginine supplementation reduces abdominal fat content by modulating lipid metabolism in broiler chickens. *Animal.* 7:1239-1245.
- Fouad AM, El-Senousey HK, Yang XJ, Yao JH. 2012. Role of dietary L-arginine in poultry production. *Int J Poult Sci.* 11:718-729.
- Fouad AM, El-Senousey HK. 2014. Nutritional factors affecting abdominal fat deposition in poultry: A review. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 27:1057-1068.
- Haro C V. 2005. Interaction between dietary polyunsaturated fatty acids and vitamin E in body lipid composition and  $\alpha$ -tocopherol content of broiler chickens [Thesis]. [Barcelona (Spain)]: Universitat Autònoma de.
- Hassanabadi A, Moghaddam H. 2006. Effect of early feed restriction on performance characteristics and serum thyroxine of broiler chickens. *Int J Poult Sci.* 12:1156-1159.
- Jiao P, Guo Y, Yang X, Long F. 2010. Effect of dietary arginine and methionine levels on broiler carcass traits and meat quality. *J Anim veterinary Adv.* 9:1546-1551.
- Jlali M, Gigaudo V, Métayer-coustard S, Sellier N, Tesseraud S, Le bihan-duval E, Berri C. 2015. Modulation of glycogen and breast meat processing ability by nutrition in chickens: Effect of crude protein level in 2 chicken genotypes. *J Anim Sci.* 90:447-455.
- Kang N-H, Lee WK, Yi B-R, Park M-A, Lee H-R, Park S-K, Hwang K-A, Park HK, Choi K-C. 2012. Modulation of lipid metabolism by mixtures of protamine and chitoooligosaccharide through pancreatic lipase inhibitory activity in a rat model. *Lab Anim Res.* 28:31-38.
- Khadem AA, Nouri-Emamzadeh A, Samie A. 2006. The effects of quantitative feed restriction and the protein and L-carnitine density of diets on the performance of broiler chickens. *Pak J Biol Sci.* 8:1509-1515.
- Lu L, Luo XG, Ji C, Liu B, Yu SX. 2007a. Effect of manganese supplementation and source on carcass traits, meat quality and lipid oxidation in broilers. *J Anim Sci.* 85:812-822.
- Lu Q, Wen J, Zhang H. 2007b. Effect of chronic heat exposure on fat deposition and meat quality in two genetic types of chicken. *Poult Sci.* 86:1059-1064.
- Mahmood S, Mehmood S, Ahmad F, Masood A, Kausar R. 2007. Effects of feed restriction during starter phase on subsequent growth performance, dressing percentage, relative organ weights and immune response of broilers. *Pak Vet J.* 27:137-141.
- Nikolova N, Pavlovski Z, Milošević N, Perić L. 2007. The quantity of abdominal fat in broiler chicken of different genotypes from fifth to seventh week of age. *Biotechnol Anim Husb.* 23:331-338.
- Nium ZY, Liu FZ, Min YN, Li WC. 2010. Effects of dietary dihydropyridine supplementation on growth performance and lipid metabolism of broiler chickens. *Czech J Anim Sci.* 55:116-122.
- Novele DJ, Ng'ambi JW, Norris D, Mbajiorgu CA. 2008. Effect of sex, level and period of feed restriction during the starter stage on productivity and carcass characteristics of Ross 308 broiler chickens in South Africa. *Int J Poult Sci.* 6:530-537.
- NRC. 1994. Nutrient requirement of poultry. 9th ed. Washington DC (US): National Academy Press.
- Oktaviana D, Zuprizal, Suryanto E. 2010. Pengaruh penambahan ampas *virgin coconut oil* dalam ransum terhadap performans dan produksi karkas ayam broiler. *Bul Peternak.* 34:159-164.
- Olanrewaju HA, Thaxton JP, Dozier WA, Purswell J, Roush WB, Branton SL. 2006. A review of lighting programs for broiler production. *Int J Poult Sci.* 5:301-308.

- Pratikno H. 2011. Lemak abdominal ayam *broiler* (*Gallus* sp) karena pengaruh ekstrak kunyit (*Curcuma domestica* Vahl.). *BIOMA*. 13:1-8.
- Rezaei M, Hajati H. 2010. Effect of diet dilution at early age on performance, carcass characteristics and blood parameters of broiler chicks. *Ital J Anim Sci*. 9:93-100.
- Ristić M. 2005. Influence of breed and weight class on the carcass value of broilers. In: XIIth European Symp Quality of Poultry Meat. Doorwerth (Netherland). p. 23-26.
- Rosa PS, Faria FDE, Dahlke F, Vieira BS, Macari M, Furlan RL. 2007. Effect of energy intake on performance and carcass composition of broiler chickens from two different genetic groups. *Braz J Poult Sci*. 9:117-122.
- Rosebrough RW, Russell BA, Richards MP. 2008. Short term changes in the expression of lipogenic genes in broilers (*Gallus gallus*). *Comp Biochem Physiol-A Mol Integr Physiol*. 149:389-395.
- Rosebrough RW, Russell BA, Richards MP. 2011. Further studies on short-term adaptations in the expression of lipogenic genes in broilers. *Comp Biochem Physiol-A Mol Integr Physiol*. 159:1-6.
- Royan M, Meng GY, Othman F, Sazili AQ, Navidshad B. 2011. Effects of conjugated linoleic acid, fish oil and soybean oil on PPARs ( $\alpha$  &  $\gamma$ ) mRNA expression in broiler chickens and their relation to body fat deposits. *Int J Mol Sci*. 12:8581-8595.
- Sahraei M, Shariatmadari F. 2007. Effect of different levels of diet dilution during finisher period on broiler chickens performance and carcass characteristics. *Int J Poult Sci*. 6:280-282.
- Sahraei M. 2012. Feed restriction in broiler chickens production. *Biotechnol Anim Husb*. 28:333-352.
- Saleh AA, Eid YZ, Ebeid TA, Ohtsuka A, Hioki K, Yamamoto M, Hayashi K. 2012. The modification of the muscle fatty acid profile by dietary supplementation with *Aspergillus awamori* in broiler chickens. *Br J Nutr*. 108:1596-1602.
- Saleh AA, Eid Z, Hayashi K. 2011. Effects of feeding *Aspergillus awamori* and *Aspergillus niger* on growth performance and meat quality in broiler chickens. *J Poult Sci*. 48:201-206.
- Sanyoto JJ, Riyanto J. 2004. Penggunaan minyak kelapa dan lemak sapi sebagai sumber energi ransum *broiler*. *J Indonesian Trop Anim Agric*. 29:148-155.
- Sartika RAD. 2008. Pengaruh asam lemak jenuh, tidak jenuh dan asam lemak trans terhadap kesehatan. *J Kesehatan Masyarakat Nasional*. 2:154-160.
- Sato K, Abe H, Kono T, Yamazaki M, Nakashima K, Kamada T, Akiba Y. 2009. Changes in peroxisome proliferator-activated receptor gamma gene expression of chicken abdominal adipose tissue with different age, sex and genotype. *Anim Sci J*. 80:322-327.
- Shen QW, Zhu MJ, Tong J, Ren J, Du M. 2007. Ca<sup>2+</sup>/calmodulin-dependent protein kinase kinase is involved in AMP-activated protein kinase activation by alpha-lipoic acid in C2C12 myotubes. *Am J Physiol Cell Physiol*. 293:C1395-C1403.
- Soegondo S. 2006. Farmakoterapi pada pengendalian glikemia diabetes melitus tipe 2. Dalam: Aru W, Sudoyo, Setiyohadi B, Alwi I, Simadibrata MK, Setiati S, penyunting. Buku ajar ilmu penyakit dalam. Jilid III. Jakarta (Indonesia): Pusat Penerbitan Departemen Ilmu Penyakit Dalam Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Suci DM, Mursyda E, Setianah T, Mutia R. 2005. Program pemberian makanan berdasarkan kebutuhan protein dan energi pada setiap fase pertumbuhan ayam poncin. *Media Peternakan*. 28:70-76.
- Tumuva E, Teimouri A. 2010. Fat deposition in the broiler chicken: A review. *Sci Agric Bohem*. 41:121-128.
- Wang Y, Mu Y, Li H, Ding N, Wang Q, Wang Y, Wang S, Wang N. 2008. Peroxisome proliferator-activated receptor-gamma gene: A key regulator of adipocyte differentiation in chickens. *Poult Sci*. 87:226-232.
- Wu LY, Fang YJ, Guo XY. 2011. Dietary L-arginine supplementation beneficially regulates body fat deposition of meat-type ducks. *Br Poult Sci*. 52:221-226.
- Xiong M, Li S, Peng X, Feng Y, Yu G, Xin Q, Gong Y. 2010. Adipogenesis in ducks interfered by small interfering ribonucleic acids of peroxisome proliferator-activated receptor gamma gene. *Poult Sci*. 89:88-95.
- Yamamoto M, Saleh F, Tahir M, Ohtsuka A, Hayashi K. 2007. The effect of koji-fed (fermented distillery byproduct) on the growth performance and nutrient metabolizability in broiler. *J Poult Sci*. 44:291-296.
- Yan L, Meng QW, Ao X, Wang JP, Jang HD, Kim IH. 2011. Evaluation of dietary wild-ginseng adventitious root meal on egg production, egg quality, hematological profiles and egg yolk fatty acid composition in laying hens. *Livest Sci*. 140:201-205.
- Yang X, Zhuang J, Rao K, Li X, Zhao R. 2010. Effect of early feed restriction on hepatic lipid metabolism and expression of lipogenic genes in broiler chickens. *Res Vet Sci*. 89:438-444.
- Zerehdaran S, Vereijken ALJ, van Arendonk JAM, van der Waaij EH. 2005. Effect of age and housing system on genetic parameters for broiler carcass traits. *Poult Sci*. 84:833-838.
- Zhang GM, Wen J, Chen JL, Zhao GP, Zheng MQ, Li WJ. 2007. Effect of conjugated linoleic acid on growth performances, carcase composition, plasma lipoprotein lipase activity and meat traits of chickens. *Br Poult Sci*. 48:217-223.

- Zhou J. 2008. Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on abdominal fat deposition in yellow-feather broiler chickens and its possible mechanism. *Asian Australas J Anim Sci.* 21:1760-1765.
- Zhou TX, Chen YJ, Yoo JS, Huang Y, Lee JH, Jang HD, Shin SO, Kim HJ, Cho JH, Kim IH. 2009. Effects of chitooligosaccharide supplementation on performance, blood characteristics, relative organ weight and meat quality in broiler chickens. *Poult Sci.* 88:593-600.
- Zou XT, Xu ZR, Zhu JL, Fang XJ, Jiang JF. 2007. Effects of dietary dihydropyridine supplementation on laying performance and fat metabolism of laying hens. *Asian Australas J Anim Sci.* 20:1606-1611.

## Peran Sistem Kekebalan Non-spesifik dan Spesifik pada Unggas terhadap *Newcastle Disease*

Dyah Ayu Hewajuli dan NLPI Dharmayanti

Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata No. 30, Bogor 16114  
[dhewajuli@yahoo.com](mailto:dhewajuli@yahoo.com)

(Diterima 11 Februari 2015 – Direvisi 7 Agustus 2015 – Disetujui 31 Agustus 2015)

### ABSTRAK

*Newcastle disease* (ND) disebabkan oleh virus *avian paramyxovirus-1* yang termasuk genus *Avulavirus* dan famili *Paramyxoviridae*. Infeksi ND pada unggas ditandai dengan kelainan patologi pada organ limfoid humoral (*bursa fabricius*) dan seluler (timus dan limpa). Kelainan patologis ini dapat mempengaruhi kerja sistem kekebalan non-spesifik dan spesifik dalam melawan infeksi virus ND. Komponen utama kekebalan non-spesifik adalah *barrier* fisik dan kimia (bulu dan kulit atau mukosa), sel fagosit (makrofag dan *natural killer*), protein komplemen dan mediator peradangan serta sitokin. Interferon (IFNs) termasuk kelompok sitokin yang berperan dalam kekebalan non-spesifik atau *innate* (alami). Virus ND virulen yang mengkode gen protein V mampu menekan IFN tipe I. Hal ini menyebabkan sistem kekebalan non-spesifik gagal melawan infeksi virus ND *strain* virulen sehingga mengakibatkan sifat patogenitas yang parah pada unggas. Pertahanan inang melawan serangan virus ND akan digantikan oleh kekebalan spesifik (*adaptive immunity*) apabila kekebalan alami tidak mampu melawan infeksi virus ND. Sistem kekebalan spesifik terdiri dari *humoral mediated immunity* (HMI) dan *cell mediated immunity* (CMI). Sel-sel sistem imun yang bereaksi spesifik dengan antigen adalah limfosit B yang memproduksi antibodi dan limfosit T yang mengatur sintesis antibodi maupun sel T yang mempunyai fungsi efektor atau sitotoksik langsung. Respon kekebalan non-spesifik dan spesifik tidak dapat dipisahkan karena saling melengkapi dalam melawan invasi virus ND.

**Kata kunci:** *Newcastle disease*, organ limfoid, sistem kekebalan, non-spesifik, spesifik

### ABSTRACT

#### The Role of Non-specific and Specific Immune Systems in Poultry against Newcastle Disease

Newcastle disease (ND) is caused by *avian paramyxovirus-1* which belong to *Avulavirus* genus and *Paramyxoviridae* family. The birds have abnormalities in humoral (*bursa fabricius*) and cellular (thymus and spleen) lymphoid organs. Lesions decrease the immune system. Immune system consists of non-specific and specific immune systems. The main components of non-specific immunity are physical and chemical barrier (feather and skin or mucosa), phagocytic cells (macrophages and natural killer), protein complement and the mediator of inflammation and cytokines. Interferons (IFNs) that belong to a group of cytokines play a major role in the nonspecific or innate (natural) immunity. The virulent ND virus encodes protein of V gene can be suppressed IFN type I. This leads to non-specific immune system fail to respond to the virulent strains resulting in severe pathogenicity. The defense mechanism of the host is replaced by specific immunity (*adaptive immunity*) when natural immunity fails to overcome the infection. The specific immune system consists of humoral mediated immunity (HMI) and cell-mediated immunity (CMI). The cells of immune system that react specifically with the antigen are B lymphocytes producing the antibodies, T lymphocytes that regulate the synthesis of antibodies and T cells as effector or the direct cytotoxic cells. Both non-specific and specific immunities are complementary against the invasion of ND virus in the birds.

**Key words:** Newcastle disease, lymphoid organs, non-specific, specific immunity

### PENDAHULUAN

*Newcastle disease* (ND) termasuk satu dari empat besar penyakit infeksius selain *highly pathogenic avian influenza* (HPAI), *infectious bronchitis* (IB) dan *low pathogenic avian influenza* (LPAI) yang menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan dalam industri perunggasan. Angka kesakitan dan angka kematian mencapai 100%. Penyakit ini bersifat endemis dan ditemukan menyebar di beberapa negara di dunia (Sa'idu & Abdu 2008).

Penyakit ini menyebar dengan cepat pada spesies ayam, kalkun dan spesies unggas yang lain. Periode inkubasi dan gejala klinis ND dipengaruhi oleh beberapa faktor. Masa inkubasi ND pada unggas antara 3-6 hari tergantung pada jenis spesies inang, kekebalan inang serta konsentrasi dan *strain* virus ND. Gejala klinis non-spesifik yang ditunjukkan oleh ND meliputi depresi, bulu rontok, sulit bernafas dengan mulut terbuka, hipertermia, anoreksia, lesu dan hipotermia sebelum kematian. Diagnosis diferensial untuk ND yaitu penyakit *avian influenza* (AI), *infectious*

*laringotracheitis* (ILT) dan *mycoplasmosis* (Alexander & Senne 2008). Meskipun demikian, dugaan terhadap ND muncul apabila organ limpa, timus, *bursa fabricius* dan saluran pencernaan unggas yang sakit mengalami perdarahan dan nekrosis (Courtney et al. 2013).

Infeksi ND pada unggas dibedakan menjadi lima patotipe berdasarkan tingkat keparahan gejala klinisnya yaitu *viscerotropic velogenic*, *neurotropic velogenic*, *mesogenic*, *lentogenic* dan *asymptomatic enteric* (Piacenti et al. 2006). Penyakit ND tipe *velogenic* bersifat sangat patogen dengan rata-rata persentase angka kesakitan dan kematian mendekati 100% pada unggas, khususnya ayam yang tidak divaksinasi ND (Sa'idu & Abdu 2008). Virus ND akan menyebabkan kelainan pada organ paru-paru, saluran pencernaan dan sistem syaraf pusat (Wakamatsu et al. 2006c). Seperti pada periode inkubasi, banyaknya lesi dan kerusakan organ yang timbul pada unggas juga dipengaruhi oleh *strain* dan patotipe virus ND, inang dan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi keparahan penyakit. Lesi perdarahan dan nekrosis ditemukan pada usus kecil, proventrikulus dan seka tonsil (Wakamatsu et al. 2006c).

Virus ND genotipe VIIb telah banyak ditemukan di Asia. Genotipe ini menyebabkan nekrosis yang lebih parah pada jaringan limfoid khususnya limpa jika dibandingkan dengan genotipe lainnya (Hu et al. 2012). Infeksi virus ND genotipe VII menyebabkan wabah di beberapa peternakan unggas komersial di Indonesia. Sebagian besar virus ND penyebab wabah tersebut mempunyai motif R-R-R-K-R dan R-R-Q-K-R pada sekuens gen F dan termasuk tipe velogenik (Dharmayanti et al. 2014). Tekanan respon kekebalan inang oleh infeksi virus ND menyebabkan kerusakan organ limfoid primer bersifat sementara atau permanen (Nasser et al. 2000). Rue et al. (2011) melaporkan bahwa sistem kekebalan spesifik (humoral dan seluler) tidak dapat berfungsi secara optimal pada ayam yang terinfeksi virus ND karena jaringan limfoid tidak berkembang sehingga menyebabkan kelainan patologi atau kerusakan pada organ limfoid seluler seperti limpa dan timus. Degenerasi pada organ limfoid humoral juga dapat terjadi pada *bursa fabricius* unggas. Makalah ini membahas peran sistem kekebalan non-spesifik dan spesifik pada ND.

## VIRUS NEWCASTLE DISEASE DAN MEKANISME INFEKSINYA

Penyakit ND disebabkan oleh virus *avian paramyxovirus-1* yang termasuk genus *Avulavirus* dan famili *Paramyxoviridae* (Lamb et al. 2005). Virus ini berbentuk pleomorfik, sebagian besar berbentuk bulat kasar dengan diameter 100-500 nm tetapi juga ditemukan dalam bentuk filamen dengan diameter 100 nm. Panjang virus *paramyxovirus* terlihat bervariasi

(Yusoff & Tan 2001). Panjang genom virus ND sebesar 15.186 nukleotida. Genomnya tidak bersegmen, bersifat *single-stranded* (ss) dan berpolaritas RNA negatif. Genom virus ini mempunyai enam protein utama yang menyusunnya yaitu *Nucleocapsid protein* (N), *Phosphoprotein* (P), *Matrix protein* (M), *Fusion protein* (F), *Hemagglutinin-neuraminidase protein* (HN) dan *Large polymerase protein* (L) (Rout & Samal 2008). Terdapat dua protein non-struktural lainnya yang dihasilkan selama proses transkripsi gen P yaitu V dan W. Protein N, P, HN dan F terletak di bagian luar *envelope* sedangkan protein M terdapat di lapisan dalam virion (Peeters et al. 2004).

Protein HN berperan dalam tahap penempelan virus ND pada reseptor sel inang yang mengandung *sialic acid* yaitu *glycoprotein* dan *glycolipid* (Iorio et al. 2009). Protein F sebagai perantara penempelan virus dengan penyatuan virus dan membran sel inang. Selanjutnya, RNA virus dilepaskan ke dalam sitoplasma kemudian terjadi replikasi (Ferreira et al. 2004). Proses masuknya virus ke dalam sel melalui dua cara yaitu pertama, penyatuan secara langsung antara *envelope* virus dengan membran plasma dan kedua, diperantarai oleh reseptor endositosis. Penetrasi virus melalui reseptor endositosis tergantung pada kondisi pH-nya. Pada *paramyxoviruses*, proses penyatuan membran virus dengan membran plasma inang tidak tergantung pH (San Roman et al. 1999), namun hasil penelitian lain menunjukkan penyatuan virus ND dengan sel inang mampu meningkatkan pH, artinya penetrasi virus ND pada sel inang juga dipengaruhi oleh kondisi pH (Sánchez-Felipe et al. 2014).

Disamping mempunyai reseptor yang cocok dengan virus ND, sel inang juga harus memiliki enzim tripsin yang fungsinya mirip protease untuk memecah protein F0 menjadi F1 dan F2 pada infeksi ND avirulen walaupun protease tidak selalu diperlukan untuk penempelan virus ND virulen (Sakaguchi et al. 1991). Penyebaran reseptor sel pada ayam yang peka terhadap virus ND avirulen bersifat terbatas dan hanya ditemukan pada saluran pencernaan dan pernafasan atas, sedangkan replikasi virus ND virulen terjadi di sebagian besar jaringan inang (Brown et al. 1999).

Bouzari & Spadbrow (2006) melaporkan virus ND avirulen yang diinokulasikan lewat mulut bereplikasi di esofagus, tembolok dan proventrikulus satu hari pasca-inokulasi, lalu bereplikasi di duodenum, jejunum, ileum dan sekum, kemungkinan terjadi sebagai akibat dari viremia pada hari keempat hingga keenam pasca-infeksi.

## ORGAN LIMFOID UNGGAS

*Stem cell* pada sumsum tulang membentuk sel-sel yang berperan dalam sistem kekebalan. Sebagian berkembang menjadi sel *myeloid* (fagosit, makrofag

dan makrofag), sebagian menjadi calon sel limfoid (limfosit T, limfosit B dan *natural killer*/NK). Organ tersebut dinamakan organ limfoid yang dapat dibedakan menjadi limfoid primer dan sekunder (Liu et al. 2009).

### Organ limfoid primer

Organ limfoid primer berfungsi sebagai tempat embriogenesis dan pematangan sel-sel limfoid, misalnya timus. Keberadaan sel plasma yang ditemukan pada timus ayam mampu merespon kekebalan secara langsung sehingga timus berperan juga sebagai organ limfoid sekunder (Treesh et al. 2014). Timus terletak berdekatan dengan saraf vagus dan vena jugularis pada leher. Timus mengecil dengan bertambahnya umur, sebagai tanda maturitas sistem imun pada individu. Timus merupakan organ untuk perkembangan limfosit T yang sudah matang lalu berpindah dari bagian kortek ke medula timus, memasuki sirkulasi tubuh melalui pembuluh medula timus (Oláh & Vervelde 2008).

Sel limfosit T biasanya bermigrasi ke kelenjar limfe perifer. Limfosit T dalam organ limfoid sekunder akan berkembang menjadi sel *T helper* (Th) atau *T cytotoxic* (Tc). Sel Th akan berinteraksi dengan antigen tertentu yang disajikan oleh *antigen presenting cell* (APC) melalui interaksi spesifik yaitu ikatan *major histocompatibility complex II* (MHC II) dan *cluster designation 4* (CD 4) (Moon et al. 2007). Sel yang mempunyai marker CD 8+, CD4-, TcR- digolongkan ke dalam Tc. Sel Tc berinteraksi dengan antigen yang diproses dalam sel somatik lain dengan ikatan MHC I dan CD8 (Fung-Leung et al. 1991).

*Bursa fabricius* berkembang maksimal pada umur 8-10 minggu dan mengalami puncak involusi pada umur 6-7 bulan (Ciriaco et al. 2003). *Bursa fabricius* dikelilingi oleh lapisan otot polos tebal berfolikel. Folikel terdiri dari dua bagian yaitu medula dan korteks. Folikel tersebar pada korteks dan medula yang terdiri dari limfosit, limfoblast, makrofag dan sel plasma (Masum et al. 2014). Limfosit terbesar terdapat di bagian korteks (Leena et al. 2012).

Bursa berkembang pada masa pembentukan embrio dan setelah penetasan. Pada saat penetasan, setiap folikel berhubungan secara langsung dengan epitel yang memisahkan ruangan limfoid dari lumen bursa. Perkembangan bursa menjadi lambat dan menyebabkan perubahan fungsi setelah penetasan. Dengan bertambahnya umur, apoptosis pada bursa terjadi pada umur 3-28 minggu (Fang & Peng 2014) sedangkan menurut Li et al. (2008) apoptosis dimulai pada umur 1-24 minggu.

*Bursa fabricius* merupakan tempat diferensiasi dan pematangan sel limfosit B. Kekurangan asam

amino seperti *Methionine* pada *bursa fabricius* menurunkan pembentukan limfosit dalam folikel tetapi meningkatkan apoptosis sehingga respon kekebalan humoral mengalami gangguan (Wu et al. 2013). Sel limfosit B pada organ limfoid sekunder dapat merespon antigen dan menghasilkan kekebalan humoral (antibodi) (Letran et al. 2011). Sel T CD4+ bereaksi dengan peptida imunogenik dari daerah *V B cell receptor* (BCR) melalui MHC II menghasilkan klon sel B dalam jumlah besar. Sel limfosit B yang sudah terpapar antigen dalam organ limfoid sekunder akan berdiferensiasi menjadi sel plasma penghasil immunoglobulin (antibodi). Gangguan interaksi antara sel T yang spesifik dengan peptida BCR dan organ limfoid sekunder (*germinal center*) menyebabkan hambatan respon kekebalan sekunder (Heiser et al. 2011). Sel limfosit B akan membelah setelah terpapar antigen akan beristirahat sebagai limfosit B memori yang akan mensekresikan immunoglobulin spesifik berkadar sangat tinggi jika terpapar antigen yang sama (Mazengia et al. 2009).

### Organ limfoid sekunder

Sel-sel kekebalan yang sudah matang di organ limfoid primer kemudian bersirkulasi dan masuk ke organ limfoid sekunder. Sel prekursor myeloid di dalam organ limfoid sekunder berdeferensiasi menjadi sel granulosit (netrofil, basofil dan eosinofil), sel Mast, sel eritrosit (Kovacic et al. 2014), sel monosit, sel makrofag serta sel NK (Fogg et al. 2006). Sel NK diperoleh dari sel prekursor myeloid yang mengekspresikan *killer immunoglobulin-like receptors* dalam jumlah besar (Grzywacz et al. 2011). Organ limfoid sekunder berfungsi untuk pematangan kembali dan seleksi terhadap sel-sel limfoid pada saat tubuh mulai berkontak dengan antigen tertentu serta terjadi proses seleksi kelompok sel limfoid yang kompeten untuk merespon antigen (Houston et al. 2008). Limpa dan *mucosal associated lymphoid tissue* (MALT) termasuk organ limfoid sekunder (Moon et al. 2007).

Pulpa merah pada limpa mengandung banyak eritrosit, berperan dalam hematopoietik dan filter sirkulasi sel eritrosit sedangkan akumulasi sel limfosit banyak ditemukan pada pulpa putih (Oláh & Vervelde 2008). Organ limfoid sekunder tersusun dari kumpulan sel limfoid. Akumulasi jaringan limfoid menyebar sepanjang mukosa (MALT) dan tersebar secara alami sejak perkembangan embrio. Sel B dan sel T banyak ditemukan di organ limfoid MALT pada saluran pencernaan dan pernafasan dan kepala (Trenchi 2013). Tabel 1 menunjukkan letak dan penyebaran jaringan limfoid sekunder yang berhubungan dengan mukosa di berbagai organ.

**Tabel 1.** Letak dan penyebaran jaringan limfoid sekunder yang berhubungan dengan mukosa di berbagai organ

| <i>Mucosal associated lymphoid tissue (MALT)</i>   |                                               |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Nama                                               | Letak                                         |
| <i>Gut associated lymphoid tissue (GALT)</i>       | <i>Meckel's diverticulum</i>                  |
|                                                    | <i>Peyer's patches</i>                        |
|                                                    | Esofagus-proventrikulus                       |
|                                                    | Seka tonsil                                   |
| <i>Head associated lymphoid tissue (HALT)</i>      | Kelenjar Harderian                            |
|                                                    | Jaringan paranasal dan lakrimal               |
|                                                    | Rongga konjungtiva nasal                      |
| <i>Bronchial associated lymphoid tissue (BALT)</i> | Bronkus primer dan sekunder                   |
|                                                    | Lamina propia                                 |
| Organ lain                                         | Kandung kemih, hati, pankreas, ginjal, oviduk |

**Sumber:** Trenchi (2013)

*Gut associated lymphoid tissue (GALT)* tersusun atas kumpulan nodul limfoid seperti seka tonsil, *Meckel's divertikulum*, *Peyer's patches* dan tonsil. *Gut associated lymphoid tissue* pada ayam tersusun dari nodul-nodul limfoid yang membentuk organ limfoid. Posisi anatomi jaringan limfoid ini sangat stabil dan strukturnya sangat konsisten seperti pada seka tonsil. Tonsil merupakan suatu organ kompleks yang terdiri dari jaringan epitel yang dikelilingi oleh jaringan limfoid. Jaringan epitel tersebut mengandung sel limfoid, membentuk jaringan limfoepitel. Akumulasi sel limfoid T ditemukan terutama di ruang interfolikuler, sedangkan sel limfoid B akan membentuk *germinal center*. Organ tonsil terletak antara esofagus dan proventrikulus, sebagai garis pertahanan pertama (Oláh et al. 2003).

Seka tonsil adalah organ limfoid GALT terbesar sebagai penghubung sekum dan rektum (Janardhana et al. 2009). Seka tonsil baru berkembang sempurna saat unggas berumur empat hari. Sebagian besar jaringan limfoid mengandung sel TcR $\alpha\beta$ CD4<sup>+</sup> dan sel CD8<sup>+</sup>. Sel CD8<sup>+</sup> mempresentasikan keberadaan sel T  $\delta\gamma$  dan sel NK. Sel limfosit B ditemukan pada daerah subepitel, *germinal center (GC)* dan epitel seka tonsil yang mengekspresikan keberadaan Ig M atau Ig A. Seka tonsil dan *peyer's patches* fungsinya sama yaitu sebagai limfoid sekunder (Gómez Del Moral et al. 1998). *Peyer's patches* dapat dideteksi 1-6 buah pada saluran pencernaan, dengan ciri vili tebal dan berfolikel, daerah subepitel dan interfolikuler menyerupai seka tonsil. Sel makrofag banyak ditemukan pada subepitel. Sel T *dependent* yang mengekspresikan sel TCR $\alpha\beta$ 1 lalu menjadi sel CD4<sup>+</sup> dan IgY dalam jumlah besar dan IgM, IgA dalam jumlah kecil (Oláh et al. 2003). *Peyer's patches* dan

seka tonsil mempunyai precursor sel B (Muir et al. 2000).

*Meckel's diverticulum* (0,04-0,08 g, 0,5-0,7 cm) ditemukan pada permulaan distal jejunum. *Meckel's diverticulum* berfungsi sebagai perantara pasokan makanan dari kuning telur ke embrio. *Meckel's diverticulum* berkembang baik pada umur muda. *Meckel's diverticulum* terdiri dari *tunica mucosa*, *muscularis mucosa* dan *tunica serosa* yang mengandung folikel limfoid. Akumulasi limfoid dimulai pada umur dua minggu dan saat usia lima minggu sepanjang organ ini dipenuhi oleh jaringan limfoid (Igbokwe & Abah 2009). Pembentukan *germinal center (GC)* secara intensif terjadi antara umur lima dan tujuh minggu. Susunan GC berkaitan dengan sel sekretori, GC tidak aktif apabila sel sekretori tidak ditemukan pada GC yang ditandai dengan sedikit limfoblast dan banyak makrofag. Jaringan limfoid mencapai puncaknya pada umur 10 minggu dan masih dapat terdeteksi sampai umur 21 minggu (Oláh et al. 1984). Limfosit banyak ditemukan pada lapisan intraepitel dan lamina propia. Sel limfosit yang paling banyak ditemukan pada saluran pencernaan adalah sel limfosit T yang berperan dalam pengenalan antigen dan sinyal transduksi (Imhof et al. 2000).

Sel-sel limfoid pada *Peyer's patches* dan organ limfoid GALT menyerupai limfosit pada saluran respirasi, terdiri dari *tracheal associated lymphoid tissue* dan *bronchial associated lymphoid tissue (BALT)*. Struktur BALT tersusun dari bronkus primer, dan sekunder dan *air sacs*. Sel limfosit B dan T yang membentuk nodul di sepanjang bronkus primer dan sekunder. Leukosit, granulosit dan makrofag terdapat di *air sacs* (Kothlow & Kaspers 2008). Jumlah limfosit di bronkus primer sangat sedikit pada ayam umur satu hari. Pada minggu pertama leukosit CD45<sup>+</sup> bermigrasi ke bronkus primer dan infiltrasi limfosit kecil ditemukan pada bronkus sekunder. Nodul limfosit pada BALT serta Ig Y, Ig M dan Ig A, CD4<sup>+</sup> dan CD8<sup>+</sup> berkembang setelah 3-4 minggu dan meningkat sampai umur 18 minggu (Fagerland & Arp 1993). Sel fagosit (makrofag, heterophil) banyak ditemukan pada *air sacs* (Crespo et al. 1998).

Kumpulan beberapa jaringan limfoid di kepala dikenal sebagai *head associated lymphoid tissue (HALT)* meliputi *Harderian glandula*, *lacrimal glandula*, *conjunctival associated lymphoid tissue*, sel limfoid pada lamina propia pada *nasal cavity*, *larynx* dan *nasopharynx*. Organ limfoid *Harderian glandula* terletak di belakang orbit bola mata dan merupakan penyusun terbesar organ limfoid sekunder HALT. Limfosit dan sel plasma juga ditemukan pada kelenjar lakrimal dan jaringan sekitar mata. Organ limfoid *Harderian glandula* ditemukan di bagian ektodermal dan merupakan kelenjar *tubuloacinar eksokrin* serta berfungsi sebagai pembilas membran (Khan et al.

2007). Jaringan limfoid *Harderian glandula* terdiri dari struktur limfoepitel dan sel blast di kepala serta sel plasma dalam jumlah besar dengan tingkat pematangan yang berbeda. Kelenjar Harderian mengandung sel limfosit B pada jaringan limfoid bagian perifer atau pusat germinal serta sel limfosit T dan makrofag pada bagian interfolikuler atau struktur limfoepitel. Bagian utama dari kelenjar Harderian mengandung sel limfosit T dan sel plasma (sel limfosit B). Sel limfosit T dan B pada bagian ini terletak pada bagian yang berbeda tergantung pada tingkat perkembangan dan pematangan dari kedua sel limfosit tersebut (Oláh & Vervelde 2008).

## RESPON KEKEBALAN NON-SPEKIFIK

Respon kekebalan non-spesifik (alamiah) terdiri dari faktor-faktor yang sudah ada sejak lahir atau sebelum tubuh terinfeksi mikroorganisme. Respon kekebalan ini bersifat cepat dan paling awal dalam pertahanan terhadap infeksi mikroorganisme. Sistem kekebalan non-spesifik terdiri dari beberapa komponen yaitu *barrier* fisik dan kimia (bulu, kulit, mukosa); sel fagosit (makrofag, NK, neutrofil, heterofil) (Ferdous et al. 2008); protein komplemen dan mediator peradangan dan sitokin (Scott & Owens 2008).

Sistem kekebalan non-spesifik tidak hanya melawan patogen tetapi juga mengawali terjadinya reaksi kaskade yang melibatkan berbagai macam komponen sistem kekebalan untuk selanjutnya menginduksi sistem kekebalan spesifik (adaptif). Sistem kekebalan non-spesifik sangat penting pada fase awal invasi mikroorganisme dengan cara membatasi penyebaran patogen sampai ke sistem kekebalan spesifik (sel limfosit B dan T) bekerja untuk melawan infeksi tersebut (Juul-Madsen et al. 2008). Invasi patogen ke dalam tubuh inang dapat melalui oral atau saluran pencernaan, penetrasi kulit atau mukosa, serta saluran pernafasan atau inhalasi.

Inhalasi partikel mikroorganisme dalam bentuk aerosol dilawan oleh sistem kekebalan respirasi unggas melalui filtrasi aerodinamik, mukosiliari, fagositosis. Perlekatan partikel mikroorganisme tergantung ukurannya. Partikel ukuran besar (3,7-7  $\mu\text{m}$ ) akan dibunuh di *nasal cavity* dan *trachea proximal* tetapi partikel yang lebih kecil mampu menginfeksi sepanjang saluran pernafasan. Partikel ukuran sedang (1,1  $\mu\text{m}$ ) akan tersaring di paru-paru dan *cranial air sacs* tetapi partikel yang lebih kecil (0,091  $\mu\text{m}$ ) akan mampu melewati seluruh paru-paru kemudian terperangkap dalam *abdominal air sacs* (Hayter & Besch 1974). Makrofag ditemukan dalam jumlah besar pada epitelium atrium jantung dan infundibular yang berperan penting mengeliminasi partikel dari udara (Nganpiep & Maina 2002). Leukosit dideteksi pada

permukaan *air sacs* sedangkan granulosit dan makrofag ditemukan pada sel saluran pernafasan dan fagosit mononuklear dapat dideteksi di parenkim paru-paru dan jaringan penghubung *air sacs* (Crespo et al. 1998). *Barrier* fisik dan kimia yang termasuk sistem kekebalan non-spesifik mengatur simbiosis mutualisme dengan mikroba flora normal pada saluran pencernaan. Pemahaman tentang bagaimana sistem kekebalan alami berupaya untuk melindungi dan menjaga keseimbangan dengan berbagai jenis mikroba sangat penting untuk mencegah dan pengobatan penyakit (Maynard et al. 2012).

Kekebalan non-spesifik diawali oleh reaksi reseptor yang dikenali oleh mikroorganisme (*pattern recognition receptors/PRRs*) dan *pathogen-associated molecular patterns* (PAMPs). Pengenalan PAMPs oleh PRRs baik secara sendiri maupun heterodimer dengan PRRs yang lain, *toll-like receptors* (TLR), *nucleotide binding oligomerization domain proteins* (NOD), *RNA helicases* seperti *retinoic acid induce-ible gen 1* (RIG-1) atau *melanoma differentiation-associated protein 5* (MDA5), *lectin* tipe C mampu menginduksi respon sinyal intraseluler untuk mengaktifkan gen yang mengkode sitokin penyebab radang, faktor anti apoptosis dan peptida anti mikroba (Timmermans et al. 2013). Reseptor RIG-1 pada makrofag berperan penting dalam melindungi sel inang dari infeksi virus ND dan sebagai antivirus untuk melawan virus ND pada awal infeksi. Ekspresi RIG-1 dalam jumlah besar akan menurunkan replikasi virus ND (Fournier et al. 2012).

Reseptor sel sistem kekebalan non-spesifik bersifat kurang spesifik terhadap serangan mikroorganisme jika dibandingkan dengan reseptor sel sistem kekebalan spesifik BCR dan TCR. Reseptor sel pada sistem kekebalan non-spesifik ditemukan dalam jumlah yang lebih besar di seluruh tubuh jika dibandingkan dengan reseptor sel sistem kekebalan spesifik. Sistem kekebalan non-spesifik seluler memiliki sampai 100 jenis reseptor yang berbeda. Reseptor ini diekspresikan dengan frekuensi yang tinggi dan disebarkan berdasarkan tipe sel. Setiap reseptor diekspresikan pada jutaan sel kekebalan non-spesifik sebaliknya pada sistem kekebalan spesifik BCR dan TCR populasinya sangat sedikit pada sel yang diperoleh dari klon yang spesifik. Keragaman dan frekuensi reseptor yang digunakan untuk melawan patogen menyebabkan perbedaan respon kekebalan non-spesifik dan spesifik. Reseptor sel kekebalan nonspesifik untuk mendeteksi patogen mempunyai frekuensi yang tinggi sehingga menyebabkan respon yang terjadi sangat cepat, tetapi kemampuan membedakan patogen atau spesifisitas rendah. Respon sel sistem kekebalan spesifik (BCR dan TCR) melambat tergantung pada proliferasi sel, tetapi spesifisitasnya sangat tinggi (Juul-Madsen et al. 2008).

Infeksi virus pertama kali dikenali oleh protein inang yaitu protein TLR dan NOD. Sinyal berlangsung sangat cepat kemudian terjadi transkripsi faktor aktivasi yang menghasilkan interferon dan sitokin untuk menghambat replikasi virus. Infeksi virus ND mampu menginduksi *nitric oxide* (NO) dalam sel heterofil dan monosit dalam darah. Sel makrofag mengekresikan *interferon alpha* (INF  $\alpha$ ) dan *interferon beta* (INF  $\beta$ ) sedangkan sel monosit dalam darah memproduksi *interferon gamma* (INF- $\gamma$ ) (Ahmed et al. 2007). Respon aktivasi makrofag terdiri dari migrasi dan kemotaksis, fagositosis dan produksi reaktif nitrogen dan oksigen. Respon ini merupakan reaksi peradangan dan membatasi penyebaran patogen (Qureshi et al. 2000). Makrofag berfungsi sebagai *antigen presenting cell* (APC), akan mengaktifkan sel T melalui *co-stimulator* molekul dan stimulator sitokin (Houston et al. 2008). Infeksi virus ND *strain* virulen merangsang respon gen inang INF  $\alpha$ , INF  $\beta$ , *interleukin 1* (IL-1) dan *interleukin 6* (IL-6) dalam leukosit limpa (Rue et al. 2011). Lebih lanjut, virus ND virulen mampu merangsang respon sitokin penyebab peradangan yaitu INF  $\alpha$ , INF  $\gamma$ , IL-1 dan IL-6 dalam leukosit limpa tetapi respon ini tidak ditunjukkan oleh infeksi virus ND *strain* tidak virulen (Wakamatsu et al. 2006a; 2006b).

Virus ND genotipe VII b menyebabkan kelainan patologi apoptosis dan nekrosis yang berat pada limpa. Invasi genotipe ini pada unggas menimbulkan respon kekebalan non-spesifik dengan memproduksi sitokin (INF- $\alpha$ , INF- $\beta$ , INF- $\gamma$ ) lebih tinggi jika dibandingkan dengan genotipe virus ND lainnya. Lebih lanjut, aktivitas respon INF yang semakin meningkat menyebabkan terjadinya peradangan, dan kerusakan jaringan. interferon (INFs) adalah sitokin yang berperan dalam kekebalan non-spesifik atau *innate* (alami). Kadar INF yang meningkat sebagai akibat dari efek anti virus yang dimilikinya terhadap replikasi virus ND dalam sel inang (Hu et al. 2012). Selain itu, INF juga sebagai perantara apoptosis. Beberapa faktor seperti *INF regulatory* (IRFs), protein kinase R (PKR), dan 2',5-oligoadenylate/ sistem RNaseL berperan sebagai sinyal perantara INF dalam menyebabkan apoptosis dengan berbagai mekanisme yang berbeda. Interferon juga dapat menstimulasi aktifitas *TNF-related apoptosis-inducing ligand* (TRAIL) yang berfungsi sebagai reseptor penghubung terjadinya kematian sel inang (Barber 2001). Sel yang mengalami nekrosis akan melepaskan komponen sitoplasmik ke dalam cairan ekstraselular yang akan merangsang terjadinya respon peradangan (Amarilyo et al. 2010).

Rue et al. (2011) melaporkan virus ND virulen yang mengkode gen protein V mampu menekan INF tipe I. Hal ini menyebabkan sistem kekebalan non-spesifik tidak mampu merespon infeksi tersebut sehingga mengakibatkan penyakit yang parah pada

unggas. Pertahanan terhadap serangan virus akan digantikan oleh kekebalan spesifik (*adaptive immunity*) apabila kekebalan alami tidak mampu melawan infeksi virus ND. Respon kekebalan non-spesifik dan spesifik tidak dapat dipisahkan karena kedua respon ini saling melengkapi dalam melawan invasi virus ND. Hubungan antara respon kekebalan non-spesifik dan spesifik ditunjukkan dengan mekanisme makrofag sebagai APC yang berinteraksi dengan molekul dari antigen melalui TLR yang dimilikinya. Molekul antigen tersebut akan difagositosis dan difragmentasi kemudian disajikan kepada sel T. Interaksi antara patogen dan molekul antigen dapat mengaktifasi makrofag untuk memproduksi radikal nitrogen {*nitric oxide* (NO)} dan oksigen {*reactive oxygen intermediates* (ROI)} serta menginduksi ekspresi sitokin seperti IL1 $\beta$ , IL-6, IL-8 dan *macrophage inflammatory protein* (MIP)-1 $\beta$ . Reaksi ini selanjutnya akan mempengaruhi terjadinya aktivasi sel T. Begitu pula sebaliknya, aktivasi sel T akan menghasilkan sitokin yang akan mengaktifasi makrofag (He et al. 2011).

## RESPON KEKEBALAN SPESIFIK

Sistem kekebalan spesifik terdiri dari kekebalan humoral atau *humoral mediated immunity* (HMI) dan kekebalan yang diperantarai sel atau *cell mediated immunity* (CMI). Sistem ini merespon antigen secara spesifik melalui reaksi antigen dan antibodi, membentuk sel T dan sel B memori terhadap antigen pemaparnya. Sel-sel sistem imun yang bereaksi spesifik dengan antigen adalah limfosit B yang memproduksi antibodi dan limfosit T yang mengatur sintesis antibodi (Mazengia et al. 2009) maupun sel T yang mempunyai fungsi efektor atau sitotoksik langsung. Pembentukan antibodi diawali oleh makrofag yang telah memfragmentasi antigen kemudian fragmen antigen tersebut dipresentasikan kepada sel limfosit Th melalui MHC II yang terletak di permukaan makrofag. Sel Th berinteraksi dengan APC melalui CD4 dan TCR, kemudian sel Th teraktivasi dan berproliferasi serta mengeluarkan sitokin (IL-1) yang akan mengaktifkan sel B yang naiv menjadi sel plasma yang akan memproduksi antibodi spesifik terhadap antigen tersebut. Antibodi biasa disebut juga dengan *immunoglobulin* (Ig). Sinyal komponen dari *myeloid differentiation factor 88* (MyD88) dalam TLR5 dan reseptor IL-1 berkontribusi untuk mengatur respon kekebalan humoral (Letran et al. 2011).

### *Humoral mediated immunity*

Antibodi yang disekresikan oleh sel plasma merupakan salah satu bagian yang berfungsi dalam

respon kekebalan spesifik humoral. Sel plasma yang mengandung imunoglobulin ditemukan dalam jumlah besar pada permukaan jaringan limfoid, MALT (Khan et al. 2008) dan *Harderian gland* ayam (Nasrin et al. 2013). Antibodi bersifat efektif mengeliminasi patogen ekstraseluler. Imunoglobulin (Ig) adalah glikoprotein yang mempunyai antibodi aktif serta ditemukan dalam darah, limpa dan jaringan vaskuler. Imunoglobulin ini dibentuk oleh empat rantai dasar yang terdiri dari dua rantai berat dan dua rantai ringan. Terdapat tiga kelas atau isotipe Ig yang ditemukan dalam sistem imun unggas yaitu IgM, IgY(G) dan IgA. IgM pada unggas mempunyai struktur dan fungsi yang sama dengan IgM pada mamalia (Choi et al. 2010). Tabel 2 menunjukkan perbedaan jenis dan fungsi Ig yang diproduksi unggas setelah kontak dengan antigen.

Kekebalan spesifik antara lain dapat dicapai melalui vaksinasi pada unggas. Program vaksinasi biasanya menghasilkan titer imunoglobulin atau antibodi yang protektif untuk melindungi unggas dari penyakit. Metode vaksinasi pada unggas terdiri dari dua jenis yaitu imunisasi aktif dan pasif (Tizard 2000). Imunisasi pasif memerlukan antibodi yang diproduksi oleh hewan donor yang sebelumnya diimunisasi aktif. Antibodi yang dihasilkan oleh hewan tersebut digunakan sebagai bahan imunisasi pasif untuk hewan yang peka terhadap penyakit tersebut. Respon kekebalan yang ditimbulkan bersifat sementara. Imunisasi aktif atau vaksinasi aktif yaitu memberikan antigen tertentu kepada hewan untuk membentuk kekebalan protektif terhadap penyakit tersebut (Islam 2013).

Metode imunisasi aktif dengan menggunakan virus ND hidup yang dilemahkan dan vaksin inaktif mampu menginduksi kekebalan protektif pada unggas. Pemberian vaksin ND *strain* avirulen mampu melindungi unggas yang peka terhadap penyakit ND dengan memproduksi antibodi (Jayawardane & Spradbrow 1995). Unggas yang memperoleh vaksin ND hidup sudah dapat membentuk respon kekebalan spesifik satu hari pasca-vaksinasi tetapi unggas yang mendapat vaksin ND inaktif baru membentuk respon kekebalan spesifik pada hari ke-21 pasca-vaksinasi. Kedua tipe vaksin ND tersebut mampu melindungi unggas dari serangan penyakit ND. Sel plasma dari unggas yang divaksinasi ND mampu mensekresikan

IgY dan IgA pada mukosa trakea unggas (Zhao et al. 2012).

Kadar antibodi yang terbentuk dari unggas yang divaksinasi ND dengan vaksin hidup lebih rendah daripada kadar antibodi yang terbentuk dari unggas yang divaksinasi dengan vaksin ND inaktif. Vaksin ND hidup yang dilemahkan dan vaksin ND inaktif mampu menginduksi respon antibodi terhadap anti-NDV baik dalam serum maupun dalam sekresi jaringan trakea dan saluran pencernaan. Kedua jenis vaksin tersebut merangsang produksi IgG yang dihasilkan oleh sel plasma yang terdapat pada jaringan trakea dan saluran pencernaan (Chimeno Zoth et al. 2008). Xiao et al. (2009) melaporkan vaksinasi ayam dengan vaksin *live* ND melalui tetes mata mempunyai tingkat kekebalan yang efektif terhadap serangan virus ND. *Strain* virus vaksin *live* tersebut bereplikasi dengan cepat di membran mukosa konjungtiva, lubang hidung dan *Harderian gland* serta mampu menginduksi produksi antibodi IgA (Chansiripornchai & Sasipreeyajan 2006).

*Maternal antibody* yang terdapat dalam telur unggas dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu IgY, IgA dan IgM. Imunoglobulin Y dapat ditemukan dalam kuning telur sedangkan IgA dan IgM berada dalam putih telur sebagai hasil dari sekresi mukosa *oviduct*. Perpindahan IgY dari kuning telur ke embrio melalui dua tahapan yaitu tahap pertama IgY diambil dari kuning telur oleh reseptor IgY pada folikel ovarium, selanjutnya tahap kedua IgY ditransfer ke embrio melalui saluran sirkulasi embrio. Jenis perlindungan ini termasuk dalam tipe kekebalan pasif karena antibodi diperoleh secara langsung dari induk yang mampu melindungi embrio dari berbagai macam infeksi penyakit. Efisiensi IgY dalam kuning telur telah dapat digunakan sebagai terapi aplikatif atau terapi kekebalan pasif untuk mencegah dan mengendalikan berbagai infeksi penyakit pada unggas (Yegani & Korver 2010). Terapi kekebalan terhadap virus ND dengan menggunakan IgY dalam kuning telur termasuk dalam metode imunisasi pasif.

Antibodi IgY ditransfer dari induk ke telur unggas kemudian disirkulasikan ke anak ayam yang baru menetas. Hiperimunisasi kuning telur pada ayam petelur yang divaksinasi virus ND yang dilemahkan menghasilkan titer antibodi yang tinggi dalam kuning telur. Titer antibodi akan meningkat jika imunisasi

**Tabel 2.** Karakteristik imunoglobulin pada unggas

|                                      | Imunoglobulin pada unggas     |                   |                  |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|
|                                      | IgA                           | IgY(G)            | IgM              |
| Fungsi                               | Bersirkulasi dalam waktu lama | Perlindungan awal | Kekebalan mukosa |
| Respon setelah kontak dengan antigen | 3-7 hari                      | 2-5 hari          | 3-7 hari         |
| Waktu untuk mencapai kadar maksimum  | 18-23 hari                    | 5 hari            | 5-7 hari         |

**Sumber:** Trenchi (2013)

pada ayam petelur diulang. Pengulangan atau *booster* imunisasi ND hidup yang dilemahkan mampu memberikan titer antibodi IgY yang baik dalam kuning telur. Kuning telur yang mengandung titer antibodi ND mampu memberikan tingkat proteksi sebanyak 80% pada unggas dari serangan virus ND (Al-Zubeedy & Al-Attar 2012).

Kombinasi vaksin ND *live* dan inaktif mampu merangsang terbentuknya respon kekebalan humoral. Sel lamina propia saluran pencernaan unggas yang divaksinasi kombinasi ND hidup dan *adjuvant* melalui tetes mulut akan mensekresikan IgA dalam jumlah besar. Immunoglobulin A merupakan molekul yang sangat penting dalam melindungi permukaan mukosa (Zhang et al. 2012). Respon kekebalan seluler dan humoral timbul setelah dua sampai dengan tiga hari pasca-vaksinasi ND tetapi respon kekebalan seluler hanya berperan kecil pada ayam yang divaksinasi ND (Al-Shahery et al. 2008).

### Cell mediated immunity

Kekebalan yang diperantarai sel *Cell mediated immunity* (CMI) efektif melawan infeksi yang terjadi di dalam sel (intra sel). Kekebalan CMI bekerja dengan cara menghancurkan sel yang terinfeksi virus atau masuk ke dalam sel untuk menghilangkan antigen virus. Sel limfosit T adalah antigen spesifik dalam respon CMI dan mampu melawan infeksi patogen secara luas. Semua sel T mengekspresikan CD3 kompleks pada permukaan selnya serta terpisah dari reseptor sel T. *Receptor cell T* (TCR) pada sel limfosit T diperlukan pada awal interaksi dengan antigen. *Receptor cell T* pada sel T hanya bersifat spesifik pada komponen protein tertentu pada antigen (antigen-peptida). *Receptor cell T* hanya berinteraksi dengan antigen-peptida yang diekspresikan oleh APC bersama dengan molekul MHC II (Moon et al. 2007).

Sel limfosit T terdiri dari subset sel limfosit T *helper* (Th) dan T *cytotoxic* (Tc). Sitokin yang disekresi dari sel T *helper* CD4<sup>+</sup> dan sel T *cytotoxic* CD8<sup>+</sup> merupakan prinsip utama respon CMI. *Cytotoxic* limfosit T atau CD8<sup>+</sup> terdapat pada permukaan sel T serta berperan dalam melisis sel yang terinfeksi virus atau tumor sel (Ravindra et al. 2009). *Cytotoxic* limfosit T berikatan dengan antigen-peptida memerlukan molekul MHC I. Molekul MHC I terdapat pada permukaan sel. Ikatan kompleks (TCR, antigen-peptida dan MHC I) serta signal yang ditimbulkan oleh T *helper 1* diperlukan untuk mengaktifasi sel T *cytotoxic* berikatan dengan sel target (Fung-Leung et al. 1991). Sel T *helper* atau CD4<sup>+</sup> berperan dalam regulasi kekebalan humoral dan CMI. Sel T *helper* berfungsi mengaktifkan makrofag dengan mensekresikan sitokin serta menstimulasi pertumbuhan dan diferensiasi sel B (He et al. 2011; Letran et al. 2011).

Sel T *helper* CD4<sup>+</sup> dibagi menjadi dua subset, tergantung pada tipe sitokin yang dihasilkannya yaitu T *helper 1* (Th1) dan T *helper 2* (Th2). Subset Th1 lebih berperan penting dalam CMI, serta juga membantu sel B untuk memproduksi IFN- $\gamma$  dan interleukin (IL)-2. Subset Th2 lebih banyak memproduksi IL-4, IL-5, IL-6 dan IL-10, serta membantu sel B untuk menghasilkan semua tipe immunoglobulin termasuk IgA. Sitokin Th2 menstimulasi ekspresi IgA oleh permukaan sel B yang positif terhadap IgA serta perkembangan dan pematangan sel plasma yang mensekresikan IgA. Sel T yang ditemukan pada jaringan limfoid mukosa termasuk Th2 sitokin (Xu-Amato et al. 1994). Subset limfosit T CD8 terutama berperan melisis sel melalui respon sitokin. Subset limfosit T CD4 dapat menghasilkan beberapa respon sitokin terhadap stimulasi antigen (Arstila et al. 1994).

Stimulasi respon CMI yang disebabkan infeksi virus ND dapat dideteksi 2-3 hari pasca-infeksi (Al-Shahery et al. 2008). Respon CMI pada unggas dapat diperoleh melalui vaksinasi ND. Sel Th-1 dan ekspresi IL-18 dapat dideteksi pada hari ketiga pasca-vaksinasi ND inaktif. Sel IL-18 mampu menginduksi ekspresi sitokin IL-4 dan IFN- $\gamma$  yang berperan penting dalam respon kekebalan Th-1 (Rahman et al. 2013). Respon CMI lebih cepat muncul pada unggas yang divaksinasi dengan vaksin virus ND hidup (Reynolds & Maraqa 2000). Respon kekebalan seluler menunjukkan bahwa ekspresi mRNA menjadi lebih cepat dan sensitif setelah diberikan kombinasi vaksin ND hidup dan *adjuvant* alami. IL-2 mRNA terbentuk dalam kadar yang sangat tinggi sedangkan IFN- $\gamma$  mRNA hanya dapat dideteksi pada awal vaksinasi ND (Zhang et al. 2012). Hasil penelitian Khalifeh et al. (2009) juga menunjukkan bahwa kombinasi vaksin hidup dan inaktif ND mampu meningkatkan respon IFN- $\gamma$  pada awal vaksinasi.

Lambrecht et al. (2004) melaporkan respon CMI lebih tinggi oleh vaksin ND hidup daripada vaksin ND inaktif. Vaksin ND hidup merangsang keberadaan MHC I (CD8<sup>+</sup>) dan II (CD4<sup>+</sup>) di inang, sedangkan vaksin ND inaktif mempunyai waktu yang lebih lama untuk menstimulasi respon CMI. Respon CMI yang diperoleh dari vaksin inaktif distimulasi oleh keberadaan sel Th CD4<sup>+</sup> dan MHC II serta sitokin yang disekresikannya untuk mengatur pembentukan antibodi. Respon imun seluler mencapai puncaknya setelah tiga minggu pasca-vaksinasi ND (Liu et al. 2008).

Apabila salah satu tipe limfosit distimulasi oleh antigen maka proliferasi dan diferensiasi sel limfosit terjadi dalam sel efektor dan sel memori. Sel ini berdiferensiasi dengan cepat dalam sel efektor untuk melawan antigen. Produksi sel memori yang spesifik terhadap antigen merupakan awal pertahanan terhadap infeksi serta konsep vaksinasi (Scott & Owens 2008).

Proliferasi sel T memori yang spesifik terhadap antigen ND lebih banyak daripada sel T memori yang tidak spesifik terhadap antigen ND setelah distimulasi dengan antigen ND. Sel T CD4 dan CD8 berproliferasi pada kadar rendah sampai sedang dalam merespon antigen spesifik ND (Norup et al. 2011). Sel Th1 memori spesifik terhadap antigen ND mengekspresi sitokin IL-4 dan IFN- $\gamma$  dalam jumlah lebih besar dari pada sel Th 1 naiv (Rahman et al. 2013).

## KESIMPULAN

Organ limfoid pada sistem kekebalan unggas terdiri dari organ limfoid primer dan sekunder. Timus, sumsum tulang dan *bursa fabricius* termasuk organ limfoid primer sedangkan limpa, *mucosal associated lymphoid tissue*, limfonodus dan *germinal center* termasuk organ limfoid sekunder. Sistem kekebalan unggas dalam melawan infeksi virus ND terdiri dari sistem kekebalan non-spesifik dan spesifik. Invasi virus ND menimbulkan respon kekebalan non-spesifik dengan memproduksi sitokin seperti IFN- $\alpha$ , IFN- $\beta$ , IFN- $\gamma$ , IL-1 dan IL-6 pada organ limfoid unggas. Respon kekebalan spesifik pada unggas yang terinfeksi virus ND adalah kekebalan humoral (HMI) dan kekebalan yang diperantarai sel (CMI). Respon kekebalan seluler dan humoral timbul setelah dua sampai dengan tiga hari pasca-terpapar antigen ND, tetapi respon kekebalan seluler hanya berperan kecil pada unggas yang terpapar antigen ND. Respon kekebalan seluler mampu menstimulasi keberadaan MHC I (CD8+) dan MHC II (CD4+) pada unggas yang terpapar antigen ND. Interaksi yang terjadi antara respon kekebalan non-spesifik dan spesifik saling melengkapi dalam melawan invasi virus ND pada unggas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed KA, Saxena VK, Ara A, Singh KB, Sundaresan NR, Saxena M, Rasool TJ. 2007. Immune response to Newcastle disease virus in chicken lines divergently selected for cutaneous hypersensitivity. *Int J Immunogenet*. 34:445-455.
- Alexander DJ, Senne DA. 2008. Newcastle Disease, other avian paramyxoviruses, and pneumovirus infections. In: Saif YM, Fadly AM, Glisson JR, McDougald LR, Nolan LK, Swayne DE, editors. *Dis Poult*. 12th ed. Iowa (US): Iowa State University Press. p. 75-116.
- Al-Shahery MN, Al-Zubedy AZ, Al-Baroodi SY. 2008. Evaluation of cell mediated immune response in chickens vaccinated with new castle disease virus. *Iraqi J Vet Sci*. 22:21-24.
- Al-Zubedy AZ, Al-Attar MY. 2012. Effect of hyperimmunized egg yolk on maternal immunity of Newcastle disease vaccine in broiler chicks. *Iraqi J Vet Sci*. 26:35-38.
- Amarilyo G, Verbovetski I, Atallah M, Grau A, Wiser G, Gil O, Ben-Neriah Y, Mevorach D. 2010. iC3b-opsonized apoptotic cells mediate a distinct anti-inflammatory response and transcriptional NF- $\kappa$ B-dependent blockade. *Eur J Immunol*. 40:699-709.
- Arstila TP, Vainio O, Lassila O. 1994. Central role of Cd4+ T-Cells in avian immune-response. *Poult Sci*. 73:1019-1026.
- Barber GN. 2001. Host defense, viruses and apoptosis. *Cell Death Differ*. 8:113-126.
- Bouzari M, Spardbrow P. 2006. Early events following oral administration of Newcastle disease virus strain V4. *J Poult Sci*. 43:408-414.
- Brown C, King DJ, Seal BS. 1999. Pathogenesis of Newcastle disease in chickens experimentally infected with viruses of different virulence. *Vet Pathol*. 36:125-132.
- Chimeno Zoth S, Gómez E, Carrillo E, Berinstein A. 2008. Locally produced mucosal IgG in chickens immunized with conventional vaccines for Newcastle disease virus. *Brazilian J Med Biol Res*. 41:318-323.
- Chansiripornchai N, Sasipreeyajan J. 2006. Efficacy of live B1 or Ulster 2C Newcastle disease vaccines simultaneously vaccinated with inactivated oil adjuvant vaccine for protection of Newcastle disease virus in broiler chickens. *Acta Vet Scand*. 48:2
- Choi JW, Kim J-K, Seo HW, Cho BW, Song G, Han JY. 2010. Molecular cloning and comparative analysis of immunoglobulin heavy chain genes from *Phasianus colchicus*, *Meleagris gallopavo* and *Coturnix japonica*. *Vet Immunol Immunopathol*. 136:248-256.
- Ciriaco E, Piñera PP, Díaz-Esnal B, Laurà R. 2003. Age-related changes in the avian primary lymphoid organs (thymus and bursa of fabricius). *Microsc Res Tech*. 62:482-487.
- Courtney SC, Susta L, Gomez D, Hines NL, Pedersen JC, Brown CC, Miller PJ, Afonso CL. 2013. Highly divergent virulent isolates of Newcastle disease virus from the Dominican Republic are members of a new genotype that may have evolved unnoticed for over 2 decades. *J Clin Microbiol*. 51:508-517.
- Crespo R, Yamashiro S, Hunter DB. 1998. Development of the thoracic air sacs of turkeys with age and rearing concitions. *Avian Dis*. 42:35-44.
- Dharmayanti NLPI, Hartawan R, Hewajuli DA, Indriani R. 2014. Phylogenetic analysis of genotype VII of new castle diseases virus in Indonesia. *African J Microbiol Res*. 8:1368-1374.
- Fagerland JA, Arp LH. 1993. Distribution and quantitation of plasma cells, T lymphocyte subsets and B lymphocytes in bronchus-associated lymphoid tissue of chickens: Age-related differences. *Reg Immunol*. 5:28-36.

- Fang J, Peng X. 2014. Developmental changes in cell proliferation and apoptosis in the normal duck bursa of fabricius. *J Vet Sci*. 15:465-474.
- Ferdous F, Maurice D, Scott T. 2008. Broiler chick thrombocyte response to lipopolysaccharide. *Poult Sci*. 87:61-63.
- Ferreira L, Villar E, Muñoz-Barroso I. 2004. Gangliosides and N-glycoproteins function as Newcastle disease virus receptors. *Int J Biochem Cell Biol*. 36:2344-2356.
- Fogg DK, Sibon C, Miled C, Jung S, Aucouturier P, Littman DR, Cumano A, Geissmann F. 2006. A clonogenic bone marrow progenitor specific for macrophages and dendritic cells. *Science*. 311:83-87.
- Fournier P, Wilden H, Schirmacher V. 2012. Importance of retinoic acid-inducible gene I and of receptor for type I interferon for cellular resistance to infection by Newcastle disease virus. *Int J Oncol*. 40:287-298.
- Fung-Leung WP, Schilham MW, Rahemtulla A, Kündig TM, Vollenweider M, Potter J, van Ewijk W, Mak TW. 1991. CD8 is needed for development of cytotoxic T cells but not helper T cells. *Cell*. 65:443-449.
- Gómez Del Moral M, Fonfría J, Varas A, Jiménez E, Moreno J, Zapata AG. 1998. Appearance and development of lymphoid cells in the chicken (*Gallus gallus*) caecal tonsil. *Anat Rec*. 250:182-189.
- Grzywacz B, Kataria N, Kataria N, Blazar BR, Miller JS, Verneris MR. 2011. Natural killer-cell differentiation by myeloid progenitors. *Blood*. 117:3548-3558.
- Hayter RB, Besch EL. 1974. Airborne particle deposition in the respiratory tract of chickens. *Poult Sci*. 53:1507-1511.
- He H, MacKinnon KM, Genovese KJ, Kogut MH. 2011. CpG oligodeoxynucleotide and double-stranded RNA synergize to enhance nitric oxide production and mRNA expression of inducible nitric oxide synthase, pro-inflammatory cytokines and chemokines in chicken monocytes. *Innate Immun*. 17:137-144.
- Heiser RA, Christopher M, Snyder CM, St. Clair J, Wysocki LJ. 2011. Aborted germinal center reactions and B cell memory by follicular T cells specific for a B cell receptor V region peptide. *J Immunol*. 187:212-221.
- Houston EG, Nechanitzky R, Fink PJ. 2008. Cutting edge: Contact with secondary lymphoid organs drives postthymic T cell maturation. *J Immunol*. 181:5213-5217.
- Hu Z, Hu J, Hu S, Liu X, Wang X, Zhu J, Liu X. 2012. Strong innate immune response and cell death in chicken splenocytes infected with genotype VIIId Newcastle disease virus. *Virology*. 9:1-7.
- Igbokwe CO, Abah FC. 2009. Comparative studies on the morphology and morphometry of the meckel's diverticulum in the Nigerian local chicken (*Gallus domesticus*) and exotic broiler. *Anim Sci Report*. 3:103-109.
- Imhof BA, Dunon D, Courtois D, Luhtala M, Vainio O. 2000. Intestinal CD8a and CD8b intraepithelial lymphocytes are thymus derived and exhibit subtle differences in TCRb repertoires. *J Immunol*. 165:6716-6722.
- Iorio RM, Melanson VR, Mahon PJ. 2009. Glycoprotein interactions in paramyxovirus fusion. *Futur Virol*. 4:335-351.
- Islam S. 2013. Clinical evaluation of hyperimmune serum for the treatment of newcastle disease in indigenous layer birds [Thesis]. [Dacca (Bangladesh)]: Bangladesh Agricultural University.
- Janardhana V, Broadway MM, Bruce MP, Lowenthal JW, Geier MS, Hughes RJ, Bean AGD. 2009. Prebiotics modulate immune responses in the gut-associated lymphoid tissue of chickens. *J Nutr*. 139:1404-1409.
- Jayawardane GW, Spradbrow PB. 1995. Mucosal immunity in chickens vaccinated with the V4 strain of Newcastle disease virus. *Vet Microb*. 46:69-77.
- Juul-Madsen HR, Viertlboeck B, Smith AL, Göbel TWF. 2008. Avian innate immune responses. In: Davison F, Kaspers B, Schat KA, editors. *Avian Immunol*. California (US): Academic Press is an imprint of Elsevier. p. 13-50.
- Khalifeh MS, Amawi MM, Abu-Basha EA, Yonis IB. 2009. Assessment of humoral and cellular-mediated immune response in chickens treated with tilmicosin, florfenicol, or enrofloxacin at the time of Newcastle disease vaccination. *Poult Sci*. 88:2118-2124.
- Khan MZI, Akter SH, Islam MN, Karim MR, Islam MR, Kon Y. 2008. The effect of selenium and vitamin E on the lymphocytes and immunoglobulin-containing plasma cells in the lymphoid organ and mucosa-associated lymphatic tissues of broiler chickens. *Anat Histol Embryol*. 37:52-59.
- Khan MZ1, Jahan MR, Islam MN, Haque Z, Islam MR, Kon Y. 2007. Immunoglobulin (Ig)-containing plasma cells in the Harderian gland in broiler and native chickens of Bangladesh. *Tissue Cell*. 39:141-149.
- Kothlow S, Kaspers B. 2008. The avian respiratory immune system. In: Davison F, Kaspers B, Schat KA, editors. *Avian immunology*. California (US): Academic Press. p. 13-50.
- Kovacic B, Hoelbl-Kovacic A, Fishchhuber KM, Leitner NR, Gotthardt D, Casanova E, Sexl V, Muller M. 2014. Lactotransferrin-Cre reporter mice trace neutrophils, monocytes/macrophages and distinct subtypes dendritic cell. *Haematologica*. 99:1006-1014.
- Lamb RA, Collins PL, Kolakofsky D, Melero JA, Nagai Y, Oldstone MBA, Pringle CR, Rima BK. 2005. Family paramyxoviridae. In: Fauquet CM, editor. *Virus taxonomy: The classification and nomenclature of viruses*. The eighth report of the international committee on taxonomy of viruses. California (US): Elsevier Academic Press. p. 655-668.

- Lambrecht B, Gonze M, Meulemans G, van den Berg TP. 2004. Assessment of the cell-mediated immune response in chickens by detection of chicken interferon-gamma in response to mitogen and recall Newcastle disease viral antigen stimulation. *Avian Pathol.* 33:343-350.
- Leena C, Prasad R V, Kakade K, Jamuna K V. 2012. Age related changes in the histology of the bursa of the domestic fowl (*Gallus domesticus*). *J Vet Anim Sci.* 43:45-48.
- Letran SE, Lee SJ, Atif SM, Uematsu S, Akira S, McSorley SJ. 2011. TLR5 functions as an endocytic receptor to enhance flagellin-specific adaptive immunity. *Eur J Immunol.* 41:29-38.
- Li K, Sun GR, Kang XT, Li CL, Liu Y, Liu ZH, Li M, Wang YC. 2008. Dynamic changes for cell proliferation in immune organs of Gushi chickens. *Chin J Vet Sci.* 8:953-956.
- Liu K, Victora GD, Schwickert TA, Guernonprez P, Meredith MM, Yao K, Chu FF, Randolph GJ, Rudensky AY, Nussenzweig M. 2009. *In vivo* analysis of dendritic cell development and homeostasis. *Science.* 324:392-397.
- Liu RS, Xue ZL, Zhang SB, Wang BH. 2008. Adjuvant effect of Chinese retard compound medicine on the immune response to ND vaccination. *Chin J Vet Med.* 44:27-28.
- Masum MA, Khan MZI, Nasrin M, Siddiqi MNH, Khan MZI, Islam MN. 2014. Detection of immunoglobulins containing plasma cells in the thymus, bursa of fabricius and spleen of vaccinated broiler chickens with Newcastle disease virus vaccine. *International. J Vet Sci Med.* 2:103-108.
- Maynard CL, Elson CO, Hatton RD, Weaver CT. 2012. Reciprocal interactions of the intestinal microbiota and immune system. *Nature.* 489:231-241.
- Mazengia H, Gelaye E, Nega M. 2009. Evaluation of newcastle disease antibody level after different vaccination regimes in three districts of Amhara Region, Northwestern Ethiopia. *J Infect Dis Immun.* 1:16-19.
- Moon JJ, Chu HH, Pepper M, McSorley SJ, Jameson SC, Kedl RM, Jenkins MK. 2007. Naive CD4<sup>+</sup> T cell frequency varies for different epitopes and predicts repertoire diversity and response magnitude. *Immunity.* 27:203-213.
- Muir WI, Bryden WL, Husband AJ. 2000. Investigation of the site of precursors for IgA-producing cells in the chicken intestine. *Immunol Cell Biol.* 78:294-296.
- Nasrin M, Khan MZI, Siddiqi MNH, Masum MA. 2013. Mobilization of immunoglobulin (Ig)-containing plasma cells in hardierian gland, cecal tonsil and trachea of broilers vaccinated with Newcastle disease vaccine. *Tissue Cell.* 45:191-197.
- Nasser M, Lohr JE, Mebratu GY, Zessin KH, Baumann MP, Ademe Z. 2000. Oral Newcastle disease vaccination trials in Ethiopia. *Avian Pathol.* 29:27-34.
- Nganpiep LN, Maina JN. 2002. Composite cellular defence stratagem in the avian respiratory system: Functional morphology of the free (surface) macrophages and specialized pulmonary epithelia. *J Anat.* 200:499-516.
- Norup LR, Dalgaard TS, Pedersen AR, Juul-Madsen HR. 2011. Assessment of Newcastle disease-specific T cell proliferation in different inbred MHC chicken lines. *Scand J Immunol.* 74:23-30.
- Oláh I, Glick B, Taylor RL. 1984. Meckel's diverticulum. II. A novel lymphoepithelial organ in the chicken. *Anat Rec.* 208:253-263.
- Oláh I, Nagy N, Magyar A, Palya V. 2003. Esophageal tonsil: a novel gut-associated lymphoid organ. *Poult Sci.* 82:767-770.
- Oláh I, Vervelde L. 2008. Structure of the avian lymphoid system. In: Davison F, Kaspers B, Schat KA, editors. *Avian Immunol.* California (US): Academic Press is an imprint of Elsevier. p. 13-50.
- Peeters B, Verbruggen P, Nelissen F, de Leeuw O. 2004. The P gene of Newcastle disease virus does not encode an accessory X protein. *J Gen Virol.* 85:2375-2378.
- Piacenti AM, King DJ, Seal BS, Zhang J, Brown CC. 2006. Pathogenesis of Newcastle disease in commercial and specific pathogen-free turkeys experimentally infected with isolates of different virulence. *Vet Pathol.* 43:168-178.
- Qureshi MA, Heggen CL, Hussain I. 2000. Avian macrophage: Effector function in health and diseases. *Dev Comp Immunol.* 24:103-119.
- Rahman MM, Uyangaa E, Eo SK. 2013. Modulation of humoral and cell-mediated immunity against Avian Influenza and Newcastle disease vaccines by oral administration of *Salmonella enterica* serovar typhimurium expressing chicken interleukin-18. *Immune Netw.* 13:34-41.
- Ravindra PV, Tiwari AK, Ratta B, Bais MV, Chaturvedi U, Palia SK, Sharma B, Chauhan RS. 2009. Time course of Newcastle disease virus-induced apoptotic pathways. *Virus Res.* 144:350-354.
- Reynolds DL, Maraqa a D. 2000. Protective immunity against Newcastle disease: The role of cell-mediated immunity. *Avian Dis.* 44:145-154.
- Rout SN, Samal SK. 2008. The large polymerase protein is associated with the virulence of Newcastle disease virus. *J Virol.* 82:7828-7836.
- Rue CA, Susta L, Cornax I, Brown CC, Kapczynski DR, Suarez DL, King DJ, Miller PJ, Afonso CL. 2011. Virulent Newcastle disease virus elicits a strong innate immune response in chickens. *J Gen Virol.* 92:931-939.

- Sa'idu L, Abdu PA. 2008. Outbreak of viscerotropic velogenic form of Newcastle disease in vaccinated six weeks old pullets. *Sokoto J Vet Sci.* 7:37-40.
- Sakaguchi T, Matsuda Y, Kiyokage R, Kawahara N, Kiyotani K, Katuriuma N, Nagai Y, Yoshida T. 1991. Identification of endoprotease activity in the trans Golgi membranes of rat liver cells that specifically processes *in vitro* the fusion glycoprotein precursor of virulent Newcastle disease virus. *Virology.* 184:504-512.
- San Roman K, Villar E, Munoz-Baroso I. 1999. Acidic pH enhancement of the fusion of Newcastle disease virus with cultured cell. *Virology.* 260:329-341.
- Sánchez-Felipe L, Villar E, Muñoz-Barroso I. 2014. Entry of Newcastle disease virus into the host cell: Role of acidic pH and endocytosis. *Biochim Biophys Acta.* 1838:300-309.
- Scott T, Owens MD. 2008. Thrombocytes respond to lipopolysaccharide through Toll-like receptor-4 and MAP kinase and NF- $\kappa$ B pathways leading to expression of interleukin-6 and cyclooxygenase-2 with production of prostaglandin E2. *Mol Immunol.* 45:1001-1008.
- Timmermans K, Plantinga TS, Kox M, Vaneker M, Scheffer GJ, Adema GJ, Joosten LAB, Neteaa MG. 2013. Blueprints of signaling interactions between pattern recognition receptors: Implications for the design of vaccine adjuvants. *Clin Vaccine Immunol.* 20:427-432.
- Tizard IR. 2000. Vaccinations and vaccines. In: *Veterinary immunology an introduction*. 6th ed. Philadelphia (US): WB Saunders Company. p. 239-241.
- Treesh SA, Buker AO, Khair NS. 2014. Histological, histochemical and immunohistochemical studies on thymus of chicken. *Int J Histol Cytol.* 1:103-111.
- Trenchi H. 2013. Immunology and disease prevention in poultry. *Lohmann Inf.* 48:17-22.
- Wakamatsu N, King DJ, Seal BS, Peeters BP, Brown CC. 2006a. The effect on pathogenesis of Newcastle disease virus LaSota strain from a mutation of the fusion cleavage site to a virulent sequence. *Avian Dis.* 50:483-488.
- Wakamatsu N, King DJ, Seal BS, Samal SK, Brown CC. 2006b. The pathogenesis of Newcastle disease: A comparison of selected Newcastle disease virus wild-type strains and their infectious clones. *Virology.* 353:333-343.
- Wakamatsu N, King DJ, Kapczynski DR, Seal BS, Brown CC. 2006c. Experimental pathogenesis for chickens, turkeys and pigeons of exotic Newcastle disease virus from an outbreak in California during 2002–2003. *Vet Pathol.* 43:925-933.
- Wu B, Cui H, Peng X, Fang J, Cui W, Liu X. 2013. Pathology of bursae of fabricius in methionine-deficient broiler chickens. *Nutrients.* 5:877-886.
- Xiao C, Bao G, Hu S. 2009. Enhancement of immune responses to Newcastle disease vaccine by supplement of extract of *Momordica chochinensis* (Lour) spreng seeds. *Poult Sci.* 88:2293-2297.
- Xu-Amano J, Jackson RJ, Fujihashi K, Kiyono H, Staats HF, McGhee JR. 1994. Helper Th1 and Th2 cell responses following mucosal or systemic immunization with cholera toxin. *Vaccine.* 12:903-911.
- Yegani M, Korver DR. 2010. Application of egg yolk antibodies are replacement for antibiotics in poultry. *Worlds Poult Sci J.* 66:27-38.
- Yusoff K, Tan WS. 2001. Newcastle disease virus: macromolecules and opportunities. *Avian Pathol.* 30:439-455.
- Zhang D, Shi W, Zhao Y, Zhong X. 2012. Adjuvant effects of sijunzi decoction in chickens orally vaccinated with attenuated Newcastle disease vaccine. *African J Tradit Complement Altern Med.* 9:120-130.
- Zhao K, Chen G, Shi X ming, Gao T ting, Li W, Zhao Y, Zhang F qiang, Wu J, Cui X, Wang YF. 2012. Preparation and efficacy of a live Newcastle disease virus vaccine encapsulated in chitosan nanoparticles. *PLoS One.* 7:1-10.

## Model Pengembangan Sapi Bali dalam Usaha Integrasi di Perkebunan Kelapa Sawit

Rasali Hakim Matondang dan C Talib

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Jl. Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor 16128  
rasalimd@yahoo.com  
Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002

(Diterima 23 Januari 2015 – Direvisi 19 Agustus 2015 – Disetujui 31 Agustus 2015)

### ABSTRAK

Sapi Bali memiliki keunggulan antara lain fertilitas dan persentase karkas tinggi serta mudah adaptasi terhadap lingkungan. Produktivitas sapi Bali masih belum optimal, salah satunya disebabkan oleh keterbatasan sumber pakan karena penyusutan lahan penggembalaan dan pertanian. Makalah ini bertujuan untuk mendeskripsikan model pengembangan sapi Bali yang terintegrasi dengan perkebunan sawit, sehingga diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan populasinya. Model integrasi ini mengusahakan budidaya sapi dengan kebun sawit dengan pola inti-plasma maupun usaha mandiri pada perkebunan rakyat. Beberapa sistem pemeliharaan telah diterapkan dalam integrasi sawit-sapi Bali. Pola intensif dapat menghasilkan pertambahan bobot badan harian sebesar 0,8 kg/ekor, *calfcrop* sebesar 35% per tahun dan potensi pengembangan industri pakan dan pupuk organik. Pada pola semi intensif dapat memperbaiki produksi tandan buah sawit (TBS) lebih dari 10%, meningkatkan areal panen menjadi 15 ha/pemanen dan mengurangi jumlah pemupukan sawit. Pola ekstensif menghasilkan *calfcrop*  $\geq 70\%$ , peningkatan TBS  $\geq 30\%$ , skala usaha  $\geq 13$  ekor/peternak dan mengurangi biaya pemberantasan gulma  $\geq 16\%$ . Usaha integrasi sapi Bali di perkebunan sawit mampu memberikan nilai tambah yang positif bagi usaha sawit maupun usaha sapi.

**Kata kunci:** Model, integrasi, sapi Bali, perkebunan sawit

### ABSTRACT

#### Integrated Bali Cattle Development Model Under Oil Palm Plantation

Bali cattle have several advantages such as high fertility and carcass percentage, easy adaptation to the new environment as well. Bali cattle productivity has not been optimal yet. This is due to one of the limitation of feed resources, decreasing of grazing and agricultural land. The aim of this paper is to describe Bali cattle development integrated with oil palm plantations, which is expected to improve productivity and increase Bali cattle population. This integration model is carried out by raising Bali cattle under oil palm plantation through nucleus estate scheme model or individual farmers estates business. Some of Bali cattle raising systems have been applied in the integration of palm plantation-Bali cattle. One of the intensive systems can increase daily weight gain of 0.8 kg/head, *calfcrop* of 35% per year and has the potency for industrial development of feed and organic fertilizer. In the semi-intensive system, it can improve the production of oil palm fruit bunches (PFB) more than 10%, increase harvested-crop area to 15 ha/farmer and reduce the amount of inorganic fertilizer. The extensive system can produce *calfcrop*  $\geq 70\%$ , improve  $\geq 30\%$  of PFB, increase business scale  $\geq 13$  cows/farmer and reduce weeding costs  $\geq 16\%$ . Integrated Bali cattle development may provide positive added value for both, palm oil business and cattle business.

**Key words:** Model, integration, Bali cattle, oil palm plantations

### PENDAHULUAN

Indonesia masih menghadapi defisit daging sapi karena produksi di dalam negeri baru memenuhi 30% kebutuhan nasional. Soedjana et al. (2013) menyatakan bahwa partisipasi konsumsi daging sapi dan kerbau menurun dari 26% pada tahun 2002 menjadi 16% pada tahun 2011. Penurunan tersebut disebabkan terjadinya kesenjangan antara laju peningkatan konsumsi daging sapi sebesar 4% per tahun, dan laju peningkatan produksi sapi hanya 2% per tahun. Dalam jangka panjang akan terjadi kekurangan produksi akibat

pengurasan sapi dan kerbau yang berlebihan, sehingga diperlukan upaya terobosan untuk meningkatkan populasi sapi potong.

Sapi Bali merupakan salah satu sapi terbaik di dunia karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan rumpun sapi lainnya. Hal ini antara lain adalah memiliki fertilitas dan persentase karkas tinggi dan mampu beradaptasi dengan baik pada lingkungan baru. Kontribusi sapi Bali dalam pemenuhan konsumsi daging sapi sebesar 26,92% (Purwantho 2012) dan sudah menyebar hampir di seluruh pulau-pulau besar di Indonesia. Tantangan

utama pengembangan sapi Bali adalah keterbatasan pakan, yang disebabkan oleh penyusutan lahan pertanian yang peruntukannya dijadikan bagi usaha non-pertanian. Pemanfaatan padang penggembalaan di luar Jawa belum optimal karena kualitasnya yang sudah menurun, tanpa adanya program-program perawatan yang kontinyu. Selain itu, pengadaan bahan pakan hasil samping industri pertanian telah menjadi produk komersial dengan harga yang relatif mahal, sehingga sulit dijangkau oleh peternak.

Di sisi lain, Indonesia memiliki perkebunan kelapa sawit yang sangat potensial untuk diintegrasikan dengan budi daya ternak sapi dengan luas areal mencapai 10,95 juta hektar (Ditjenbun 2015). Produk samping industri kelapa sawit (IKS) memiliki biomassa yang sangat besar sebagai sumber pakan sapi. Hasil-hasil penelitian telah banyak dilakukan oleh peneliti baik di dalam maupun luar negeri. Hal ini menjadi dasar pengkajian secara intensif model integrasi sawit-sapi yang terus berkembang dinamis. Pemanfaatan produk samping IKS sebagai sumber pakan telah banyak diteliti di Malaysia sejak tahun 1986 (Wan Zahari et al. 2003). Sejak tahun 1990-an, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah melakukan penelitian tentang hal ini dan disimpulkan bahwa integrasi sawit-sapi dapat meningkatkan produktivitas kelapa sawit, memperbaiki ekosistem lahan perkebunan dan menambah pasokan daging sapi (Mathius 2008).

Soedjana (2015) melaporkan bahwa implementasi program ini di lapang baru mencapai 0,5%, meskipun berbagai upaya telah dilakukan pemerintah. Mempertimbangkan bahwa usaha sapi merupakan hal baru bagi para pekebun, maka upaya pengawalan dan pendampingan dalam integrasi sawit-sapi ini menjadi sangat penting. Sapi Bali menjadi andalan dalam usaha integrasi sawit-sapi yang mulai diluncurkan oleh pemerintah sejak tahun 2007. Model-model pengembangan sapi Bali dalam usaha integrasi sawit-sapi sudah banyak dilakukan oleh para pekebun. Tulisan ini bertujuan untuk mendeskripsikan model

integrasi sapi Bali dengan perkebunan kelapa sawit dalam usaha meningkatkan produksi dan populasinya dengan sistem pemeliharaan pola intensif, semi-intensif dan ekstensif.

## KEUNGGULAN SAPI BALI

### Populasi sapi Bali

Sapi Bali merupakan sapi asli yang tersebar di seluruh Indonesia dan terdapat 11 provinsi yang potensial sebagai sumber bibit dengan rata-rata populasi lebih dari 90.000 ekor dan pertumbuhan populasi 2,8-5,9% per tahun (Ditjen PKH 2013). Populasi sapi Bali mencapai 4,7 juta ekor relatif lebih tinggi dari sapi lainnya (Tabel 1). Populasi sapi Bali betina dewasa dan muda mencapai 2,8 juta ekor (85,25%) dari populasi sapi Bali betina (Kementan-BPS 2011). Data populasi sapi Bali ini menunjukkan bahwa populasi sapi Bali jantan dan betina lebih tinggi dari pada populasi sapi Ongole/PO dan Madura.

### Performans reproduksi

Keberhasilan usaha perkembangbiakan atau *cow calf operation* (CCO) sangat dipengaruhi oleh jumlah panen pedet dan sapihan (*calfcrop*) yang merupakan rasio antara jumlah anak umur sapih dengan jumlah induknya (Reiling 2015). Hal ini berkaitan dengan kemampuan reproduksi dan mortalitas induk serta tingkat kematian anak. Daya reproduksi yang penting adalah: (1) Umur beranak pertama; (2) *Service per conception* atau S/C; (3) Jarak beranak atau *calving interval* (CI); dan (4) Masa produktivitas induk atau *longevity, calving rate* (jumlah kelahiran atau CR) dan jumlah anak hidup. Umur beranak pertama sapi Bali pada berbagai lokasi berkisar antara 32-44 bulan, dimana perbedaan ini lebih dominan dipengaruhi oleh pakan dan nutrisi yang dikonsumsi (Gunawan et al. 2011).

**Tabel 1.** Populasi sapi potong menurut rumpun, jenis kelamin dan golongan umur

| Jenis kelamin | Umur   | Unit | Rumpun sapi |           |           |           |
|---------------|--------|------|-------------|-----------|-----------|-----------|
|               |        |      | Bali        | Ongole/PO | Madura    | Lainnya   |
| Jantan        | Anak   | Ekor | 460.973     | 380.489   | 87.630    | 518.337   |
|               | Muda   | Ekor | 538.232     | 472.537   | 162.823   | 645.343   |
|               | Dewasa | Ekor | 494.085     | 338.943   | 184.282   | 437.423   |
| Jumlah jantan |        | Ekor | 1.493.290   | 1.191.969 | 434.735   | 1.601.103 |
| Betina        | Anak   | Ekor | 486.789     | 368.290   | 95.379    | 446.441   |
|               | Muda   | Ekor | 630.680     | 585.415   | 195.884   | 598.564   |
|               | Dewasa | Ekor | 2.179.018   | 2.117.490 | 559.873   | 1.821.453 |
| Jumlah betina |        | Ekor | 3.296.487   | 3.089.195 | 851.136   | 2.866.458 |
| Total         |        | Ekor | 4.789.777   | 4.281.164 | 1.285.871 | 4.467.561 |
|               |        | %    | 32,31%      | 28,88%    | 8,67%     | 30,14%    |

**Sumber:** Kementan-BPS (2011)

Pada sapi Bali dengan pemberian pakan yang cukup, CI berkisar antara 361-389 hari (Gunawan et al. 2011), sedangkan pada lokasi kurang pakan dan jumlah pejantan yang rasionya kurang dari jumlah induk CI bervariasi antara 401-519 hari (Suranjaya et al. 2010). Untuk mendapatkan CI ideal yaitu 365 hari (12 bulan), maka harus diusahakan agar *days open* (DO) maksimal 90 hari (Purwantho 2012) dan CR minimal 60%, dimana CR sapi Bali berkisar antara 80-83% (Rahayu et al. 2006). Untuk mencapai DO 90 hari maka sapi induk perlu diberikan pakan tambahan agar terjadi estrus yang diikuti ovulasi dan perkawinan yang menghasilkan kebuntingan. Semakin singkat CI, akan semakin banyak kelahiran yang diperoleh dari seekor induk dalam masa produktifnya. Masa produktif induk atau *longivity* sapi potong dapat mencapai umur 10 sampai 12 tahun (Prasetyo 2009), pada sapi Bali masih banyak dijumpai induk yang mencapai umur lebih dari 12 tahun.

Perbandingan jumlah induk dewasa dan pedet pada Tabel 1 menunjukkan bahwa daya reproduksi sapi Bali di Indonesia belum mencapai kinerja yang maksimal. Struktur populasi anak pada rumpun sapi Bali mengindikasikan bahwa kinerja reproduksi induk masih belum optimal. Proporsi jumlah anak (umur  $\leq 12$  bulan) terhadap jumlah induk baru mencapai 43%, lebih rendah dari nilai estimasi yang optimal sebesar 60%. Sapi Bali memiliki CR sebesar 80%, setara dengan potensi jumlah pedet lahir sebanyak 1,74 juta ekor. Dengan jumlah anak lahir sebesar 947.762 ekor, maka pada kondisi optimal yang diharapkan terdapat sekitar 420 ribu pedet yang hilang atau setara 24%. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor sebagaimana diulas sebelumnya dan merupakan potensi yang sangat baik terhadap peningkatan populasi sapi Bali jika dapat diselamatkan.

### Performans produksi

Bobot lahir sapi Bali di beberapa wilayah bervariasi dari 11,9-16,8 kg dan diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti genetik (bangsa, tetua dan jenis kelamin pedet) dan lingkungan (lokasi terkait pakan dan manajemen) (Tabel 2). Hal ini relatif lebih

rendah dibandingkan dengan bobot lahir bangsa sapi Eropa (*Bos taurus*) dan persilangannya antara 30-50 kg dan sapi zebu (*Bos indicus*) antara 24-34 kg (Hafez 2008). Lebih lanjut dikatakan bahwa induk yang besar cenderung melahirkan pedet yang lebih besar, dimana bobot lahir pedet jantan 1-5 kg lebih besar dari pedet betina tergantung rumpun sapi.

Sukmasari et al. (2002) menyatakan bahwa bobot sapih dipengaruhi oleh pejantan, jenis kelamin, musim dan paritas. Bobot sapih yang tinggi mengindikasikan potensi pertumbuhan dalam proses pembesaran dan kemampuan adaptasi yang lebih baik. Sumantri et al. (2007) menyatakan bahwa bobot dewasa dipengaruhi oleh bangsa ternak, bobot sebelumnya dan interaksi dengan faktor lingkungan. Lebih lanjut disebutkan bahwa pertambahan bobot badan terjadi cepat sekali pada fase-fase sebelum dewasa kelamin, setelah itu kecepatan pertumbuhan berkurang dan terus berkurang sampai ternak dewasa (Nasich 2010). Ukuran performans produksi selain bobot badan adalah persentase bobot karkas. Persentase karkas sapi Bali berkisar antara 50,95-54%, lebih tinggi dibandingkan dengan sapi Madura, PO dan *Australian Commercial Cattle* (ACC) pada kondisi pemeliharaan yang sama (Tabel 3).

### POTENSI PAKAN SAPI DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Pakan merupakan komponen utama yang menentukan produktivitas sapi potong, disamping kualitas bibit serta penanganan dan pencegahan penyakit dalam sistem produksi. Kualitas pakan harus dapat memenuhi kebutuhan sapi untuk mencapai produktivitas yang optimal karena biaya pakan merupakan komponen tertinggi (60-70%) dari seluruh biaya produksi (Tangendjaja 2009). Oleh sebab itu, pengembangan teknologi produksi banyak diarahkan pada peningkatan efisiensi penggunaan pakan. Yusdja et al. (2003) menyatakan, strategi meningkatkan populasi dan produktivitas sapi potong adalah dengan fokus pada penerapan berbagai program peternakan pada areal tertentu yang tersedia cukup pakan dengan pengawasan intensif. Perkebunan kelapa sawit dengan

**Tabel 2.** Performans produksi sapi Bali pada sentra sapi Bali di Indonesia

| Provinsi/lokasi  | Bobot lahir (kg) | Bobot sapih (kg) | Bobot dewasa/induk (kg) | Sumber                  |
|------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| NTT              | 11,9 $\pm$ 1,8   | 79,2 $\pm$ 18,2  | 221,5 $\pm$ 45,5        | Talib et al. (2003)     |
| NTB              | 12,7 $\pm$ 0,7   | 83,9 $\pm$ 25,9  | 241,9 $\pm$ 28,5        | Talib et al. (2003)     |
| Sulawesi Selatan | 12,3 $\pm$ 0,9   | 64,4 $\pm$ 12,5  | 211,0 $\pm$ 18,4        | Talib et al. (2003)     |
| Bali             | 16,8 $\pm$ 1,6   | 82,9 $\pm$ 8,2   | 303,3 $\pm$ 4,9         | Talib et al. (2003)     |
| Bali             | n.a              | 97,4 $\pm$ 5,3   | n.a                     | Suranjaya et al. (2010) |
| Bali             | n.a              | 82,1 $\pm$ 15,8  | n.a                     | Supriyantono (2006)     |
| Sumbawa          | 14,2 $\pm$ 2,4   | 90,0 $\pm$ 2,0   | n.a                     | Panjaitan et al. (2003) |
| Lombok           | 16,8 $\pm$ 1,2   | 71,8 $\pm$ 5,0   | 245,5 $\pm$ 45,8        | Purwantho (2012)        |

n.a: Data tidak tersedia

**Tabel 3.** Bobot, panjang dan persentase karkas setiap rumpun sapi

| Rumpun sapi | Bobot karkas (kg) | Panjang karkas (cm) | Persentase karkas (%) | Sumber               |
|-------------|-------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| Bali        | 183,47            | 125,00              | 53,26                 | Yosita et al. (2012) |
|             | 182,68            | 148,20              | 54,00                 | Wiyatna (2007)       |
|             | 141,04            | n.a                 | 50,95                 | Ditjen PKH (2012)    |
| PO          | 161,27            | 123,53              | 46,96                 | Yosita et al. (2012) |
|             | 180,76            | 149,12              | 44,00                 | Wiyatna (2007)       |
| Madura      | 138,26            | 145,86              | 47,00                 | Wiyatna (2007)       |
| ACC         | 193,67            | 120,07              | 51,27                 | Yosita et al. (2012) |

n.a: Data tidak tersedia

luas 10,95 juta hektar adalah kawasan yang memiliki potensi sangat besar sebagai penyedia sumber pakan sapi potong. Hal ini berpeluang dalam mewujudkan program pemerintah dalam meningkatkan populasi sapi potong di dalam negeri melalui program integrasi sawit-sapi. Hal ini juga dilakukan oleh negara tetangga, Malaysia yang merencanakan program nasional untuk menjadikan perkebunan sawit sebagai pusat bisnis sapi potong sejak tahun 2012, dengan target penambahan 300 ribu ekor pada tahun 2020 (ETP 2015).

#### Hasil samping perkebunan kelapa sawit dan pabrik minyak sawit

Rata-rata jumlah pohon kelapa sawit per hektar sangat tergantung pada jenis tanah (*clay-gambut*), kapasitas air dan topografi lahan (datar sampai berbukit) yang bervariasi dari 130-160 pohon per hektar bila jarak tanam 9x9 m (Sitompul 2003). Bagian-bagian tanaman dari kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak terdiri dari daun, pelepah, tandan kosong, serat perasan dan hasil samping proses pengolahan minyak sawit yaitu solid dan bungkil inti sawit (BIS) sekitar 10 ton BK/ha (Mathius 2008).

Tabel 4 menunjukkan bahwa setiap pohon sawit dapat menghasilkan 22 pelepah/tahun dan rata-rata bobot pelepah untuk pakan 2,2 kg/batang sehingga dihasilkan 6,3 ton pelepah segar/ha/tahun atau 1,64 ton BK/ha/tahun. Bobot daun untuk pakan sekitar 0,5 kg/pelepah sehingga diperoleh 0,66 ton BK/ha/tahun (Mathius 2008). Biomassa pakan yang dihasilkan dari pelepah dan daun sebagai pakan serat, sedangkan lumpur sawit/solid dengan BIS hasil dari proses pengolahan minyak sawit (*crude palm oil/CPO*) merupakan sumber bahan konsentrat. Satu buah pabrik dapat menghasilkan 20 ton solid per hari, dimana secara rinci pengolahan TBS menghasilkan solid basah 5% dan solid kering (*dried decanter solid*) 2%; 5% inti sawit dan 2,3% BIS. Semua bahan pakan konsentrat ini mengandung protein sedang sampai tinggi, disukai ternak dan tersedia sepanjang tahun (Ardila 2014).

Penggunaan solid diberikan maksimal 1,5% BK dari bobot sapi dan menghasilkan penambahan bobot badan harian (PBBH) 0,2-0,3 kg/ekor (Utomo & Widjaja 2012). Penggunaan BIS sebesar 2-3% BK dapat menghasilkan PBBH sebesar 0,8 kg/ekor (Siregar et al. 2006). Solid dan BIS mengandung Cu (*Copper*) yang cukup tinggi sehingga perlu penambahan mineral lain secukupnya. Mathius (2008) menyampaikan bahwa pelepah dan daun jangan diberikan secara tunggal ke sapi, karena dapat menyebabkan kekurangan gizi. Untuk ransum sapi Bali, penggunaan pelepah dan daun maksimal mencapai 33% BK (Wan Zahari et al. 2003) dan perlu ditambahkan BIS dan solid untuk meningkatkan kualitas pakan. Pemberian campuran limbah kebun dan industri sawit menghasilkan PBBH 0,6-0,8 kg/ekor/hari dengan konversi pakan 6,3 dan R/C 1,5 (Batubara 2003; Mathius et al. 2005).

**Tabel 4.** Biomassa pakan dari produk samping tanaman dan olahan kelapa sawit per hektar

| Biomassa             | Segar (kg) | Bahan kering (kg) |
|----------------------|------------|-------------------|
| Daun tanpa lidi      | 1.430      | 658               |
| Pelepah              | 6.292      | 1.640             |
| Tandan kosong        | 3.680      | 3.386             |
| Serat perasan        | 2.880      | 2.681             |
| Lumpur sawit         | 4.704      | 1.132             |
| Bungkil kelapa sawit | 560        | 514               |
| Total biomassa       | 19.546     | 10.011            |

Sumber: Diwyanto et al. (2002); Mathius (2003)

#### Cover crop di perkebunan kelapa sawit

Selain produk samping IKS yang dapat digunakan sebagai sumber pakan, perkebunan juga memiliki tanaman antara tanaman sawit (TATS) sebagai gulma yang berpotensi sebagai pakan sapi. Hal ini dapat berupa vegetasi alam yang tumbuh di kawasan kebun dan yang berasal dari tanaman inti/kelapa sawit. Produksi bahan kering vegetasi alam tersebut sangat bervariasi, tergantung pada pola tanam yang

diterapkan. Komposisi biologis TATS bervariasi dan teridentifikasi sekitar 40 jenis, yang berperan sebagai tanaman pakan ternak (TPT) dan tanaman penutup tanah: *Pueraria javanica*, *Calopogonium caeruleum*, *Pueraria phaseloides* dan gulma: *Imperata cylindrica*, *Digitaria sanguinalis*, *Digitaria milanijana*, *Stylosanthes guianensis*, *Paspalum notatum* dan *Arachis glabarata*. *Digitaria milanijana* dan *Stylosanthes guianensis*, keduanya menunjukkan produktivitas tertinggi pada umur sawit 3-4 tahun, sementara *Paspalum notatum* dan *Arachis glabarata* pada umur sawit 8-12 tahun (Hanafi 2007).

Produktivitas TPT akan semakin menurun dengan meningkatnya invasi gulma non-TPT yang berjalan paralel dengan meningkatnya umur sawit (Hanafi 2007) jika tidak ada tindakan menekan pengembangan gulma ini. Jumlah hijauan vegetasi alam sangat bergantung pada umur tanaman yang secara langsung berpengaruh terhadap intensitas cahaya yang dapat mencapai areal perkebunan kelapa sawit. Tanaman antara tanaman sawit mempunyai kapasitas tampung antara 0,7 sampai 1,5 ST sapi/ha/tahun (Danu et al. 2014) untuk umur sawit dari 3-8 tahun. Pada perkebunan sawit rakyat, produktivitas TATS tertinggi pada sawit berumur tiga tahun dengan daya tampung 1,44 ST/ha/tahun dan menurun menjadi 0,71 ST/ha/tahun pada sawit umur enam tahun. Penurunan drastis pada sawit umur 15 tahun ke atas sejalan dengan bertambahnya gulma dan kerapatan kanopi, sampai sawit *replanted* pada umur 25 tahun. Untuk mempertahankan dan meningkatkan kapasitas tampung TATS dalam mendukung pengembangan integrasi sawit-sapi dengan pemeliharaan sistem ekstensif, diperlukan introduksi TPT unggul *adapted* dan tahan naungan sesuai dengan siklus hidup tanaman sawit.

Penggembalaan sapi pada kebun sawit dapat dilakukan dengan sistem penggembalaan yang terkendali. Waskito (2015) menyatakan bahwa penggembalaan dengan sistem rotasi dilakukan menggunakan *electric fencing* setiap hari berpindah blok. Permentan No. 105/2014 tentang Integrasi Usaha Perkebunan Kelapa sawit dengan Usaha Budi Daya Sapi Potong telah mengatur sistem penggembalaan yang terkendali. Yang dimaksud dalam hal ini adalah sapi digembalakan melalui sistem rotasi dengan jeda waktu paling singkat 60 hari. Model penggembalaan tersebut mampu mengendalikan gulma yang ada. Hal ini bertujuan agar vegetasi alam di bawah tanaman sawit dapat tumbuh kembali, sehingga setelah 60 hari sapi akan kembali ke blok pertama. Satu blok berukuran 30 hektar dengan daya tampung 2 ekor/ha/tahun.

## MODEL PENGEMBANGAN SAPI DALAM SISTEM INTEGRASI SAWIT-SAPI

Integrasi usaha sawit-sapi menurut peraturan yang berlaku dapat dilakukan kemitraan oleh perusahaan perkebunan, pekebun, karyawan, masyarakat dan peternak di sekitar perkebunan kelapa sawit. Pola kemitraan ini meliputi inti-plasma, bagi hasil dan bentuk lainnya, yang dilakukan berdasarkan perjanjian yang saling memerlukan, memperkuat, menguntungkan dan berkeadilan.

Model pengembangan kemitraan dengan pola inti dan plasma (PIP), merupakan salah satu model yang diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan populasi sapi Bali. Pola kemitraan PIP yang sudah berkembang di perkebunan sawit untuk pengembangan sawit melalui koperasi maupun perusahaan inti dapat dimodifikasi untuk menerapkan integrasi sawit-sapi (Fadjar 2006). Pada pola ini koperasi atau perusahaan berperan sebagai inti dan kelompok petani-peternak sebagai plasma. Sehubungan dengan itu, Makka (2005) mengemukakan, pola kemitraan usaha yang dapat dilaksanakan meliputi: (1) PIP, kelompok plasma dengan perusahaan inti; (2) Pola subkontrak, kelompok memproduksi komponen yang diperlukan perusahaan; (3) Pola dagang umum, perusahaan memasarkan hasil produksi kelompok atau sebaliknya kelompok memasok kebutuhan perusahaan; (4) Pola keagenan, kelompok diberi hak khusus untuk memasarkan; dan (5) Pola kerjasama operasional agribisnis (PKOA), kelompok menyediakan sarana produksi dan perusahaan menyediakan modal atau sarana lain yang tidak dapat dipenuhi kelompok. Prinsip pola pengembangan usaha ini adalah saling menguntungkan. Kontribusi para pihak, inti maupun plasma, berdasarkan persetujuan bersama dengan sumber dana dari perusahaan atau perbankan. Bank Indonesia melaporkan bahwa peternakan sapi potong merupakan usaha yang menguntungkan, sehingga ada beberapa program pembiayaan yang dapat diakses oleh masyarakat, seperti dibiayai melalui Kredit Mikro Pedesaan (KUPeDES), Kredit Usaha Rakyat (KUR), Kredit Ketahanan Pangan dan Energi (KKPE), Kredit Ketahanan Pangan (KKP) dan Kredit Modal Kerja (KMK) (BI 2013a; 2013b).

Model integrasi sapi Bali yang dapat diterapkan di lahan perkebunan sawit adalah PIP, sedangkan PKOA baru dapat diterapkan jika peternak memiliki modal untuk menyediakan sarana produksi yang memadai untuk menjadi mitra bisnis perusahaan. Dalam menerapkan model PIP, peternak mengusulkan kepada perusahaan atau sebaliknya perusahaan sebagai avalis

mensosialisasikan adanya fasilitas kredit peternakan yang telah disediakan oleh Bank Indonesia. Pada PKOA, peternak dapat mengusulkan kepada perusahaan sebelum mengajukan kredit sehingga hanya sarana yang tidak dapat disediakan oleh perusahaan sawit yang akan diusahakan peternak melalui perbankan sepengetahuan perusahaan. Persamaan kedua model ini adalah perusahaan mempunyai peran yang lebih besar dalam menjalankan integrasi sawit-sapi dengan catatan, pada PIP peran perusahaan lebih besar dari PKOA.

Terdapat dua cara pendekatan dalam pengembangan model integrasi sawit-sapi agar dapat berjalan dengan baik. Pertama, sinergisme kedua usaha tersebut dalam meningkatkan efisiensi melalui pemanfaatan produk samping IKS bagi usaha sapi. Sebaliknya, kotoran sapi melalui proses pengolahan lebih lanjut dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik yang dapat meningkatkan produksi TBS. Kedua, pembentukan pola kemitraan yang saling menguntungkan dengan tingkat yang sejajar sebagai mitra usaha yang saling membutuhkan. Perkebunan sawit dapat memberikan sebagian lahannya sebagai kawasan usaha peternakan. Kebutuhan lahan penting sebagai tempat sarana pendukung antara lain kandang dan lahan untuk penggembalaan, lumbung pakan dan air minum, biosekuriti dan pengolahan limbah ternak. Penentuan lokasi dan luasan lahan perlu disampaikan secara rinci kepada perusahaan sebagai pertimbangan, dan kegiatan peternakan harus tidak mengganggu kegiatan perkebunan secara signifikan. Riady (2004) mengatakan untuk memperoleh keuntungan maksimal maka perlu fokus pada penggunaan SDM yang baik, pemanfaatan IPTEK terapan dan penanganan secara profesional. Di tingkat petani, perlu dibangun kelembagaan kelompok tani, yang tidak hanya bergerak pada aspek budidaya, namun juga pemasaran sapi hidup. Hal ini juga mampu meningkatkan posisi tawar petani ke perusahaan karena jumlah penjualan/skala usaha yang relatif besar dengan jaminan kontinuitas. Sistem ini diharapkan mampu menciptakan keintegrasian produk dan antar pelaku dalam mata rantai agribisnis sapi potong berbasis sawit-sapi.

Terdapat tiga sistem pemeliharaan sapi pada integrasi sawit-sapi yaitu sistem intensif, semi intensif dan ekstensif. Pemilihan sistem pemeliharaan disesuaikan dengan tujuan usaha yaitu penggemukan, perkembangan biakan atau kombinasi keduanya.

### **Pemeliharaan sistem intensif**

Pemeliharaan sistem intensif dilakukan dengan cara mengandangkan sapi secara terus menerus pada lahan perkebunan kelapa sawit. Pada usaha pengembangbiakan perlu sesekali sapi melaksanakan *exercise* agar perkembangan kuku dan kaki baik sehingga perkawinan dapat berlangsung dengan baik.

Semua kebutuhan sapi seperti pakan, air, perkawinan, penanganan penyakit dan kebersihan dilaksanakan oleh peternak. Peranan inti adalah memberikan lahan untuk usaha peternakan, membantu peternak menyediakan sarana dan prasarana pendukung, mengizinkan peternak untuk memanfaatkan vegetasi alam di bawah kebun kelapa sawit secara *cut and carry* atau mengolah bahan pakan menjadi pakan siap pakai dan mengembangkannya dalam jangka panjang kearah usaha industri pakan. Inti bersama-sama dengan peternak mengolah dan memanfaatkan kotoran sapi sebagai bahan pupuk organik yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman perkebunan. Inti dapat mengembangkan industri pabrik pakan mini dan kompos secara komersial di masa yang akan datang.

Perusahaan kelapa sawit di Bengkulu sebagai Inti telah mengembangkan PIP integrasi sawit-sapi Bali secara intensif (Gunawan et al. 2004). Inti menyediakan obat-obatan, tenaga ahli dan sapi serta sebagai avalis peminjaman dana KKP. Peternak plasma melaksanakan usaha kombinasi pembibitan dan penggemukan, dimana pemasaran sapi dikelola oleh Inti melalui koperasi. Terdapat tiga pelaku utama yang berperan secara *essential* dalam pengembangan PIP sistem integrasi ini yaitu: (1) Perusahaan adalah inti yang berkewajiban menyediakan obat-obatan, tenaga ahli dan ternak serta sebagai avalis dari skim KKP. Dalam hal ini sistem bagi hasil menggunakan pola IFAD yaitu setiap induk yang diterima peternak harus dikembalikan dengan dua ekor sapi bakalan umur 18 bulan (1,5 tahun); (2) Koperasi karyawan, bertugas menyalurkan sapi dan menerima pengembalian sapi dari plasma serta memasarkan hasil usaha sapi; dan (3) Plasma, terdiri dari beberapa kelompok peternak yang terikat perjanjian dengan Inti dalam melaksanakan usaha kombinasi pembibitan dan/atau penggemukan.

Hasil evaluasi selama periode tahun 1999-2004 menunjukkan bahwa jumlah pedet yang dihasilkan (*calfcrop*) sebesar 35% dan jumlah ternak bertambah dari 438 menjadi 897 ekor. Hasil *calfcrop* relatif rendah yang disebabkan oleh kuantitas dan kualitas pakan yang rendah sehingga konsumsi pakan hanya cukup untuk kebutuhan pokok hidup sapi induk. Hal ini mengakibatkan kinerja reproduksi induk yang tidak optimal. Pembinaan teknis terus dilakukan oleh para pakar dari perguruan tinggi maupun lembaga penelitian, namun perubahan manajemen perusahaan menyebabkan hal ini tidak berlangsung secara berkelanjutan seperti yang diharapkan. Sejak dua tahun terakhir, perusahaan ini telah kembali menekuni usaha integrasi sawit-sapi karena pada kenyataannya perusahaan ini merasakan manfaat yang cukup besar, utamanya dalam kontribusi nilai tambah usaha sapi bagi keluarga pekebun. Hasil analisis finansial *ex-ante* didasarkan pada dua skenario yaitu skenario I, penerimaan tidak memperhitungkan pupuk kandang

yang dihasilkan dan skenario II, penerimaan memperhitungkan pupuk kandang yang dihasilkan. Hasil skenario I berbasis satu ekor sapi induk selama periode lima tahun diperoleh R/C 1,42 dan pendapatan Rp.1.246.101 dan pada skenario II, diperoleh R/C 2,75 dan pendapatan menjadi Rp. 5.249.025. Plasma telah memanfaatkan sumber pakan dari produk samping industri sawit dan kotoran sapi telah dimanfaatkan sebagai pupuk organik bagi kebun sawit.

Penerapan sistem intensif integrasi sawit-sapi Bali juga telah dilakukan pada kelompok tani (Poktan) Subur Makmur, Kotawaringin Barat, Kalimantan Tengah. Usaha ini diawali dengan perbaikan kemampuan SDM peternak melalui pembinaan dan pelatihan, perolehan hibah 50 ekor induk sapi Bali, serta kandang dan obat-obatan dari Direktorat Jenderal Perkebunan. Sapi Bali diberi pakan komplit berbasis produk samping IKS dan kotoran sapi telah diproses menjadi pupuk organik. Poktan dalam tiga tahun menghasilkan: (1) Pakan konsentrat dan pakan komplit berbasis pelepah sawit, BIS dan solid. Pakan konsentrat mengandung protein 15,74%, TDN 73,25%, pencernaan BK 68,57% dengan harga Rp. 1.300/kg. Pakan komplit menggunakan pelepah 45% mengandung protein 12,6%, TDN 67,51%, pencernaan BK 64,61% dan harga jual Rp. 1.100/kg. Pakan tersebut baru mencukupi untuk digunakan sendiri; (2) *Body condition score* (BCS) induk sapi Bali berada pada rata-rata 3,5 (dari skala 1-5), peningkatan populasi 40% per tahun, pedet umur sapih terjual Rp. 4 juta/ekor; (3) Menghasilkan pupuk organik yang telah dianalisis kandungan bahan organiknya dengan pendapatan Rp. 90 juta/bulan; dan (4) Pemanfaatan pupuk organik berhasil meningkatkan produksi TBS sebesar 10-15% (Puastuti et al. 2013a).

Usaha integrasi sawit-sapi Bali dengan sistem intensif telah menghasilkan produktivitas yang baik, pendapatan yang tinggi bagi plasma dan peningkatan TBS yang cukup bagi inti. Integrasi ini juga mengindikasikan terdapat potensi yang besar untuk mengembangkan industri pupuk organik, pakan serta bakalan dan daging sapi. Peluang industri tersebut terpantau oleh PTPN VI untuk mengembangkan integrasi sawit-sapi Bali sistem intensif di Desa Muaro Sebo, Muaro Jambi. PTPN melaksanakan usaha pengembangbiakan dan penggemukan sejak tahun 2011 dengan uji coba 50 ekor sapi (Bali dan PO). Pada tahun 2012, PTPN mengembangkannya dengan skala yang lebih besar menggunakan 2.000 ekor sapi untuk usaha penggemukan dan pengembangbiakan (Bahri et al. 2013).

### Sistem pemeliharaan semi intensif

Sistem pemeliharaan semi intensif dilakukan dengan cara mengembalakan sapi secara terkendali dari pagi sampai dengan sore hari pada lahan

perkebunan kelapa sawit. Pemeliharaan sapi dengan sistem ini harus dijamin kecukupan pakan dan tidak merusak kebun kelapa sawit. Peluang peternak menyediakan pakan tambahan adalah pada sore atau malam hari. Pemberian pakan tambahan pada malam hari sangat penting karena kapasitas tampung pakan dari TATS hanya 0,7-1,5 ST/ha (Danu et al. 2014). Penggembalaan sapi Bali biasanya berkelompok sehingga sulit untuk memenuhi kebutuhan pakan sebanyak 3-3,5% BK/ekor (Diwyanto et al. 2002).

Perusahaan sawit di Bengkulu mengembangkan integrasi sawit-sapi secara semi intensif pada kawasan inti yang dikelola oleh pegawai perusahaan sebagai peternak (Gunawan et al. 2004). Sistem semi intensif diterapkan karena usaha integrasi yang dilakukan adalah termasuk memanfaatkan sapi sebagai angkutan untuk membawa TBS dan sarana *input* lainnya di kebun sawit. Perusahaan berperan sebagai inti dan avalis yang memberikan pinjaman pengadaan ternak dengan bunga 19,5% per tahun. Penilaian dalam lima tahun diperoleh *calfcrop* sebesar 42%, induk muda yang dilahirkan di perkebunan ini telah melahirkan 1-2 kali dan jumlah sapi meningkat dari 579 ekor menjadi 2.251 ekor. Hasil *calfcrop* masih relatif rendah meskipun kondisi induk sapi betina cukup baik. Perusahaan perlu memberikan kesempatan kawin pada sapi betina dengan perbandingan pejantan: betina dewasa (1:20) dan intensitas kerja tidak *overtime* agar *calfcrop* dapat meningkat lebih besar.

Hasil analisis finansial dengan skim pengembalian kredit skala usaha tiga ekor selama periode tujuh tahun, pada skenario I, penerimaan tidak memperhitungkan pupuk kandang yang dihasilkan, diperoleh R/C 2,18 dan menghasilkan pendapatan sebesar Rp.17.966.000 dan pada skenario II memperhitungkan pupuk kandang yang dihasilkan diperoleh R/C 2,41 dan pendapatan Rp. 21.416.000 (Gunawan et al. 2004). Evaluasi lanjutan pada sistem integrasi sawit-sapi, terlihat bahwa sapi Bali dimanfaatkan tenaga kerjanya sebagai alat angkut TBS yang berdampak pada meningkatnya luas panen dari 10 menjadi 15 ha/pemanen dan meningkatkan pendapatan sebesar 50% per pemanen (Diwyanto 2012). Pemilikan sapi meningkat dari 6 ekor/KK menjadi  $\geq 8$  ekor per KK (Diwyanto et al. 2013).

### Sistem pemeliharaan ekstensif

Pada sistem pemeliharaan ekstensif, sapi Bali digembalakan secara terkendali pada lahan perkebunan sepanjang hari. Sapi hanya memiliki kesempatan untuk memenuhi kebutuhan pakannya selama penggembalaan, sehingga sangat tergantung pada ketersediaan TATS. Perlu tindakan untuk mempertahankan dominasi TPT dengan mengurangi intervensi gulma dalam hamparan TATS (Puastuti et al. 2013b). Penggembalaan berpindah (*rotational grazing*) sesuai kapasitas

tampung TATS perlu diterapkan agar TPT siap untuk penggembalaan berikut. Leo et al. (2012) melaporkan hasil penelitian di Malaysia selama 120 hari menggunakan sapi Bali jantan umur 18 bulan, BB 303 kg/ekor mengalami penurunan bobot badan sebesar 7%. Penurunan ini terjadi karena kapasitas tampung TATS rendah dan suplai pakan tidak mencukupi. Sistem pemeliharaan sapi secara ekstensif mampu menurunkan biaya penanganan gulma sebesar 16-40% (Devendra 2011), mengurangi pemakaian pupuk anorganik, meningkatkan produksi TBS hingga 40% dan mengurangi biaya produksi pedet.

Terdapat beberapa kelompok peternak yang telah menerapkan integrasi sistem ekstensif selama bertahun-tahun sehingga populasi sapi Bali telah mencapai jumlah yang cukup besar walaupun tanpa catatan produktivitas dan penerapan teknologi baru. Kelompok ternak Bukit Indah, Desa Samuntai, Long Ikis, Paser di lahan PTPN XIII, kepemilikan sapi 40-50 ekor/peternak dengan total populasi 6.000 ekor (Diwyanto et al. 2013). Perusahaan perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Tengah juga melaksanakan integrasi secara ekstensif di kebun sawit. Induk sapi Bali digembalakan dan diberikan pakan serat (pelepah sawit dan rumput) 10-20 kg/ekor/hari dan konsentrat 4 kg/ekor/hari. Terjadi peningkatan populasi yang sangat baik dalam periode tujuh tahun (tahun 2006-2013), populasi meningkat dari 53 ekor menjadi 900 ekor (Handiwirawan et al. 2013). Penerapan manajemen pemeliharaan sangat baik karena hasil ini hanya dapat dicapai jika *calving rate* >80%, umur beranak pertama <3 tahun, ternak afkir dan kematian <2% per tahun dan umur produktif induk >10 tahun.

Ilham & Saliem (2011) melaporkan, sekelompok peternak (29 anggota) yang berdampingan dengan Perusahaan Sawit PT Agri Andalas, menerapkan integrasi sawit-sapi sistem ekstensif yang memelihara 105 ekor (sapi Bali 70%; PO 10% dan sapi lokal lain 20%). Berdasarkan rasio jantan dan betina 1:20, masa produksi induk delapan kali beranak, CI selama 12 bulan; *calfcrop* 80%, *discount factor* 14%, tanpa pakan tambahan dan *sex ratio* pedet lahir 50:50. Hasil analisis finansial usaha ini mengindikasikan bahwa usaha ini sangat layak untuk dilanjutkan.

Ilham & Saliem (2011) melaporkan Program Siska pola kemitraan secara PIP menempatkan perkebunan sawit PT Agri Andalas sebagai inti, karyawan pemanen dan pekebun sebagai plasma (Tabel 5). Luas kebun sawit inti 8.902 ha dan kebun plasma 16.000 ha. Pemanen menguasai 15 ha kebun inti per orang dan pekebun 1-2 hektar kebun plasma per orang. Terdapat lima pelaku utama dalam pengembangan sistem integrasi sawit-sapi potong, yaitu: (1) Perusahaan inti: PT Agri Andalas sebagai inti bertindak sebagai *avalis skim* kredit KUPS usaha sapi potong pemanen dan pekebun plasma; (2) Unit daya ternak inti

(UDTI) berfungsi menampung penjualan sapi milik pemanen dan pekebun plasma. Sapi-sapi tersebut digunakan sebagai sumber bibit sapi bagi karyawan pemanen dan pekebun plasma berikutnya sebagai program perguliran. Untuk memudahkan administrasi pengembalian kredit, karyawan pemanen dan pekebun plasma diharuskan menjual sapi kepada inti. Khusus untuk kebun plasma yang berlokasi jauh dari UDTI, maka peternak diijinkan untuk menjual sapi secara bebas jika sudah melunasi pinjaman modal. Penentuan harga jual dari peternak kepada pihak inti berdasarkan bobot badan dengan merujuk harga pasar terdekat. Penjadwalan pembayaran dilakukan seminggu setelah penjualan dan dilakukan bergilir antar *afdeling* (lokasi kebun); (3) Peternak pemanen adalah karyawan pemanen yang memperoleh satu paket kredit berupa tiga ekor induk dan satu jantan; (4) Pekebun plasma adalah pekebun (berdomisili di luar pabrik) mendapatkan satu paket kredit berupa dua ekor induk dan satu jantan; dan (5) Pedagang desa adalah orang yang membeli sapi dari pekebun plasma.

Masing-masing pemanen dan pekebun plasma memiliki 13 dan 18 ekor. Analisis finansial menggunakan dua peternak yang memiliki sapi 13 dan 18 ekor didasarkan atas biaya yang diperhitungkan yaitu tenaga kerja keluarga, pakan rumput, sewa lahan TPT dan kandang. Hasil analisis menunjukkan bahwa pendapatan masing-masing Rp. 11.230.000 dan Rp. 44.800.000 per siklus. Pendapatan bulanan sebesar Rp. 940.000 dan Rp. 3.730.000 dengan masing-masing R/C 2,12 dan 2,10. Hasil analisis usaha PIP ini menunjukkan hasil bersih riil adalah Rp. 5.410.000 per peternak/tahun dengan pemeliharaan 9 ekor/peternak. Pendapatan bulanan sebesar Rp. 450.000 per peternak dengan R/C 2,94. Jika diperhitungkan ongkos tenaga kerja keluarga, pakan, sewa lahan untuk TPT dan kandang, besarnya pendapatan adalah Rp. 910.000 per siklus dan pendapatan per bulan yang diterima peternak adalah Rp. 75.833 dengan nilai R/C 1,12.

**Tabel 5.** Kelayakan usaha SITT sapi sawit di Provinsi Bengkulu

|                                                 | NPV (Rp)      | IRR (%) | B/C  | PBP (tahun) |
|-------------------------------------------------|---------------|---------|------|-------------|
| Pola tenaga penggembalaan <sup>1)</sup>         |               |         |      |             |
| Satu orang                                      | 448.302.081   | 24      | 1,53 | 5,75        |
| Dua orang                                       | 583.634.815   | 27      | 2,67 | 5,16        |
| Pola tenaga pemanen di perusahaan <sup>2)</sup> |               |         |      |             |
| Dihitung                                        | 2.390.164.288 | 23      | 1,47 | 5,91        |
| Tidak dihitung                                  | 3.743.491.622 | 29      | 1,85 | 4,91        |

**Sumber:** <sup>1)</sup>Ilham et al. (2009) yang diolah kembali; <sup>2)</sup>Ilham & Saliem (2011)

Awaludin (2001) melaporkan bahwa *rotational grazing* pada usaha integrasi sawit-sapi di Malaysia digunakan untuk pengendalian gulma dalam mewujudkan program pengendalian hama terpadu. Pendekatan holistik dalam integrasi secara sistematis dapat menyelaraskan sapi dan sawit serta ekonomis. Pada akhir tahun 2000, terdapat 167 perkebunan dan 300 kawasan melaksanakan sistem integrasi dengan 115.390 ekor sapi. Dua model usaha ekonomi *cow calf operation* dan penggemukan dikembangkan dari pengamatan-pengamatan perkebunan yang menerapkan sistem integrasi tersebut. Program *Integrated Pest Management* (IPM) dari *cow calf operation* dan penggemukan mencapai 13 dan 77%. *Cost benefit* pada tingkat suku bunga 12% didapatkan 1.17 dan 1.19.

Melihat keuntungan yang diperoleh dari usaha pembibitan sapi potong di Bengkulu dan Malaysia, maka sistem integrasi sawit-sapi telah memberikan hasil yang positif. Tetapi hal tersebut belum dapat diterima oleh kebanyakan perkebunan sawit di Indonesia yang memiliki total luas areal kebun sekitar 10 juta ha. Pendekatan yang terstruktur perlu terus dikembangkan agar pihak perkebunan dapat menerima dan menerapkan integrasi sawit-sapi.

## KESIMPULAN

Sapi Bali memiliki tingkat fertilitas yang tinggi, dan mampu beradaptasi dengan baik pada lingkungan perkebunan sawit, yang ditunjukkan dengan performans produksi dan daya reproduksi yang baik serta umur produktif induk yang lebih dari 10 tahun. Model pengembangan sapi Bali pada sistem integrasi sawit-sapi pada sistem pemeliharaan intensif, semi intensif dan ekstensif mampu meningkatkan produktivitas dan populasi sapi Bali, memberikan tambahan penghasilan dari hasil penjualan sapi, meningkatkan hasil panen dan penjualan TBS, memanfaatkan kotoran sapi sebagai pupuk organik dan mengurangi jumlah tenaga kerja. Pengembangan sapi Bali melalui integrasi dengan perkebunan kelapa sawit memberikan prospek yang menjanjikan dan diharapkan dapat mewujudkan program nasional guna meningkatkan populasi sapi di dalam negeri.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardila Y. 2014. Pemanfaatan limbah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jaqs). Makalah seminar umum. Yogyakarta (Indonesia): Program Studi Agronomi Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Awaludin R. 2001. Sitematic integration of beef cattle in oil palm plantation. *Agro-Search*. 8:15-24.
- Bahri S, Tiesnamurti B, Diwyanto K. 2013. Upaya mewujudkan swasembada daging sapi secara berkelanjutan: Tantangan, peluang dan strategi. Dalam: Model pengembangan sistem integrasi tanaman-sapi berbasis inovasi. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 57-85.
- Batubara LP. 2003. Potensi integrasi peternakan dengan perkebunan kelapa sawit sebagai simpul agribisnis ruminan. *Wartazoa*. 13:83-91.
- BI. 2013a. Pola pembiayaan usaha kecil menengah, usaha penggemukan sapi potong. Jakarta (Indonesia): Bank Indonesia.
- BI. 2013b. Pola Pembiayaan usaha kecil menengah syariah, usaha pengembangbiakan sapi pedaging. Jakarta (Indonesia): Bank Indonesia.
- Danu TP, Yulianti A, Widodo E. 2014. Potensi hijauan di perkebunan kelapa sawit sebagai pakan sapi potong di kabupaten kutai kartanegara. *Media Sains*. 7:79-86.
- Devendra C. 2011. Integrated tree crops-ruminants systems in South East Asia: Advances in productivity enhancement and environmental sustainability. *J Anim Sci*. 24:587-602.
- Ditjen PKH. 2012. Survey karkas. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- Ditjen PKH. 2013. Peta wilayah sumber bibit sapi lokal di di Indonesia. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- Ditjenbun. 2015. Data lima tahun sub-sektor perkebunan [Internet]. [disitasi 1 April 2015]. Tersedia dari: [http://www.pertanian.go.id/infoeksekutif/bun/isi\\_dt5t\\_hnbun.php](http://www.pertanian.go.id/infoeksekutif/bun/isi_dt5t_hnbun.php)
- Diwyanto K, Matondang RH, Handiawirawan E. 2013. Perkembangan sistem integrasi sawit-sapi di beberapa lokasi mendukung program swasembada daging sapi. Dalam: Model pengembangan sistem integrasi tanaman-sapi berbasis inovasi. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 13-55.
- Diwyanto K, Prawiradiputra BR, Lubis D. 2002. Integrasi tanaman-ternak dalam pengembangan agribisnis yang berdaya saing dan berkelanjutan. *Wartazoa*. 12:1-8.
- Diwyanto K. 2012. Optimalisasi teknologi inseminasi buatan mendukung usaha agribisnis sapi perah dan sapi potong. Dalam: Sumarno, Soedjana TD, Suradisastra K, penyunting. Membumikan IPTEK Pertanian. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 100-122.
- ETP. 2015. EPP 5: Cattle integration in oil palm estates. econ transform program [Internet]. [disitasi 1 April 2015]. Tersedia dari: [http://etp.pemandu.gov.my/Agriculture\\_-\\_EPP\\_5\\_-\\_Cattle\\_Integration\\_in\\_Oil\\_Palm\\_Estates.aspx](http://etp.pemandu.gov.my/Agriculture_-_EPP_5_-_Cattle_Integration_in_Oil_Palm_Estates.aspx)
- Fadjar U. 2006. Kemitraan usaha perkebunan: Perubahan struktur yang belum lengkap. *Forum Penelit Agro Ekon*. 24:46-60.

- Gunawan, Azmi, Mathius IW, Daryanto, Majestika, Kholik S, Sitompul DM. 2004. Evaluasi model pengembangan sistem integrasi sapi dengan kelapa sawit. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Sistem Integrasi Tanaman Ternak. hlm 401-412.
- Gunawan, Sari AR, Parwoto Y, Uddin MJ. 2011. Non-genetic factors effect on reproductive performance and preweaning mortality from artificially and naturally bred in Bali cattle. *J Indones Trop Anim Agric*. 36:83-90.
- Hafez ESE. 2008. Beef Cattle. In: Hafez B, Hafez ESE, editors. *Reproduction in farm animals*. 7th ed. Oxford (UK): Blackwell Publishing. p. 172-181.
- Hanafi ND. 2007. Keragaan pastura campuran pada berbagai tingkat naungan dan aplikasinya pada lahan perkebunan kelapa sawit [Disertasi]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Handiwirawan E, Puastuti W, Diwyanto K. 2013. Perkembangan sistem integrasi sapi sawit di PT Sulung Ranch, Kalimantan Tengah. Dalam: *Model pengembangan sistem integrasi tanaman-sapi berbasis inovasi*. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 119-144.
- Ilham N, Saliem HP. 2011. Kelayakan finansial sistem integrasi sawit-sapi melalui program kredit usaha pembibitan sapi. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 9:349-269.
- Ilham N, Yusdja Y, Nurmanaf AR, Winarso B, Supadi. 2009. Perumusan model pengembangan skala usaha dan kelembagaan usaha sapi potong. Bogor (Indonesia): Kerjasama Pusat Analisis Ekonomi dan Kebijakan Pertanian dengan Departemen Pendidikan Nasional.
- Kementan-BPS. 2011. Rilis hasil akhir PSPK 2011. Jakarta (Indonesia): Kementerian Pertanian dan Biro Pusat Statistik.
- Leo TK, Leslie DE, Lo SS, Ebrahimi M, Aghwan ZA, Panandam JM, Alimon AR, Karsani SA, Sazili AQ. 2012. An evaluation of growth performance and carcass characteristics of integration (oil palm plantation) and feedlot finished Bali cattle. *J Anim Vet Adv*. 11:3427-3430.
- Makka D. 2005. Prospek pengembangan sistem integrasi peternakan yang berdaya saing. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Integrasi Tanaman Ternak*. Denpasar, 20-22 Juli 2005. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak bekerjasama dengan BPTP Bali. hlm. 18-31.
- Mathius IW, Sinurat AP, Manurung BP, Sitompul DM, Azmi. 2005. Pemanfaatan produk fermentasi lumpur-bungkil sebagai bahan pakan sapi potong. Dalam: Mathius IW, Bahri S, Tarmudji, Prasetyo LH, Triwulanningsih E, Tiesnamurti B, Sendow I, Suhardono, penyunting. *Inovasi Teknologi Peternakan untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat dalam Mewujudkan Kemandirian dan Ketahanan Pangan Nasional*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 12-13 September 2005. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak.
- Mathius IW. 2003. Perkebunan kelapa sawit dapat menjadi basis pengembangan sapi potong. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 25:1-4.
- Mathius IW. 2008. Pengembangan sapi potong berbasis industri kelapa sawit. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 1:206-224.
- Nasich M. 2010. Analisis fenotip dan genotip kambing hasil persilangan antara pejantan kambing Boer dengan induk kambing lokal [Disertasi]. [Malang (Indonesia)]: Universitas Brawijaya.
- Panjaitan T, Fordyce G, Poppy D. 2003. Bali cattle performance in the dry tropics of Sumbawa. *JITV*. 8:183-188.
- Prasetyo AA. 2009. Status fertilitas induk sapi persilangan limousin pada berbagai paritas [Skripsi]. [Malang (Indonesia)]: Universitas Brawijaya.
- Puastuti W, Handiwirawan E, Diwyanto K. 2013a. Perkembangan sistem integrasi sawit-sapi di Kelompok Tani Subur Makmur Provinsi Kalimantan Tengah: Pola pemeliharaan sapi secara intensif. Dalam: *Model pengembangan sistem integrasi tanaman-sapi berbasis inovasi*. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 145-172.
- Puastuti W, Suryana, Matondang RH. 2013b. Perkembangan sistem integrasi sawit-sapi di Kalimantan Selatan: Pola pemeliharaan sapi semi intensif. Dalam: *Model pengembangan sistem integrasi tanaman-sapi berbasis inovasi*. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 173-202.
- Purwantho E. 2012. Performans produksi dan reproduksi sapi Bali di kaki Gunung Rinjani di Pulau Lombok [Tesis]. [Malang (Indonesia)]: Universitas Brawijaya.
- Rahayu S, Sumitro SB, Susilawati T, Soemarno. 2006. Analisis isoenzim untuk mempelajari variasi genetik sapi Bali di Provinsi Bali. *Berkala Penelitian Hayati*. 12:1-5.
- Reiling BA. 2015. Standardized calculation and interpretation of basic cow herd performance measures. *NebGuide* [Internet]. [cited 1 April 2015]. Available from: <http://www.ianrpubs.unl.edu/pages/publicationD.jsp?publicationId=1393>
- Riady M. 2004. Tantangan dan peluang peningkatan produksi sapi potong menuju 2020. Dalam: Setiadi B, Priyanti A, Handiwirawan E, Diwyanto K, Wijono DB, penyunting. *Strategi Pengembangan Sapi Potong dengan Pendekatan Agribisnis yang Berkelanjutan*. Prosiding Lokakarya Nasional Sapi Potong. Yogyakarta, 8-9 Oktober 2004. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 3-13.
- Siregar Z, Hasnudi S, Umar, Sembiring I. 2006. Tim Jurusan Peternakan Fakultas Pertanian USU bekerjasama dengan PTPN IV dalam rangka membangun pabrik pakan ternak berbasis limbah sawit. Medan (Indonesia): USU.

- Sitompul D. 2003. Desain pembangunan kebun dengan sistem usaha terpadu ternak sapi Balesia. Dalam: Setiadi B, Mathius IW, Inounu I, Djajanegara A, Adjid RMA, Risdiono B, Lubis D, Priyanti A, Priyanto D, penyunting. Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi. Bengkulu, 9-10 September 2003. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak bekerjasama dengan Pemerintah Provinsi Bengkulu dan PT Agrical. hlm. 81-87.
- Soedjana TD, Priyanti A, Handiawirawan E, Puastuti W, Susanti M, Rosyid M, Tiesnamurti B. 2013. Pemodelan penyediaan daging sapi/kerbau dan susu menggunakan metode *system dynamics*. Jakarta (Indonesia): IAARD Press.
- Soedjana TD. 2015. Isu kebijakan dalam akselerasi usaha integrasi sapi-sawit. *Paper* dipresentasikan dalam *round tabel meeting* "Kebijakan integrasi sawit-sapi". Bogor, 27 Mei 2015. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak.
- Sukmasari, Noor RR, Murtoyo H, Talib C. 2002. The estimation of breeding values and genetic trends of body weight in Bali cattle improvement project. *Hayati J Biosci*. 9:109-113.
- Sumantri C, Einstiana A, Salamena JF, Inounu I. 2007. Keragaan dan hubungan phylogenetik antar domba lokal di Indonesia melalui pendekatan analisis morfologi. *JITV*. 12:42-54.
- Supriyanton A. 2006. Estimasi parameter genetika kinerja produksi dan reproduksi sebagai dasar penyusunan program pemuliaan pada sapi Bali: Studi Kasus di P3 Bali [Disertasi]. [Malang (Indonesia)]: Universitas Brawijaya.
- Suranjaya IG, Ardika IN, Indrawati RR. 2010. Faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas sapi Bali di wilayah binaan proyek pembibitan dan pengembangan sapi Bali di Bali. *Majalah Ilmiah Peternakan*. 13:83-87.
- Talib C, Entwistle K, Siregar A, Budiarti-Turner S, Lindsay. 2003. Survey of population and production dynamics Bali cattle and existing breeding programs in Indonesia. In: ACIAR Proceeding No 110. Strategies to improve Bali cattle in Eastern Indonesia. ACIAR. p. 3-9.
- Tangendjaja. 2009. Teknologi pakan dalam menunjang industri peternakan di Indonesia. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 2:192-207.
- Utomo BN, Widjaja E. 2012. Pengembangan sapi potong berbasis industri perkebunan kelapa sawit. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 31:153-161.
- Wan Zahari M, Hassan OB, Wong HK, Liang JB. 2003. Utilization of oil palm frond-based diets for beef cattle production in Malaysia. *Asian-Aust J Anim Sci*. 16:625-634.
- Waskito. 2015. Peluang dan kendala implementasi integrasi sawit-sapi. *Paper* dipresentasikan dalam *round tabel meeting* "Kebijakan integrasi sawit-sapi". Bogor, 27 Mei 2015. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak.
- Wiyatna MF. 2007. Perbandingan indeks perdagangan sapi-sapi Indonesia (Sapi Bali, Madura, PO) dengan sapi Australian Commercial Cross (ACC). *J Ilmu Ternak*. 7:22-25.
- Yosita M, Santosa U, Setyowati EY. 2012. Persentase karkas, tebal lemak punggung dan indeks perdagangan sapi Bali, Peranakan Ongole dan Australian Commercial Cross. *Student e-Journals [Internet]*. [disitasi 1 April 2015]. Tersedia dari: <http://jurnal.unpad.ac.id/ejournal/article/view/887/933>
- Yusdja Y, Ilham N, Sejati WK. 2003. Profil dan permasalahan peternakan. *Forum Penelit Agro Ekon*. 21:44-56.

## PEDOMAN BAGI PENULIS

### KETENTUAN UMUM

Naskah yang dikirim belum pernah diterbitkan dan dalam waktu yang bersamaan tidak disampaikan kepada media publikasi lain. Perlu menandatangani surat pernyataan tentang keaslian naskah dan hak publikasi.

### RUANG LINGKUP

Buletin ilmiah ini memuat tulisan hasil tinjauan, ulasan (*review*), kajian kebijakan dan gagasan serta pemikiran sistematis. Topik yang dibahas berupa informasi baru dan/atau memperkuat hasil temuan sebelumnya. Buletin ini diterbitkan 4 (empat) kali dalam setahun pada bulan Maret, Juni, September dan Desember.

### PENGIRIMAN NASKAH

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, ditulis dengan jarak 1,5 spasi, kecuali 1 spasi untuk Judul, Abstrak, Tabel, Gambar dan Lampiran. Jumlah halaman dalam naskah maksimum 20 halaman. Batas tepi kiri 4 cm dan masing-masing 3 cm untuk batas tepi kanan, atas dan bawah. Naskah diketik dengan jenis huruf *Times New Roman* dan ukuran (*font*) 12, menggunakan program *Microsoft Word*, kecuali program *Microsoft Excel* untuk tabel dan grafik serta format JPEG atau TIFF pada gambar (dalam format yang dapat diedit). Naskah lengkap dikirim melalui email dengan alamat wartazoa@yahoo.co.id. Bagi naskah yang diterima, penulis berhak menerima 1 (satu) buletin asli dan 10 (sepuluh) eksemplar cetak lepas.

### TATA CARA PENULISAN NASKAH

1. **Judul** ditulis singkat, jelas, spesifik dan informatif yang mencerminkan isi naskah serta tidak lebih dari 15 kata.
2. **Nama** penulis tanpa gelar dan lembaga/institusi ditulis lengkap di bawah judul, disertai dengan alamat lengkap dan alamat e-mail penulis korespondensi.
3. **Abstrak** ditulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris dan merupakan intisari naskah, masing-masing tidak lebih dari 250 dan 200 kata yang dituangkan dalam satu paragraf dengan jarak satu spasi.
4. **Kata kunci** (*key words*) dalam bahasa Indonesia dan Inggris, boleh kata tunggal dan majemuk, serta terdiri atas tiga sampai dengan lima kata.
5. **Pendahuluan** terdiri dari latar belakang, permasalahan atau rumusan masalah, serta tujuan dan manfaat ulasan (*review*).
6. **Isi pokok bahasan** menyajikan dan membahas secara jelas pokok bahasan dengan mengacu kepada tujuan penulisan.
7. **Kesimpulan** merupakan substansi pokok bahasan yang menjawab permasalahan serta tujuan penulisan dan bukan merupakan tulisan ulang atau ringkasan dari pembahasan.
8. **Saran** (apabila ada) dapat berisi rekomendasi, tindak lanjut atau implikasi kebijakan atas kesimpulan yang diperoleh.
9. **Ucapan terima kasih** (kalau ada).
10. **Daftar pustaka:**
  - a. Minimal 25 acuan, diutamakan menggunakan pustaka 10 tahun terakhir dan minimal 80% pustaka primer. Sitasi hasil penulisan sendiri paling banyak 30% dari total acuan.
  - b. Pustaka dari internet hanya diperbolehkan dari sumber yang dapat dipertanggungjawabkan seperti jurnal, instansi pemerintah atau swasta.
  - c. Nama pengarang disusun secara alfabetis dan tahun penerbitan.
11. **Tabel:**
  - a. Huruf standar yang digunakan adalah *Times New Roman* dengan jarak satu spasi dan *font* 11.
  - b. Judul adalah kalimat singkat, jelas, dapat dimengerti tanpa harus membaca naskah.
  - c. Setiap kolom dari tabel harus memiliki tajuk (*heading*). Unit harus dipisahkan dari judul dengan koma dalam kurung atau di bawahnya.
  - d. Keterangan tabel ditulis di bawah tabel dengan jarak 1 spasi dan *font* 11. Sumber data dituliskan di bawah tabel atau di dalam tabel pada tajuk sendiri.
  - e. Garis pemisah dibuat dalam bentuk horisontal.

Contoh tabel:

**Tabel 1.** Respons kambing terhadap berbagai bentuk fisik pakan komplit

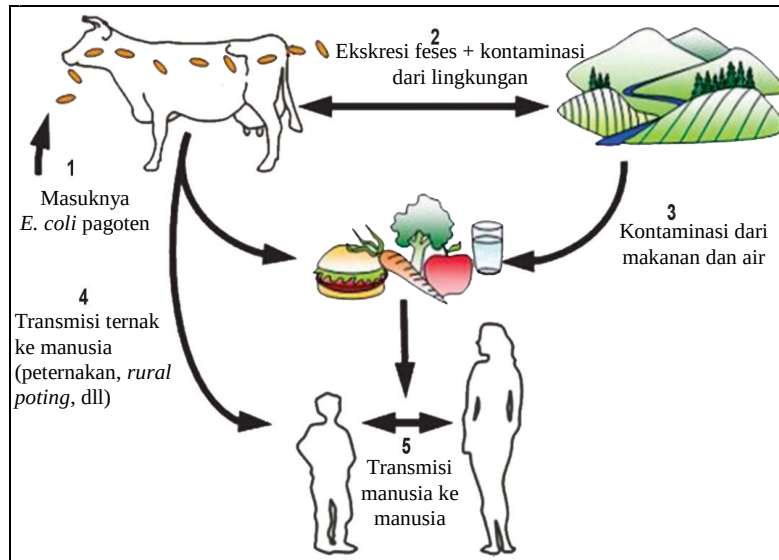
| Bentuk pakan komplit | Genotipe kambing | Umur (bulan) | Konsumsi (% BB) | PBBH (g) | NKR <sup>a)</sup> | Kecernaan (%) | Sumber                     |
|----------------------|------------------|--------------|-----------------|----------|-------------------|---------------|----------------------------|
| Pelet                | Jamunapari       | 24-27        | 3,0-4,0         | 154-192  | 5,2-8,4           | 65            | Srivastava & Sharma (1998) |
| Cacah <sup>b)</sup>  | Alpine           | 9-36         | 4,4             | 102      | 11,0              | tt            | Galina et al. (1995)       |
| Cacah                | Nubian           | 9-36         | 4,1             | 85       | 11,0              | tt            | Galina et al. (1995)       |
| Tepung kasar         | Boerka           | 3-6          | 3,9-4,9         | 71-89    | 11,2              | 62-81         | Ginting et al. (2007)      |
| Tepung kasar         | Afrika           | 16-18        | 5,8             | 50-58    | 10-13             | 68-78         | Areghero (2000)            |

<sup>a)</sup>NKR: Nilai konversi ransum (konsumsi/PBBH; g/g); <sup>b)</sup>Pakan dasar dalam bentuk cacahan dan konsentrat dalam bentuk tepung; tt: Data tidak tersedia

12. **Gambar dan grafik:**

- Judul menggunakan *Times New Roman* dengan jarak 1 spasi dan *font* 11, berupa kalimat singkat dan jelas diletakkan di bawah gambar dan grafik.
- Garis pada grafik harus secara jelas terlihat perbedaan satu dengan yang lain apabila terdapat lebih dari satu kurva.
- Gambar dengan kontras yang jelas dengan ukuran yang proporsional dan beresolusi tinggi agar dapat tampil baik untuk penampilan terbaik.
- Tuliskan sumber gambar/grafik di bawah judul.

Contoh gambar dan grafik:



**Gambar 3.** Food borne disease *E. coli* O157:H7

Sumber: Scieh (2001) yang dimodifikasi

13. **Satuan pengukuran:** dipergunakan sistem internasional (SI).

14. **Penulisan angka desimal:** untuk bahasa Indonesia dipisahkan dengan koma (.), untuk bahasa Inggris dengan titik (.).

15. **Penulisan pustaka dalam teks:**

- Penulisan pustaka mengacu pada Council of Science Editor (CSE) edisi ke-7 tahun 2006.
- Pustaka harus ditulis nama penulis terlebih dahulu, diikuti tahun, contoh: Diwyanto (2007) atau (Diwyanto 2007).
- Bila ada dua nama penulis dalam satu makalah, maka nama penulis harus ditulis semua, contoh: Albenzio & Santilo 2011.
- Bila ada lebih dari dua nama penulis dalam satu makalah, maka harus ditambah et al. (huruf tegak dan diberi titik di belakang huruf), contoh: Jayanegara et al. (2012) atau (Jayanegara et al. 2012), dan di dalam daftar pustaka ditulis hingga penulis kesepuluh serta diakhiri dengan et al..
- Bila ada lebih dari satu pustaka untuk satu pernyataan, maka harus ditulis urutan dari tahun yang tertua dan urutan alfabet nama penulis bila tahunnya sama, contohnya: (Diwyanto et al. 2007; Jayanegara et al. 2012; Wina 2012).
- Pustaka dalam pustaka seperti contoh: Teleni dalam Widiawati (2012) tidak diperkenankan.
- Bila suatu pernyataan diperoleh dari komunikasi pribadi, perlu dicantumkan "nama orang yang dihubungi" dan diikuti dengan (komunikasi pribadi) di belakangnya.
- Memuat nama penulis yang dirujuk dalam naskah.
- Jika penulis yang sama menulis lebih dari satu artikel dalam tahun yang sama dapat dibubuhi huruf kecil.
- Disusun secara alfabetis dan tahun penerbitan menurut nama penulis.

16. **Cara penulisan pustaka di dalam Daftar Pustaka:**

- Setiap pustaka yang disebut di dalam tulisan harus dimasukkan ke dalam Daftar Pustaka yang ditulis di bagian akhir makalah.
- Pustaka yang dirujuk harus dipublikasi dalam kurun waktu 10 tahun terakhir dengan proporsi pustaka jurnal minimum 80%.
- Pengutipan pustaka dari internet hanya diperbolehkan dari sumber yang dapat dipertanggungjawabkan seperti jurnal, instansi pemerintah atau swasta. Wikipedia tidak dapat dijadikan sumber pustaka.
- Pustaka dengan "Anonimus" tidak diperbolehkan.
- Bila tidak disebut nama penulisnya, maka yang di dicantumkan adalah nama institusi atau penerbit.
- Makalah yang sudah diterima tetapi masih dalam proses pencetakan, harus ditulis (*in press*) pada akhir pustaka.
- Beberapa contoh penulisan sumber acuan adalah sebagai berikut:

**Buku:**

Stiglitz JE. 2010. Free fall. New York (US): WW Norton and Company Inc.

**Jurnal:**

Kostaman T, Yusuf TL, Fahrudin M, Setiadi MA, Setioko AR. 2014. Pembentukan *germline chimera* ayam Gaok menggunakan *primordial germ cells* sirkulasi segar dan beku. JITV. 19:17-25.

**Artikel dalam Buku:**

Prawiradiputra BR. 2012. Tanaman penutup tanah untuk perkebunan kelapa sawit. Dalam: Tiesnamurti B, Inounu I, penyunting. Inovasi pengembangan sapi sistem integrasi sapi sawit. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 159-187.

Hanotte O, Han J. 2006. Genetic characterization of livestock population and its use in conservation decision making. In: Sannino J, Sannino A, editors. The role of biotechnology in exploring and protecting agriculture genetic resources. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations. p. 89-96.

**Internet:**

Aldrich B, Minott S, Scott N. 2005. Feasibility of fuel cells for biogas energy conversion on dairy farm. Manure Management Program [Internet]. [cited 21 July 2005]. Available from: [http://www.manure\\_management.Cornell.edu](http://www.manure_management.Cornell.edu).

**Prosiding:**

Rohaeni ES, Ismadi D, Darmawan A, Suryana, Subhan A. 2004. Profil usaha peternakan ayam lokal di Kalimantan Selatan (Studi kasus di Desa Murung Panti Kecamatan Babirik. Kabupaten Hulu Sungai Utara dan Desa Rumintin Kecamatan Tambangan, Kabupaten Tapin). Dalam: Thalib A, Sendow I, Purwadaria T, Tarmudji, Darmono, Triwulanningsih E, Beriajaja, Natalia L, Nurhayati, Ketaren PP, et al., penyunting. IPTEK sebagai Motor Penggerak Pembangunan Sistem dan Usaha Agribisnis Peternakan. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 4-5 Agustus 2004. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 555-562.

**Skripsi/Tesis/Disertasi:**

Jatmiko. 2005. Studi fenotipe ayam Pelung untuk seleksi tipe ayam penyanyi [Tesis]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.

**Laporan:**

Balitvet. 2004. Dinamika penyakit Avian Influenza di Indonesia. Laporan APBN Balai Penelitian Veteriner. Bogor (Indonesia): Balai Penelitian Veteriner.

**Jurnal elektronik:**

Huber I, Campe H, Sebah D, Hartberger C, Konrad R, Bayer M, Busch U, Sing A. 2011. A multiplex one-step real-time RT-PCR assay for influenza surveillance. Eurosurveillance [Internet]. 16:1-7. Available from: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19798>

Registered in:

