

ISSN 0216-6461
e-ISSN 2354-6832

Terakreditasi Kemenristekdikti
SK Dirjen Risbang No. 21/E/KPT/2018

WARTAZOA

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

Volume 28
Nomor 3
September 2018



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

WARTAZOA

Vol. 28 No. 3 September 2018 Hlm. 099-151

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 28 Nomor 3 Tahun 2018

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

Terakreditasi Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi

SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan No. 21/E/KPT/2018

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 Utama – Balai Besar Penelitian Veteriner – Patologi dan Toksikologi)

Anggota:

Dr. Ir. Atien Priyanti SP, MSc. (Peneliti Utama – Puslitbangnak – Ekonomi Pertanian)
Drh. Indrawati Sendow, MSc. (Peneliti Utama – Balai Besar Penelitian Veteriner – Virologi)
Dr. Ir. Chalid Talib, MSc. (Peneliti Utama – Balai Penelitian Ternak – Pemuliaan dan Genetika Ternak)
Dr. Nurhayati (Peneliti Utama – Balai Penelitian Ternak – Budidaya Tanaman)
Dr. Drh. Eny Martindah, MSc. (Peneliti Madya – Balai Besar Penelitian Veteriner – Parasitologi dan Epidemiologi)
Dr. Drh. Susan Maphiliandawati Noor, MVSc. (Peneliti Madya – Balai Besar Penelitian Veteriner – Bakteriologi)
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)

Mitra Bestari:

Prof. (Riset) Dr. Ir. Tjeppy D Soedjana, MSc. (Puslitbangnak – Ekonomi Pertanian)
Prof. Dr. Edy Rianto, MSc. (Universitas Diponegoro – Ilmu Ternak Potong dan Kerja)
Prof. Dr. Gono Semiadi (LIPI – Pengelolaan Satwa Liar)
Dr. Agr. Asep Anang, MPhil. (Universitas Padjadjaran – Pemuliaan Ternak)
Dr. Ir. VM Ani Nurgartiningih, MSc. (Universitas Brawijaya – Pemuliaan dan Genetika Ternak)

Penyunting Pelaksana:

Nandi Hendriana, ST, MKom.
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

Teknologi di bidang kesehatan hewan semakin maju, salah satunya adalah termografi inframerah yang merupakan pengukur suhu pada permukaan yang sangat kecil pada tubuh hewan yang dapat merepresentasikan kondisi kesehatan, tingkat stres, keseimbangan termal tubuh dan efisiensi pakan pada hewan tersebut. Termografi inframerah pada usaha peternakan sapi di Indonesia dipakai sebagai alat deteksi dini untuk penyakit mastitis, penyakit mulut dan kuku, serta untuk mengevaluasi efisiensi pakan. Kewaspadaan terhadap penyakit Surra yang disebabkan oleh *Trypanosoma evansi* pada hewan dan manusia harus mendapat perhatian karena berpotensi sebagai zoonosis. Pada umumnya, *T. evansi* tidak mampu menginfeksi manusia karena serum darah manusia memiliki apolipoprotein (Apo L-1) yang bersifat trypanolitik. Namun, pengetahuan ini mulai berubah dengan adanya laporan kasus *atypical human trypanosomiasis* di beberapa negara yang disebabkan oleh *T. evansi*.

Nanoteknologi telah berkembang dalam berbagai bidang, termasuk bidang nutrisi ternak dimana material pakan, suplemen dan imbuhan pakan dibuat dalam ukuran nano sehingga permukaannya luas dan metabolisme meningkat. Nanopartikel Zn dapat meningkatkan bioavailabilitas Zn pada ransum ayam pedaging serta berfungsi sebagai antibakteri dan antioksidan. Kebutuhan pakan ayam semakin hari semakin meningkat, oleh sebab itu bungkil inti sawit (BIS) merupakan salah satu alternatif bahan pakan unggas. Teknologi fermentasi dan penambahan enzim pada BIS dapat meningkatkan metabolisme energi, efisiensi pakan dan konversi pakan, serta menurunkan lemak abdomen pada ayam pedaging.

Entok merupakan jenis unggas air yang memiliki pertumbuhan dan persentase karkas yang relatif lebih baik dibandingkan dengan itik karena kualitas daging lebih baik, relatif tahan terhadap penyakit dan mampu bertahan dengan pakan berkualitas rendah. Pengembangan entok sebagai penghasil daging dapat dilakukan melalui pendekatan jangka panjang dengan seleksi untuk menghasilkan entok yang mempunyai pertumbuhan dan kualitas daging tinggi, serta pendekatan jangka pendek dengan mendatangkan entok unggul untuk dikembangkan oleh peternak dan menyilangkan entok jantan dengan induk itik petelur untuk menghasilkan itik Serati.

Semoga publikasi edisi ketiga tahun 2018 ini bermanfaat bagi pembaca. Dewan Penyunting menyampaikan terima kasih kepada para penulis, mitra bestari dan semua yang terlibat dalam edisi publikasi ini.

Bogor, September 2018

Ketua Dewan Penyunting

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 28 Nomor 3 (September 2018)

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

DAFTAR ISI

Halaman

Utilization of Infrared Thermography in Cattle Production and Its Application Potency in Indonesia (Pemanfaatan Termografi Inframerah pada Usaha Peternakan Sapi dan Potensi Penggunaannya di Indonesia) Hadriana Bansi	099-106
Pembuatan Nanopartikel Zink Menggunakan Ekstrak Tanaman untuk Imbuhan Pakan Ayam Pedaging (Synthesis of Zinc Nanoparticles Using Plant Extract for Broiler's Feed Additive) Cecep Hidayat, Sumiati, E Wina dan A Jayanegara	107-118
Upaya Meningkatkan Kualitas Bungkil Inti Sawit melalui Teknologi Fermentasi dan Penambahan Enzim untuk Unggas (Efforts to Improve the Quality of Palm Kernel Cake through Fermentation Technology and Enzyme Addition for Poultry) Tiurma Pasaribu	119-128
Sumber Daya Genetik Entok (<i>Cairina moschata</i>): Profil dan Potensi Produksi sebagai Penghasil Daging (Genetic Resource of Muscovy Duck (<i>Cairina moschata</i>): Profile and Potential Production as Meat Producer) Mohammad Hasil Tamzil	129-138
Surra: Trypanosomiasis pada Ternak yang Berpotensi sebagai Penyakit Zoonosis (Surra: Trypanosomiasis in Livestock is Potential as Zoonosis Disease) April H Wardhana dan DH Sawitri	139-151

Utilization of Infrared Thermography in Cattle Production and Its Application Potency in Indonesia

(Pemanfaatan Termografi Inframerah pada Usaha Peternakan Sapi dan Potensi Penggunaannya di Indonesia)

Hadriana Bansi

*Maluku Assessment Institute for Agricultural Technology
Jl. Chr. Soplanit Rumah Tiga, Ambon, Indonesia
dianabansi@yahoo.com*

(Diterima 31 Mei 2018 – Direvisi 6 Agustus 2018 – Disetujui 4 September 2018)

ABSTRACT

Infrared thermography (IRT) is a non-invasive remote sensing method to detect temperature. Many studies have shown that temperature in several regions of the body could be representative of core body temperature. Body temperature of cattle can be used to evaluate health status, stress, thermal balance, and feed efficiency. The aim of this article is to review utilization of IRT in cattle production system and its potency to be applied in Indonesia. The ability of IRT to detect even the small change of body surface temperature has made this device is very useful in cattle production industry. Infrared thermography has been used as a tool to detect an early detection of inflammation as sign of some diseases such as mastitis also, foot and mouth disease. Infrared thermography can also evaluate feed efficiency through detection of heat production produced by metabolism process. Some important constraints of cattle production in Indonesia such as diseases and low feed efficiency may have strong correlation with body temperature change. Therefore, IRT is very potential to be applied in cattle farms in Indonesia.

Key words: Infrared thermography, body temperature, cattle

ABSTRAK

Termografi inframerah (IRT) adalah metode non-invasif penginderaan jarak jauh untuk mendeteksi suhu. Beberapa hasil penelitian menyatakan bahwa suhu pada beberapa bagian tubuh merupakan representasi dari suhu tubuh. Suhu tubuh sapi dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi kesehatan, tingkat stres, keseimbangan suhu tubuh dan efisiensi pakan. Makalah ini bertujuan untuk menelaah pemanfaatan dan aplikasi IRT pada usaha peternakan sapi dan potensi penerapannya di Indonesia. Kemampuan IRT untuk mendeteksi perubahan suhu tubuh permukaan yang sangat kecil menjadikan alat ini sangat efisien digunakan pada usaha peternakan sapi. Termografi inframerah sudah digunakan sebagai alat deteksi dini beberapa penyakit inflamasi seperti mastitis serta penyakit mulut dan kuku. Termografi inframerah juga dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi pakan melalui deteksi produksi panas tubuh yang dihasilkan oleh proses metabolisme. Beberapa penghambat utama pada usaha peternakan sapi di Indonesia adalah penyakit dan rendahnya efisiensi pakan. Kedua penghambat tersebut erat kaitannya dengan perubahan suhu tubuh. Oleh karena itu, IRT sangat berpotensi untuk diaplikasikan pada peternakan sapi di Indonesia.

Kata kunci: Termografi inframerah, suhu tubuh, sapi

INTRODUCTION

Infrared thermography (IRT) is a non-invasive remote sensing method to detect temperature. Infrared thermography was able to detect less than 1°C temperature change in the cattle suspect with bovine viral diarrhoea virus (BVDV) (Schaefer et al. 2004). In comparison with traditional method thermometers, such as the rectal thermometer, tympani thermometer, and thermal microchip, IRT was easier and less invasive (Johnson et al. 2011; Timsit et al. 2011). Usamentiaga et al. (2014) outlined the advantages of

IRT measurement of temperature as follows: Firstly, as a non-contact technology which means no need to put IRT directly to targeted object, IRT will be useful and safe to measure dangerous objects or something extremely hot, and also convenient for remote measurement especially for a targeted live object such as human and animal. Secondly, IRT results a two dimensional thermogram (thermal-images) which allows easy comparison between areas of the target image. The temperature of two dimensional images can be measured by infrared technology which helps to compare areas between target objects. Thirdly, IRT is a

real time tool. In comparison with other radiation technologies such as X-ray imaging, IRT has no harmful effects.

Many studies have shown that temperature in several regions of the body could be representative of core body temperature. Therefore, IRT has been used to measure core body temperature by measuring the temperature in appropriate regions of the body surface. For instance, eye temperature in the lacrimal area has a high correlation with core body temperature (Ng & Kaw 2006). However, some limitations such as environmental factors could influence the IRT result (Church et al. 2014).

Body temperature of cattle can be used to evaluate health status, stress, measure thermal balance, and feed efficiency. Practice of temperature monitoring is useful for early detection of diseases in cattle. For instance, cows diagnosed with pneumonia had reticular temperatures 7.5 times higher than normal temperature (Adams et al. 2013). Injured skin has been shown to have a temperature 4.6 to 5.4°C higher than the surrounding normal skin (Poikalainen et al. 2012). Change in body temperature also can occur when an animal gets stressed. As the hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis is activated, catecholamine and cortisol concentrations increased, and as a consequence heat is produced (Schaefer et al. 2004). Increased temperature in several regions of the body of cattle has a positive correlation with physiological parameters such as respiratory frequency, heart rate and panting score; all of these could be used as sign of stress (McManus et al. 2016). Body temperature can also be used to estimate production efficiency. Montanholi et al. (2010) reported that 70% variation of efficiency feed was explained by body surface temperature. Cattle production in Indonesia is facing some constraints. Quality and quantity of feed in Indonesia are the most important major constraints. Therefore, many studies are focusing on evaluation of feed efficiency. The method that commonly used is using digestibility feed either *in vitro* or *in vivo*. Another constraint is animal diseases. Most of cattle diseases in Indonesia are caused by microorganism such as brucellosis, anthrax, jembarana, etc. These major constraints have relationship with changes in body temperature.

This article is aimed to describe the utilization of IRT in cattle production system and the potency of IRT application in Indonesia.

THERMOREGULATION OF CATTLE

Process of maintaining body temperature is known as thermoregulation. Two main processes involved in thermoregulation are: (1) Processing heat production from the main organs, and (2) Balancing heat production and dispersion processes and central heat

removal (Sellier et al. 2014). These processes will be activated if body temperature moves above or below the thermal comfort zone due to both external or internal factors, and heat is absorbed or released from the body. The thermoregulation process in principle is the process of heat balance between heat production and the release of the heat.

Body temperature defines the ability of body to release and absorb heat. Usually, the body temperature of homeothermic animal is relatively constant. However, in certain circumstances, the body temperature could be changed. Body temperature is usually used as a sign of animal health and wellbeing. For example, body temperature has been shown to increase in animals suffering with pneumonia (Adams et al. 2013), mastitis (Colak et al. 2008; Hovinen et al. 2008; Adams et al. 2013), bovine respiratory disease (Timsit et al. 2011), and stress (González-Alonso et al. 1999).

Peripheral temperature

Soerensen & Pedersen (2015) categorized skin into two types of thermal, thermal window and nonthermal window. Thermal, window skins or body surfaces are relatively poorly covered in coat or even entirely devoid of insulation and well perfused by blood and as such provides a “window” to body core temperature (Sellier et al. 2014; Soerensen & Pedersen 2015). Body surfaces in the thermal window category include ear base, eye region, and udder. Skin areas where thermoregulation is controlled by limited blood perfusion to the outer skin are categorized as non-thermal windows, for example, ear flaps and shoulders.

Peripheral temperature or skin temperature is influenced by environmental conditions, core body temperature, and the peripheral blood system regulation. Non-thermal window skin is more strongly influenced by ambient temperature compared with thermal window areas (Soerensen & Pedersen 2015). The strong association between body surface temperature and core body temperature was shown by fluctuations in the ewe's core body surface as an effect of parturition (Nabenishi & Yamazaki 2017).

Core temperature

Core temperature refers to body temperature or inner body temperature (Parson 2003; Soerensen & Pedersen 2015). The function of the principle organs such as heart, brain, liver, and kidney, under normal conditions generates about 60% of body heat (i.e. core body temperature) (Sellier et al. 2014). An endothermic animal has the ability to regulate their core body temperature so that it remains constant under normal

condition. Metabolism processes and blood flow affect core temperature (McCafferty et al. 2015). There is a diurnal pattern of body temperature known as circadian rhythm. This rhythm causes core temperature to increase from mid-morning up to afternoon and decline from evening to the early morning (Wrenn et al. 1961).

Body temperature can be measured at various locations such as at the rectum, ear, reticulorumen, vagina, and udder. The most common method used to obtain the body temperature is rectal temperature, as it is simple and accurate. However, there were factors that could influence the measurement temperature at the rectum include the procedure of measurement (0.5°C variations), the type of thermometer (0.3°C variations), and the depth of penetration into the rectum (0.4°C variations) (Burfeind et al. 2010). Measuring of body temperature at reticulorumen results in higher and more varied temperatures than rectal temperature. Core body temperature was measured with vaginal temperature associated with rectal measures (Vickers et al. 2010).

THE ROLE OF INFRARED THERMOGRAPHY IN THERMOREGULATION

The accuracy of infrared thermography in detecting the peripheral temperature

Measuring peripheral or skin temperature with IRT requires measurement of the absorption of the thermal energy emitted by the surface object. Infrared thermography showed slightly more responsive in measurement of skin temperature for clinical purposes in comparison with thermistor, and a traditional device and index of responsiveness of 4.2, compared to 3.6 and 3.6, respectively (Burnham et al. 2006). The correlation between IRT and thermistor for the measurement of skin temperature during resting and exercise in both cold and hot environments is high ($r = 0.98$) (Buono et al. 2007). Buono et al. (2007) also found a high correlation ($r = 0.99$) between an infrared non-contact sensor and a thermocouple contact sensor for monitoring skin temperature, but also found that the result of infrared non-contact sensor can be in error due to the change of angle and the distance (Hershler et al. 1992). Furthermore, ambient temperature and humidity directly influence the IRT-detected temperature (Loughmiller et al. 2001).

Infrared thermography is able to distinguish the difference of temperature for each part of body. Salles et al. (2016) mapped the body surface temperature of cattle using the IRT and discovered that the right flank, left flank, and forehead all had high correlations with the temperature (0.85; 0.81; and 0.81, respectively). That study found that the highest temperature was at the eye area (36.88°C) and the lowest was at the

forehead (28.40°C). The least variation in temperature was found in the right eye area ($sd = \pm 0.44$) and the largest variation at the cranial left foreleg ($sd = \pm 2$).

The accuracy of infrared thermography in detecting the core temperature

Measuring core body temperature means measuring the temperature inside the body accurately. Several part of body surface areas, relying on a thermal window which is body surfaces that are poorly insulated by hair and so provide a “window” to body core temperature (Soerensen & Pedersen 2015) that can represent core body temperature. Measuring core body temperature those body parts can be obtained using IRT. Eye temperature measured with IRT has an association with rectal temperature, and has 74.6% sensitivity and 92.3% specificity in detection of febrile ponies (Johnson et al. 2011). Additionally, it was found that initial ocular surface temperature after blinking in humans is an indicator of core body temperature (Tan et al. 2016). The sensitivity and specificity of ear infrared temperature was 83 and 88%, respectively to predict body temperature of $\geq 38^\circ\text{C}$ (Chan et al. 2004). An ear and eye (lateral can thus and areas near the medial temperature measured by those infrared tools correlated well with core body temperature (Schmidt et al. 2013). Infrared thermography-detected temperatures at front, cheek, eye, ocular area, ribs, flank, rump, and feet of cattle are positively associated with rectal temperature (Martello et al. 2016).

In addition, it was found that the highest correlation was obtained in the front site dominated by the brain which regulates the body temperature via central nervous system (CNS) (Martello et al. 2016). However, Sapkota et al. (2016) discovered that core body temperature could be estimated by skin surface temperature by IRT was only in the thermoneutral condition. Their study resulted that when animal was recovered from acute heat stress to thermoneutral condition, the skin temperature drastically dropped within 10 min whereas core body temperature still elevated for 30 min.

The use of infrared thermography in detecting temperature fluctuation

Infrared thermography is able to detect the small change of temperature. Infrared thermography was able to detect the elevated temperature at several sites on the body of calves that were inoculated with BVDV (Schaefer et al. 2004). The change of temperatures per day detected for nose, ear, side, and dorsal consist of 0.35; 0.4; 0.19; and 0.18°C respectively. Increased temperature from the base line, due to foot-and-mouth

disease virus (FMDV) was detected by IRT, pre-clinical and post-clinical phase for cattle that were either directly inoculated and had contact with the FMDV, or had received a FMDV vaccine. Infrared thermography was able to detect elevated temperatures from the baseline to pre-clinical stage of 0.5°C (Rainwater-Lovett et al. 2009). A study by Scolari (2010) showed IRT could detect fluctuation of temperature around the vulvar skin during oestrus. Infrared thermography also detected a fleeting depression in eye temperature of cow for several seconds during a fear or pain response related to the handling (Stewart et al. 2008). Likewise, the decrease of temperature ($\Delta T \sim 1^\circ\text{C}$) in several areas (eye bulb, the periocular area, and the ear skin) of rabbit was detected by IRT during stress condition (Ludwig et al. 2010).

APPLICATION OF INFRARED THERMOGRAPHY FOR ASSESSING LIVESTOCK HEALTH AND WELFARE

Under normal conditions, the body temperature of mammals as homeothermic animals is constant for several reasons. Temperature changes can affect protein conformation and enzyme activity. Thereby changing the temperature in the animal will affect cellular reaction rate. The change in body temperature affects the kinetic energy possessed by each molecule of a substance, so the increase in body temperature will give greater probability to the various particles of substance to collide with each other. This causes an increase in reaction rate in the body, if the reaction rate is not controlled then this will be detrimental.

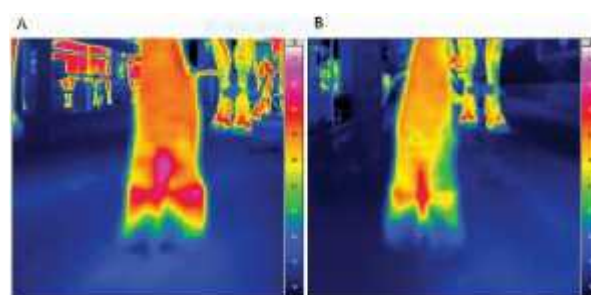
Body temperature is a critical point in health and wellbeing of cattle. Hyperthermia, fever, or inflammation generates elevation of body temperature. A high body temperature due to hyperthermia is triggered when the body's ability to transfer heat effectively is impaired. Increasing body temperature due to fever is usually related to illness or diseases. Fever is defined as the increase in body temperature from the baseline temperature by more than one standard deviation (Bligh & Johnson 1973). Production of heat due to inflammation is associated within fiction or damaged tissue (Štvrtinová et al. 1995).

Application of infrared thermography for assessing inflammatory processes

Inflammation is the immune system's response to a challenge (usually bacteria and viruses). Signs of inflammation include heat, redness, swelling, pain, and loss of function (NCBI 2015). Increased heat in an area with inflammation could be detected remotely by IRT,

and possibly earlier, than with methods which rely on the animal to display visual or behavioral symptoms.

Infrared thermography has been used for early detection of hoof lesions in dairy cows by capturing the elevated temperature on the feet affected by lesion (Figure 1) (Alsaad & Büscher 2012). Skin and coronary band temperature was significantly higher for cows with digital dermatitis and feet skin temperature was elevated when infected with M-lesion (Alsaad et al. 2014). The foot temperature of cows with digital dermatitis and other lesions was higher compared to unaffected cows for every type of foot presentation (unclean foot, cleaned foot, and lifted foot), therefore digital dermatitis and lesion in cow could be detected earlier with IRT (Stokes et al. 2012). Furthermore, determining the right threshold temperature for each feet's presentation (either clean or dirty feet) is important to increase the sensitivity and accuracy of IRT. Its lowering threshold temperature from 27 to 22°C for clean feet could be resulting in a false positive diagnosis for foot lesions. However, IRT could not detect different lesion pathologies as the study showed that the temperature between different lesion types did not differ (Stokes et al. 2012).



A: Left (1: Lesion); B: Right (0: Sound) hind hoof obtained before claw trimming. The highest temperature was represented by the red colour

Figure 1. Infrared images of plantar

Source: Alsaad & Büscher (2012)

Many studies have demonstrated that IRT is a suitable tool to detect mastitis in the dairy cow. A positive correlation between infrared thermography and California mastitis test (CMT) and somatic cell count (SCC) to screen subclinical mastitis, since CMT and SCC are reliable tests and reliable biomarker tools to detect subclinical mastitis (Polat et al. 2010; Samara et al. 2014). Infrared thermography was able to perceive even a small change in skin surface temperature of the mammary gland in responding to varying degrees of mammary gland infection severity as reflected by the CMT score (Colak et al. 2008). Infrared thermography could distinguish the elevated temperature on the udder when the mammary gland was injected by endotoxin infusion to induce inflammation (Scott et al. 2000).

Infrared thermography was also able to detect the change of temperature of the udder four hours after injection of *Escherichia coli* lipopolysaccharide in the mammary gland, even though the first signs of clinical mastitis in the milk occurred two hours earlier than temperature change in the udder (Hovinen et al. 2008).

Application of infrared thermography for assessing disease

The ability of IRT as a feasible screening technology is able to quickly and accurately identify an animal with an infection has been shown by several studies. Infrared thermography has demonstrated the ability to identify the early stages of infection in calves which were injected with BVDV several days to one week before the clinical signs occurred (Schaefer et al. 2004). The temperature of the eye area (the most sensitive region) was significantly increased within 24 hours after inoculation with the virus. Infrared thermography was able to detect bovine respiratory disease (BRD) infection before clinical signs manifested. According to clinical scores, the core temperature of calves positive to BRD increased to 38.98°C, 4 to 6 days before the onset of illness and at the day of illness was 40.17°C. An elevated temperature in BRD-positive cattle 4 to 6 days' prior first BRD symptom appeared was detected early by IRT (Schaefer et al. 2007). Predictive of IRT for both positive and/or negative BRD infection based on change of body surface temperature, as well as test efficiency were more accurate than industry standard practice clinical scoring. (Schaefer et al. 2007).

Application of infrared thermography for assessing cattle welfare

One of the physiological indicators of poor welfare of animals is elevated or depressed body temperature; hence IRT can be utilized to identify a stressed animal. Eye temperature decreased after infusion with epinephrine (Stewart et al. 2010). Concentration of epinephrine in blood is associated with hyper-acute pain and the pain response of animals. This finding explained earlier research which found eye temperature rapidly decreased due to rough handling procedures (hitting, startling, electric prod and startling plus shouting) (Stewart et al. 2008). Both experiments used IRT to measure the eye temperature, indicating IRT is useful to assess the pain and disruption of cattle during handling.

When the stressors persist for a longer time on the animal, the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis will be activated due to the increase of catecholamine and cortisol levels, impact on the change in heat

production (Stewart et al. 2005). There were positive correlations between eye temperature detected by IRT and HPA activity (Cook et al. 2001), and eye temperature detected by IRT and saliva cortisol (Valera et al. 2012). When the acute stress response, or "fight or flight" reaction is triggered, sympathetically mediated vasoconstriction occurs in order to minimize the blood loss is marked by rapid short term drop in skin temperature. Skin temperature drops in chickens exposure to acute handling stress is able to be detected by IRT (Herborn et al. 2015). Infrared thermography detected the decreased temperature in tail and paw of rats which experienced fear (Vianna & Carrive 2005). These studies proved the ability of IRT to accurately detect stress responses which were marked by a drop in skin temperature.

APPLICATION OF IRT FOR MEASURING FEED EFFICIENCY

Some studies on energy metabolism have shown that beef cattle with either lower heat loss and methane production is more efficient in beef production (Castro Bulle et al. 2007; Hegarty et al. 2007). Therefore, more efficient animals have lower body surface temperature compared with less efficient animals. The heat produced by the animals is greatly dissipated through the skin which can be captured using IRT. Therefore, body surface temperature could be used to detect the efficiency of beef cattle.

Infrared thermography has been used as a noninvasive tool for predicting methane production and emission, being simpler than conventional method (Montanholi et al. 2008). Methane production could be assessed using IRT through analysis of the temperature difference between left and right flanks in the postprandial period which is up to 100 min after a meal (Montanholi et al. 2008). The temperature difference between right and left flanks followed the methane emission pattern (Montanholi et al. 2008).

Infrared thermography could be used to assess gain efficiency of individual animals in pen without disturbing them. A significant correlation between surface temperature and dry matter intake (DMI), average daily gain (AVG) and feed to gain ratio (F:G) was detected in bull (Huntington et al. 2012). Assessment of feed efficiency using IRT was cheaper and lower prediction limit when compared to conventional feed intake measurement (Montanholi et al. 2010). The body surface temperature (IRT) accounted for more than 70% of the residual feed intake variation found in the three groups of traits evaluated together. This result indicated an important application of IRT (Montanholi et al. 2010).

The distal portion of the hindquarters and face temperatures were the most appropriate body sites to

indirectly assess feed efficiency in cattle using IRT. Feet and cheek temperature appear to be the most promising body locations for indirectly assessing feed efficiency in cattle (Montanholi et al. 2009). The feet were the most appropriate location for predicting heat production using IRT (Montanholi et al. 2008).

Considering the impact of feeding and milking on IRT measurements, care must be taken to allow wider utilization of this technology for predicting heat and methane production. Therefore, the best time for measuring surface temperature measured was up to 100 minutes after a meal or called postprandial period. After milking the cows, the skin surface temperature of different body locations consistently decrease between 0.4 and 0.8°C while the heat production increased (Montanholi et al. 2008).

POTENCY OF APPLICATION IRT IN CATTLE PRODUCTION IN INDONESIA

There was hardly any information or study on the application of IRT on cattle production in Indonesia. While, low feed efficiency, diseases, and welfare issues are the most constraints in cattle production in Indonesia. All these issues have a relationship with changes of body temperature; therefore, IRT can be used as a simple tool for early detection for those issues.

Native grass and residues crops are commonly used as main feed of cattle which are known as low quality feed. The low quality feed has low digestibility resulting in high methane production during the fermentation in the rumen. Methane energy loss per gross energy intake in beef cattle ranges from 8.4 to 10% (Tangjitwattanachai et al. 2015). Methane production is significantly affecting heat production (Kumar et al. 2016). Common methodologies for measuring feed efficiency used in Indonesia are bio assays. The limitations of this method are longer times to do the assays and many tools are required. By using IRT to detect the change of body temperature due to heat metabolic can be useful to figure out quickly feed efficiency in the field.

Infrared thermography can be a very useful tool as early detector for several cattle diseases. The main diseases which often appear and cause a great economic loss in cattle production in Indonesia are brucella, anthrax, mastitis, helminthiasis, and jembrana (Putro 2004; Zulfikar 2014). The main early sign of these diseases are increasing body temperature called fever (Zulfikar 2014). Early detection in body temperature change before the symptom occurs could be helpful for further effort in controlling the disease.

CONCLUSION

There are several parts of the cattle body can be used as a thermal window which can describe the core body temperature. Therefore, the change of body surface temperature of cattle at several specific parts of body areas can describe their physiological condition. The ability of IRT to detect even little change of body surface temperature has been used as a useful tool to detect cattle condition. IRT has been utilized widely in cattle production such as early detector some cattle illness, cattle welfare, and even feed efficiency. However, some limitations such as impact of feeding time, milking, and dirty fur should be considered during measuring body temperature using IRT. Utilization of IRT in Indonesia will have a great potency because some important constraints in cattle production in Indonesia such as diseases and low feed efficiency may have strong correlation with body temperature change.

ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank for Dr. Frances Cowlay of University of New England and Dr. Muchamad Yusron of Indonesian Center for Agricultural Technology Assessment and Development for mentoring this article.

REFERENCES

- Adams AE, Olea-Popelka FJ, Roman-Muniz IN. 2013. Using temperature-sensing reticular boluses to aid in the detection of production diseases in dairy cows. *J Dairy Sci.* 96:1549-1555.
- Alsaad M, Büscher W. 2012. Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows. *J Dairy Sci.* 95:735-742.
- Alsaad M, Syring C, Dietrich J, Doherr MG, Gujan T, Steiner A. 2014. A field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool for early detection of digital dermatitis in dairy cows. *Vet J.* 199:281-285.
- Bligh J, Johnson KG. 1973. Glossary of terms for thermal physiology. *J Appl Physiol.* 35:941-961.
- Buono MJ, Jechort A, Marques R, Smith C, Welch J. 2007. Comparison of infrared versus contact thermometry for measuring skin temperature during exercise in the heat. *Physiol Meas.* 28:855.
- Burfeind O, von Keyserlingk MAG, Weary DM, Veira DM, Heuwieser W. 2010. Short communication: repeatability of measures of rectal temperature in dairy cows. *J Dairy Sci.* 93:624-627.
- Burnham RS, McKinley RS, Vincent DD. 2006. Three types of skin-surface thermometers: A comparison of reliability, validity, and responsiveness. *Am J Phys Med Rehabil.* 85:553-558.

- Castro Bulle FCP, Paulino P V., Sanches AC, Sainz RD. 2007. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. *J Anim Sci.* 85:928-936.
- Chan L-S, Cheung GTY, Lauder IJ, Kumana CR. 2006. Screening for fever by remote-sensing infrared thermographic camera. *J Travel Med.* 11:273-279.
- Church JS, Hegadoren PR, Paetkau MJ, Miller CC, Regev-Shoshani G, Schaefer AL, Schwartzkopf-Genswein KS. 2014. Influence of environmental factors on infrared eye temperature measurements in cattle. *Res Vet Sci.* 96:220-226.
- Colak A, Polat B, Okumus Z, Kaya M, Yanmaz LE, Hayirli A. 2008. Short communication: Early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. *J Dairy Sci.* 91:4244-4248.
- Cook NJ, Schaefer AL, Warren L, Burwash L, Anderson M, Baron V. 2001. Adrenocortical and metabolic responses to ACTH injection in horses: An assessment by salivary cortisol and infrared thermography of the eye. *Can J Anim Sci.* 81:621.
- González-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen B. 1999. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol.* 86:1032-1039.
- Hegarty RS, Goopy JP, Herd RM, McCorkell B. 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *J Anim Sci.* 85:1479-1486.
- Herborn KA, Graves JL, Jerem P, Evans NP, Nager R, McCafferty DJ, McKeegan DEF. 2015. Skin temperature reveals the intensity of acute stress. *Physiol Behav.* 152:225-230.
- Hershler C, Conine TA, Nunn A, Hannay M. 1992. Assessment of an infra-red non-contact sensor for routine skin temperature monitoring: A preliminary study. *J Med Eng Technol.* 16:117-122.
- Hovinen M, Siivonen J, Taponen S, Hänninen L, Pastell M, Aisla AM, Pyörälä S. 2008. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. *J Dairy Sci.* 91:4592-4598.
- Huntington G, Cassady J, Gray K, Poore M, Whisnant S, Hansen G. 2012. Use of digital infrared thermal imaging to assess feed efficiency in Angus bulls. *Prof Anim Sci.* 28:166-172.
- Johnson SR, Rao S, Hussey SB, Morley PS, Traub-Dargatz JL. 2011. Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies. *J Equine Vet Sci.* 31:63-66.
- Kumar S, Singh SV, Pandey P, Kumar N, Hooda OK. 2016. Estimation of metabolic heat production and methane emission in Sahiwal and Karan Fries heifers under different feeding regimes. *Vet World.* 9:496-500.
- Loughmiller JA, Spire ME, Dritz SS, Fenwick BW, Hosni MH, Hogge SB. 2001. Relationship between mean body surface temperature measured by use of infrared thermography and ambient temperature in clinically normal pigs and pigs inoculated with *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Am J Vet Res.* 62:676-681.
- Ludwig N, Gargano M, Luzi F, Carenzi C, Verga M. 2007. Technical note: Applicability of infrared thermography as a non-invasive measurement of stress in rabbit. *World Rabbit Sci.* 15:199-206.
- Martello LS, e Silva SDL, da Costa Gomes R, da Silva Corte RRP, Leme PR. 2016. Infrared thermography as a tool to evaluate body surface temperature and its relationship with feed efficiency in *Bos indicus* cattle in tropical conditions. *Int J Biometeorol.* 60:173-181.
- McCafferty DJ, Gallon S, Nord A. 2015. Challenges of measuring body temperatures of free-ranging birds and mammals. *Anim Biotelemetry.* 3:33.
- McManus C, Tanure CB, Peripolli V, Seixas L, Fischer V, Gabbi AM, Menegassi SRO, Stumpf MT, Kolling GJ, Dias E, Costa JBG. 2016. Infrared thermography in animal production: An overview. *Comput Electron Agric.* 123:10-16.
- Montanholi YR, Odongo NE, Swanson KC, Schenkel FS, McBride BW, Miller SP. 2008. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). *J Therm Biol.* 33:468-475.
- Montanholi YR, Swanson KC, Schenkel FS, McBride BW, Caldwell TR, Miller SP. 2009. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. *Livest Sci.* 125:22-30.
- Montanholi YR, Swanson KC, Palme R, Schenkel FS, McBride BW, Lu D, Miller SP. 2010. Assessing feed efficiency in beef steers through feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. *Animal.* 4:692-701.
- Nabenishi H, Yamazaki A. 2017. Decrease in body surface temperature before parturition in ewes. *J Reprod Dev.* 63:185-190.
- NCBI. 2015. What is an inflammation. National Center for Biotechnology Information [Internet]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmedhealth/PMH0072482/>
- Ng EYK, Kaw GJL. 2006. Infrared images and fever monitoring devices: physics, physiology, and clinical accuracy. In: Medical devices and system: Biomeical engineering handbook. Boca Raton (US): CRC Press.
- Parsons K. 2014. Human thermal environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance. Boca Raton (US): CRC Press.
- Poikalainen V, Praks J, Veermäe I, Kokin E. 2012. Infrared temperature patterns of cow's body as an indicator for health control at precision cattle farming. *Agron Res Biosyst Eng Spec.* 10:187-194.

- Polat B, Colak A, Cengiz M, Yanmaz LE, Oral H, Bastan A, Kaya S, Hayirli A. 2010. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. *J Dairy Sci.* 93:3525-3532.
- Putro PP. 2004. Pencegahan, pengendalian dan pemberantasan penyakit hewan menular strategis dalam pengembangan usaha sapi potong. Dalam: Setiadi B, Priyanti A, Handiawirawan E, Diwyanto K, Wijono DB, penyunting Strategi Pengembangan Sapi Potong dengan Pendekatan Agribisnis dan Berkelanjutan. Prosiding Lokakarya Nasional Sapi Potong. Yogyakarta, 8-9 Oktober 2004. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 22-26.
- Rainwater-Lovett K, Pacheco JM, Packer C, Rodriguez LL. 2009. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. *Vet J.* 180:317-324.
- Salles MSV, da Silva SC, Salles FA, Roma LC, El Faro L, Bustos Mac Lean PA, Lins de Oliveira CE, Martello LS. 2016. Mapping the body surface temperature of cattle by infrared thermography. *J Therm Biol.* 62:63-69.
- Samara EM, Ayadi M, Aljumaah RS. 2014. Feasibility of utilising an infrared-thermographic technique for early detection of subclinical mastitis in dairy camels (*Camelus dromedarius*). *J Dairy Res.* 81:38-45.
- Sapkota A, Herr A, Johnson JS, Lay DC. 2016. Core body temperature does not cool down with skin surface temperature during recovery at room temperature after acute heat stress exposure. *Livest Sci.* 191:143-147.
- Schaefer AL, Cook N, Tessaro S V., Deregt D, Desroches G, Dubeski PL, Tong AKW, Godson DL. 2004. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. *Can J Anim Sci.* 84:73-80.
- Schaefer AL, Cook NJ, Church JS, Basarab J, Perry B, Miller C, Tong AKW. 2007. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. *Res Vet Sci.* 83:376-384.
- Schmidt M, Lahrman K-H, Ammon C, Berg W, Schön P-C, Hoffmann G, Schmidt M, Lahrman K-H, Ammon C, Berg W, et al. 2013. Assessment of body temperature in sows by two infrared thermography methods at various body surface locations. *J Swine Heal Prod.* 21:203-209.
- Scolari SC. 2010. Investigation of skin temperature differentials in relation to estrus and ovulation in sows using a thermal infrared scanning. [Dissertation]. [Champaign (US)]: University of Illinois at Urbana.
- Scott SL, Schaefer AL, Tong AKW, Lacasse P. 2000. Use of infrared thermography for early detection of mastitis in dairy cows. *Canada J Anim Sci.* 80:764.
- Sellier N, Guettier E, Staub C. 2014. A Review of methods to measure animal body temperature in precision farming. *Am J Agric Sci Technol.* 2:74-99.
- Soerensen DD, Pedersen LJ. 2015. Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: A review. *Acta Vet Scand.* 57:5.
- Stewart M, Webster JR, Stafford KJ, Schaefer AL, Verkerk GA. 2010. Technical note: Effects of an epinephrine infusion on eye temperature and heart rate variability in bull calves. *J Dairy Sci.* 93:5252-5257.
- Stewart M, Schaefer AL, Haley DB, Colyn J, Cook NJ, Stafford KJ, Webster JR. 2008. Infrared thermography as a non-invasive method for detecting fear-related responses of cattle to handling procedures. *Anim Welf.* 17:387-393.
- Stewart M, Webster JR, Schaefer AL, Cook NJ, Scott SL. 2005. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. *Anim Welf.* 14:319-325.
- Stokes JE, Leach KA, Main DCJ, Whay HR. 2012. An investigation into the use of infrared thermography (IRT) as a rapid diagnostic tool for foot lesions in dairy cattle. *Vet J.* 193:674-678.
- Štvrtinová V, Jakubovský J, Hulin I. 1995. Inflammation and fever. Bratislava (Slovakia): Academic Electronic Press.
- Tan LL, Sanjay S, Morgan PB. 2016. Repeatability of infrared ocular thermography in assessing healthy and dry eyes. *Contact Lens Anterior Eye.* 39:284-292.
- Tangjitwattanachai N, Phaowphaisal I, Otsuka M, Sommart K. 2015. Enteric methane emission, energetic efficiency and energy requirements for the maintenance of beef cattle in the tropics. *Japan Agric Res Q.* 49:399-407.
- Timsit E, Assié S, Quiniou R, Seegers H, Bareille N. 2011. Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulo-rumen temperature boluses. *Vet J.* 190:136-142.
- Usamentiaga R, Venegas P, Guerediaga J, Vega L, Molleda J, Bulnes FG. 2014. Infrared thermography for temperature measurement and non-destructive testing. *Sensors (Switzerland).* 14:12305-12348.
- Valera M, Bartolomé E, Sánchez MJ, Molina A, Cook N, Schaefer A. 2012. Changes in eye temperature and stress assessment in horses during show jumping competitions. *J Equine Vet Sci.* 32:827-830.
- Vianna DML, Carrive P. 2005. Changes in cutaneous and body temperature during and after conditioned fear to context in the rat. *Eur J Neurosci.* 21:2505-2512.
- Vickers LA, Burfeind O, von Keyserlingk MAG, Veira DM, Weary DM, Heuwieser W. 2010. Technical note: Comparison of rectal and vaginal temperatures in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 93:5246-5251.
- Wrenn T, Bitman J, Sykes J. 1961. Diurnal patterns of bovine body temperature. *J Dairy Sci.* 44:2077-2080.
- Zulfikar. 2014. Gambaran penyakit infeksius pada ternak sapi dan cara pencegahan. *J Lentera.* 12:1-8.

Pembuatan Nanopartikel Zink Menggunakan Ekstrak Tanaman untuk Imbuhan Pakan Ayam Pedaging

(Synthesis of Zinc Nanoparticles Using Plant Extract for Broiler's Feed Additive)

Cecep Hidayat^{1,3}, Sumiati², E Wina³ dan A Jayanegara²

¹Mahasiswa Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor

²Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor

Jl. Agatis, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

³Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16720 Indonesia

hidayat_c2p@yahoo.com

(Diterima 30 Mei 2018 – Direvisi 6 Agustus 2018 – Disetujui 5 September 2018)

ABSTRACT

Nano-technology has been developed in various fields, included animal nutrition. Nanotechnology made the feed ingredient, feed additive and supplement in nano size, to expand the surface of the material, hence, its biological function in metabolic processes will be enhanced in the animal body. This paper will discuss the production of nanoparticle Zinc (Zn) by green synthesis method using phytochemical compounds from plant extracts as bioreductor and biostabilizer. The nano-Zn product is added into poultry diet as feed additive. The nanoparticle of Zn increased Zn bioavailability in broiler diet. Its utilization in lower doses is more efficient compared to conventional forms. The use of nanoparticle Zn has positive effect in improving growth performance and immunity status. The doses of nano Zn is 20-90 mg/kg, lower than the dose of non-nanoparticle form of Zn (40-120 mg/kg). Low doses will reduce production costs and decrease the amount of excreted Zn, which will reduce pollution to the environment. Zn nanoparticles are also reported to have antibacterial and antioxidant functions which will improve health performance of broilers.

Key words: Nanoparticle, Zn, plant extract, feed additive, broiler

ABSTRAK

Nano-teknologi telah berkembang dalam berbagai bidang, termasuk pada bidang nutrisi ternak. Nanoteknologi membuat material pakan, suplemen pakan, imbuhan pakan menjadi berukuran nano, sehingga akan memperluas permukaannya, yang akan meningkatkan fungsi biologis proses metabolisme dalam tubuh ternak. Makalah ini membahas pembuatan nano-Zink (Zn) dengan metode *green synthesis*. Metode ini menggunakan senyawa fitogenik dari ekstrak tanaman sebagai bioreduktor dan biostabilisator. Pembuatan nanopartikel Zn dimaksudkan untuk meningkatkan bioavailabilitas Zn pada ransum ayam pedaging, sehingga penggunaannya akan lebih efisien dalam dosis yang lebih rendah dibandingkan dengan bentuk konvensional. Penggunaan dosis nano-Zn yang berdampak positif bagi peningkatan kinerja pertumbuhan dan status imunitas ayam pedaging adalah 20-90 mg/kg atau lebih rendah dibandingkan dengan dosis penggunaan Zn dalam bentuk bukan nano (40-120 mg/kg). Dosis penggunaan yang rendah akan meningkatkan efisiensi, serta menurunkan jumlah Zn yang keluar melalui ekskreta, sehingga dampaknya akan menekan polusi lingkungan. Nanopartikel Zn memiliki fungsi sebagai antibakteri dan antioksidan sehingga mampu meningkatkan kesehatan ayam pedaging.

Kata kunci: Nanopartikel, Zn, ekstrak tanaman, imbuhan pakan, ayam pedaging

PENDAHULUAN

Nanoteknologi (dari bahasa Latin nanus, yang berarti kerdil) didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari teknologi material dan struktur suatu materi yang berukuran nano atau sepemiliar meter (1×10^{-9} m) (Buzea et al. 2007). Pemanfaatan nanoteknologi sudah mulai dilakukan di berbagai bidang, seperti kedokteran, teknik, informasi, teknologi lingkungan, makanan, peralatan elektronik, aplikasi biologi, farmasi, biologi molekuler, bioteknologi,

nutrisi mineral, fisiologi dan reproduksi (manusia serta hewan) (Swain et al. 2016). Di negara dengan sektor pertanian dan peternakan sebagai tumpuan ekonomi, maka aplikasi nanoteknologi akan menjadi penting, khususnya untuk bidang peternakan, terutama pada aspek pakan ternak atau nutrisi ternak (Sindhura et al. 2014). Bunglavan et al. (2014) mengungkapkan bahwa terdapat peluang aplikasi nanoteknologi pada bidang nutrisi ternak di waktu yang akan datang, diantaranya yaitu (1) Untuk efisiensi penggunaan zat gizi, probiotik, suplemen pakan, imbuhan pakan, mineral

dan zat lainnya; (2) Untuk mendiagnosis dan pengobatan penyakit dengan nanopartikel yang memungkinkan dilakukan deteksi dan menghilangkan penyebab penyakit tanpa perlu dilakukan pembedahan; (3) Untuk penelusuran identitas asal usul hewan dan produknya (daging, susu dan telur); dan (4) Untuk manajemen reproduksi dengan imunosensor hormonal.

Penerapan nanoteknologi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan zat gizi, imbuhan pakan dan suplemen pakan sudah mulai diperkenalkan melalui pakan ternak unggas. Bentuk nanopartikel akan meningkatkan penyerapan dan penggunaan pakan/imbuhan pakan/suplemen pakan sehingga penggunaannya menjadi lebih efisien. Hal tersebut terjadi karena ukuran partikel pakan/imbuhan pakan/suplemen pakan memiliki pengaruh terhadap kemampuan ternak unggas dalam menyerap zat gizi yang terkandung di dalamnya, yang selanjutnya mempengaruhi proses metabolisme dan fisiologis yang terjadi pada tubuh ternak tersebut, sehingga berdampak pada peningkatan kinerja produksi (Gangadoo et al. 2016). Pada industri ternak unggas terutama ayam pedaging, peningkatan efisiensi produksi melalui peningkatan capaian pertumbuhan serta kinerja produksi selalu menjadi tujuan/target utama para peternak (Mahmoud 2012).

Kurnia et al. (2012) memaparkan bahwa nanomineral mempunyai potensi yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas ternak dan kualitas hasil ternak. Pemberian nanomineral esensial memiliki peranan penting dalam perkembangan hewan ternak dengan membantu proses fisiologis. Manfaat penggunaan nanomineral banyak dikaitkan pula dengan isu lingkungan. Penggunaan nanomineral, sehubungan ukurannya yang kecil dan luas permukaannya yang besar, mampu meningkatkan bioavailabilitas mineral tersebut. Sehingga penggunaan nano-mineral dalam ransum unggas cukup rendah apabila dibandingkan dengan dosis penggunaannya dalam bentuk konvensional. Hal tersebut menyebabkan pengeluaran mineral yang tidak tercerna melalui ekskreta menjadi rendah, sehingga menekan polusi terhadap lingkungan, terutama pada peternakan unggas skala besar (Sahoo et al. 2014; Vinus & Sheoran 2017).

Vinus & Sheoran (2017) mengatakan bahwa mineral esensial yang penting bagi ternak unggas adalah Zink (Zn), karena Zn berperan penting pada proses metabolisme protein dan karbohidrat, pertumbuhan dan reproduksi (Chand et al. 2014). Bentuk umum Zn yang sering digunakan sebagai imbuhan pakan atau suplemen pakan dalam ransum unggas adalah berupa Zn anorganik (antara lain Zn oksida, Zn sulfat, Zn klorida) dan Zn organik (antara lain Zn proteinat, Zn asam amino, Zn pikolinat, Zn metionin). Akhir-akhir ini, peran mikromineral Zn semakin meluas yaitu sebagai senyawa antioksidan,

antistress terhadap panas dan bersifat antibakteri (Zhao et al. 2014; Parashuramulu et al. 2015). Peran baru Zn ini mempunyai potensi untuk dikembangkan di Indonesia karena pemerintah sudah mengimplementasikan pelarangan senyawa antibiotik untuk dimasukkan ke dalam pakan ternak dan juga sangat bermanfaat digunakan untuk daerah tropis seperti di Indonesia. Iravani (2011) mengatakan bahwa nano-Zn dapat disintesis dengan metode *green synthesis* dengan menggunakan ekstrak tanaman. Proses ini memungkinkan diproduksi nano-Zn dalam skala besar.

Metode sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak tanaman banyak diadopsi akhir-akhir ini, karena sangat ramah lingkungan (*ecofriendly*), prosesnya murah, perlu waktu singkat, menggunakan peralatan dan prekursor sederhana, serta menghasilkan produk yang sangat murni (Heinlaan et al. 2008; Lee et al. 2011), dimana dalam proses pembuatannya, komponen fitogenik dari ekstrak tanaman digunakan sebagai reduktor dan agen penstabil (Mukunthan & Balaji 2012). Atas dasar tersebut di atas, maka makalah ini akan membahas peran dan penggunaan Zn pada ayam pedaging serta pembuatan nano-Zn menggunakan metode *green synthesis* dengan menggunakan ekstrak tanaman untuk imbuhan pakan ayam pedaging.

BENTUK DAN FUNGSI ZINK PADA RANSUM AYAM

Mineral Zn dilaporkan sebagai nutrisi penting yang dibutuhkan oleh ternak unggas untuk berbagai fungsi biologis (Olgun & Yildiz 2017). Penyerapan Zn dalam saluran pencernaan ayam broiler sangat kurang dan berbeda untuk setiap bagian saluran pencernaan (Swain et al. 2016). Yu et al. (2010) melaporkan bahwa tingkat persentase penyerapan Zn anorganik pada saluran pencernaan ayam pedaging sebesar $\pm 25\%$ pada duodenum dan jejunum, kemudian $\pm 60\%$ pada ileum, Zn yang tidak terserap selanjutnya dibuang melalui ekskreta. Atas dasar tersebut, maka asupan Zn yang teratur sangat penting bagi ternak ayam. Mineral Zn diketahui memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tulang ternak unggas. Dosis penggunaan Zn pada ransum unggas adalah antara 40-75 mg/kg ransum (NRC 1994). Richards et al. (2010) mengemukakan bahwa Zn memainkan peran lain termasuk proliferasi sel dan pertumbuhan hewan, pengembangan respons imun, reproduksi, pengaturan gen dan pertahanan melawan stres oksidatif. Mineral Zn juga sangat penting untuk pencegahan penyakit (Lagana et al. 2007).

Mineral Zn merupakan bagian tak terpisahkan dari sistem antioksidan pada hewan. Zn diketahui sebagai salah satu mineral mikro-esensial yang dikenal sebagai antioksidan dengan beberapa fungsi karena Zn

merupakan kofaktor lebih dari 240 enzim dalam sistem metabolisme, beberapa kofaktor dari enzim esensial, seperti laktat dehidrogenase, alkali fosfatase dan karbonat anhidrase (Lagana et al. 2007; Naz et al. 2016). Proses metabolisme secara normal akan menghasilkan produksi *reactive oxygen species* (ROS) yang sangat oksidatif yang menyebabkan berkembangnya penyakit kronis, karena kerusakan membran dan DNA, serta penghambatan sistem kekebalan tubuh (Rahman et al. 2014). ROS merupakan radikal bebas yang berupa oksigen dan turunannya yang sangat reaktif, ROS diproduksi oleh sel ketika terjadi stres oksidatif sebagai respons terhadap stresor lingkungan, misalnya adalah stres panas (Afanasyev 2010; Rocha et al. 2010). Chirag et al. (2013) menjelaskan bahwa yang paling umum dari bentuk ROS adalah anion superoksida (O_2^-), hidrogen peroksida (H_2O_2), radikal peroxy ($ROO^\cdot$) dan radikal hidroksil reaktif ($OH^\cdot$). Zn memerangi ROS dan melindungi tubuh dari efek bahayanya dengan berbagai cara. Zn juga merupakan bagian utama dari antioksidan enzim superoksida dismutase (SOD), yang membantu mempertahankan tubuh terhadap ROS dengan mengubah anion superoksida menjadi hidrogen peroksida (Niles et al. 2008), karena terjadi peningkatan respons imun humoral dan seluler pada ayam pedaging setelah diberi ransum yang disuplementasi Zn hingga 80 ppm (Sunder et al. 2008).

Penggunaan mineral Zn dalam ransum unggas telah banyak diaplikasikan oleh industri pakan unggas, umumnya suplementasi Zn pada pakan unggas berasal

dari sumber anorganik, dalam bentuk Zn sulfat ($ZnSO_4$) dan Zn oksida (ZnO), dengan alasan harga murah dan ketersediaan cukup (Naz et al. 2016). Saat ini, penggunaan Zn organik dalam ransum unggas telah banyak dilaporkan karena Zn organik (Zn proteinat, Zn asam amino, Zn pikolinat) lebih baik penyerapannya dalam saluran pencernaan unggas dibandingkan dengan Zn anorganik (seperti Zn sulfat, Zn klorida) (Zhao et al. 2014). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan produksi ayam pedaging ketika dilakukan suplementasi Zn ke dalam ransum. Chand et al. (2014) melaporkan bahwa terjadi peningkatan bobot hidup ayam pedaging yang diberi cekaman panas setelah dilakukan suplementasi Zn anorganik pada ransum (60 mg/kg). Demikian pula, Hosseini-Mansoub et al. (2010) menemukan adanya peningkatan bobot hidup ayam pedaging yang dipelihara pada kondisi suhu tinggi ketika diberi ransum dengan suplementasi Zn anorganik ($ZnCl_2$). Retensi mineral meningkat dengan suplementasi Zn pada tingkat 80 ppm atau dua kali lipat dari rekomendasi NRC (40 ppm) pada ayam pedaging umur 28 hari (Sunder et al. 2008). Laporan Hidayat et al. (2014) menunjukkan bahwa penambahan 1,5 g/kg ZnO mampu meningkatkan kinerja pertumbuhan ayam lokal SenSi-G3 (ayam lokal tipe pedaging hasil seleksi generasi ketiga dari ayam lokal Sentul) yang diberi ransum dengan kualitas rendah (kandungan serat kasar tinggi (19,50%)). Hidayat et al. (2015) menunjukkan bahwa suplementasi ZnO sampai dosis 3,2 g/kg tidak memberikan pengaruh terhadap bobot organ dalam

Tabel 1. Beberapa percobaan suplementasi Zn pada ransum ayam pedaging

Dosis (mg/kg)	Bentuk Zn	Pengaruh perlakuan dibandingkan dengan kontrol (tanpa suplementasi)	Sumber
100	Anorganik	Meningkatkan 2,4% bobot hidup umur 42 hari	Ezzati et al. (2013)
40	Zn organik (biopleks Zn)	Meningkatkan 8,9% pertambahan bobot hidup umur 21 hari; Meningkatkan aktivitas superoksida dismutase (SOD) 24,9%; Meningkatkan aktivitas antioksidan (menggunakan metode analisis <i>the ferric reducing antioxidant power assay</i> (FRAP)) 5,5%	Rao et al. (2016)
40	ZnO	Pada kondisi ayam pedaging yang dipelihara pada suhu 30°C umur 1-3 minggu, 28°C umur 4-5 minggu dan 26°C umur 6 minggu; Meningkatkan pertambahan bobot hidup harian sebesar 8,9%; Memperbaiki konversi ransum sebesar 4,8%	Lai et al. (2010)
80	Zn propionat, ZnO, $ZnSO_4$	Meningkatkan respon imunitas; Suplementasi Zn (dari Zn propionat; ZnO; $ZnSO_4$) pada dosis 80 mg/kg meningkatkan nilai antibodi titer (HA) dengan nilai 8,39 log ₂ ; Suplementasi (40, 60, 100 mg /kg) Zn yang menghasilkan nilai HA lebih rendah 5,78; 7,94; dan 7,17 log ₂	Yogesh et al. (2013)
120	$ZnSO_4$	Suplementasi 120 mg Zn/kg ransum menurunkan rasio heterofil/limfosit (H/L, $P < 0,05$) vs tanpa suplementasi Zn	Sajadifar (2013)
60	ZnO	Meningkatkan respon imun ayam pedaging selama musim panas; Meningkatkan bobot organ limfoid umur 28 hari 25% <i>bursa fabricius</i> , 23,1% limpa, 15,6% <i>thymus</i>	Kulkarni et al. (2017)

ayam lokal SenSi-G3 yang diberi ransum dengan kualitas rendah. Beberapa hasil percobaan dosis suplementasi Zn terhadap kinerja produksi ayam pedaging, menunjukkan bahwa dosis 40-120 mg/kg memberikan dampak positif bagi peningkatan kinerja produksi ayam pedaging (Tabel 1).

Nanopartikel Zn sebagai imbuhan pakan untuk ayam pedaging

Sebagaimana mekanisme yang sudah umum, semakin kecil ukuran partikel, maka akan semakin mudah diserap dan akan masuk ke dalam sistem tubuh lebih dalam (Zha et al. 2008; Liao et al. 2010). Aktivitas fungsional dari logam, seperti aktivitas kimiawi, efek katalitik atau biologis, sangat dipengaruhi oleh ukuran partikelnya (Rosi & Mirkin 2005). Ukuran nanopartikel mempengaruhi transportasi partikel dalam sel dan jaringan (Zha et al. 2008; Liao et al. 2010). Feng et al. (2009) mengatakan bahwa mineral dalam bentuk nano lebih mudah diserap dalam saluran pencernaan, dimana dalam tubuh ternak, nanomineral berinteraksi lebih efektif dengan zat organik dan anorganik karena luas permukaannya yang lebih besar (Zaboli et al. 2013). Bunglavan et al. (2014) menjelaskan bahwa penyerapan partikel dalam saluran pencernaan tergantung pada difusi dan aksesibilitas melalui mukosa dan kontak dengan sel-sel pada saluran pencernaan. Diameter partikel yang lebih kecil lebih cepat dalam proses difusi melalui mukosa saluran pencernaan untuk kemudian mencapai sel-sel lapisan usus, lalu diikuti oleh penyerapan untuk masuk ke saluran darah. Partikel yang lebih kecil mampu diambil oleh epitelium vili dan dapat langsung memasuki aliran darah, untuk kemudian sebagian besar diambil oleh hati dan limpa (Hoet et al. 2004; Bunglavan et al. 2014). Ukuran mineral dalam bentuk nanopartikel lebih kecil dari 100 nm, dapat melewati dinding saluran pencernaan dan masuk ke sel-sel tubuh lebih cepat daripada mineral biasa dengan ukuran partikel yang lebih besar (Bunglavan et al. 2014).

Chen et al. (2007) menjelaskan mekanisme kerja dari nanopartikel sehingga lebih efisien penggunaannya dibandingkan dengan partikel yang lebih besar, yaitu (1) Meningkatkan luas permukaan yang tersedia untuk dapat berinteraksi dengan komponen biologis; (2) Memperpanjang waktu tinggal di saluran pencernaan; (3) Menurunkan pengaruh mekanisme pembersihan usus; (4) Menembus jauh ke dalam jaringan melalui kapiler halus; (5) Lintas penetrasi pada lapisan epitel; (6) Meningkatkan efisiensi serapan sel; (7) Meningkatkan efisiensi pengiriman senyawa aktif terhadap bagian tubuh target. Nano-Zn dilaporkan memberikan dampak positif bagi kinerja produksi ketika digunakan sebagai imbuhan pakan atau suplemen pakan pada ransum ayam (Lina et al. 2009;

Sahoo et al. 2014). Berdasarkan beberapa hasil laporan penelitian suplementasi nano-Zn pada ransum ayam pedaging (Tabel 2), terlihat bahwa penggunaan nano-Zn umumnya lebih efisien dibandingkan dengan Zn anorganik atau Zn organik.

Kemampuan antibakteri nanopartikel Zn

Penggunaan nano Zn dalam segala bidang, terutama pada industri makanan (Gerloff et al. 2009), sudah banyak diaplikasikan secara global. Hal ini terlihat dari laporan Piccinno et al. (2012) yang melaporkan bahwa setiap tahun produksi nano-Zn dalam bentuk nano-Zn oksida (nano-ZnO) menjadi logam tertinggi ketiga yang paling banyak diproduksi secara global setelah nano-SiO₂ dan nano-TiO₂. Tingginya permintaan terhadap nano-ZnO dikaitkan dengan fungsinya sebagai senyawa antibakteri yang baik (Padmavathy & Vijayaraghavan 2008). Arabi et al. (2012) mengatakan bahwa nano-ZnO memiliki efek bakterisida yang baik untuk bakteri Gram positif atau negatif, yang ditentukan oleh luas permukaan dan konsentrasi penggunaannya. Shrivastava et al. (2007) menemukan bahwa semakin kecil ukuran ZnO, maka aktivitas antibakteri semakin baik. Beberapa peneliti Rajendra et al. (2010); Liu et al. (2009); dan Padmavathy & Vijayaraghavan (2008) melaporkan terkait kemampuan nano-ZnO dalam fungsinya sebagai antibakteri terhadap *Escherichia coli*, bahwa penghambatan pertumbuhan berbanding lurus dengan konsentrasi dari nano-ZnO. Nano-ZnO diketahui mendistorsi dan merusak membran sel bakteri, yang menyebabkan kebocoran isi intraseluler dan akhirnya mengakibatkan kematian sel bakteri. Jin et al. (2009) melaporkan bahwa nano-ZnO memiliki aktivitas antimikroba yang kuat terhadap tiga bakteri patogen (*Listeria monocytogenes*; *Salmonella enteritidis* dan *E. coli* O157:H7).

Nanopartikel memiliki sifat antibakteri lebih baik karena nanopartikel memiliki luas permukaan yang lebih luas untuk berinteraksi dengan permukaan bakteri, sehingga meningkatkan efek bakterisida, dibandingkan dengan partikel berukuran besar (Adams et al. 2006) karena sifat sitotoksitasnya terhadap mikroorganisme. Raad et al. (2005) mencoba menjelaskan mekanisme nano-ZnO dalam aktivitasnya sebagai antibakteri, dimana disampaikan bahwa bahan material nano-ZnO melepaskan ion, yang bereaksi dengan gugus tiol (eSH) dari protein yang ada di permukaan sel. Nano-ZnO menonaktifkan protein, menurunkan permeabilitas membran dan akhirnya menyebabkan kematian seluler (Rajendra et al. 2010). Sementara itu, Arabi et al. (2012) memberikan analisis lain yaitu, bahwa nano-ZnO dapat menembus ke dalam sel bakteri dan menyebabkan kerusakan sel karena berinteraksi dengan senyawa yang mengandung fosfor

Tabel 2. Beberapa percobaan suplementasi Nano ZnO dibandingkan dengan sumber zink anorganik dan zink organik pada ransum ayam pedaging

Bentuk	Dosis	Dampak	Sumber
Zn anorganik (ZnSO ₄) vs Zn organik (Zn-metionin) vs nano-ZnO	15 ppm ZnSO ₄ vs 7,5; 15 ppm Zn-metionin vs 0,03; 0,06; 0,3 ppm nano-ZnO	Suplementasi nano-ZnO meningkatkan status imunitas; Suplementasi 0,06 ppm nano-ZnO menghasilkan pertambahan bobot hidup (PBH) dan FCR terbaik sampai umur enam minggu (1.456 g dan 2,14)	Sahoo et al. (2014a; 2014b; 2016)
Nano-ZnO	0 (kontrol/tanpa suplementasi); 30; 60; 90; dan 120 mg/kg	Suplementasi 90 mg/kg meningkatkan 17,4% aktivitas total antioksidan, 7,28% aktivitas superoksida dismutase (SOD), 6,11% aktivitas malonaldehyde dibandingkan dengan kontrol	Ahmadi et al. (2014)
Zn anorganik (ZnSO ₄) vs Zn organik (Zn-metionin) vs nano-ZnO	ZnSO ₄ (30; 60 mg/kg) vs Zn-metionin (30; 60 mg/kg) vs nano-ZnO (15; 30; 60 mg/kg)	Penggunaan nano-ZnO pada dosis 60 mg/kg memberikan hasil kinerja pertumbuhan ayam dengan tujuan ganda (pedaging dan petelur) terbaik, dengan nilai bobot hidup 1.741 g/ekor, nilai FCR 2,08	Pathak et al. (2016)
Zn anorganik (ZnSO ₄) vs Zn organik (Zn-metionin) vs nano-Zn (nano-ZnSO ₄ , nano-Zn-metionin, nano-Zn-maks (nano-Zn kompleks))	80 mg/kg	Penggunaan nano-Zn-metionin dan nano-Zn-max menghasilkan kinerja pertumbuhan terbaik, dengan pertambahan bobot hidup harian 52,5 dan 52,6 g/hari dan nilai FCR 1,81 dan 1,78	Mohammadi et al. (2015)
Zn anorganik vs Zn organik vs nano-ZnO	20 vs 60 vs 100 mg/kg	Nano-ZnO lebih meningkatkan kinerja pertumbuhan dan kemampuan antioksidan pada ayam pedaging; Suplementasi 20 mg/kg nano-ZnO dosis optimal dalam pakan ayam pedaging dengan nilai FCR 1,9 dan aktivitas superoksida dismutase (SOD) serum 54,9 unit/ml	Zhao et al. (2014)
Zn anorganik vs Zn organik vs nano-ZnO	50 mg/kg	Suplementasi 50 mg/kg nano-ZnO meningkatkan kinerja, retensi Zn, aktivitas antioksidan, dengan nilai pertambahan bobot hidup 2.335 g/ekor dan nilai FCR 1,69	Ibrahim et al. (2017)

dan sulfur seperti DNA. Hal ini terkait dengan sifat mikroorganisme (mikroba) yang membawa muatan negatif, sementara oksida logam membawa muatan positif dan menciptakan daya tarik elektromagnetik antara mikroba dan permukaan nano-ZnO. Setelah kontak terjadi, mikroba kemudian dioksidasi dan langsung mati. Keistimewaan nano-ZnO sebagai antibakteri adalah memiliki sifat antibakteri tanpa mengembangkan resistensi bakteri. Kemampuan nano-ZnO sebagai antibakteri ditentukan oleh dosis penggunaan serta jumlah sel bakterinya (Arabi et al. 2012), dengan demikian maka nano-ZnO memiliki sifat antibakteri yang sangat baik dan dapat dimasukkan ke dalam pakan ternak sebagai antimikroba alami.

Toksisitas nanopartikel Zn

Potensi bahaya dari penggunaan dosis tinggi nano-Zn masih belum diketahui, terutama pada ternak ayam pedaging atau unggas secara umum, meskipun pada

penggunaan Zn konvensional dosis tinggi (10.000-20.000 mg/kg) memberikan dampak negatif pada ternak unggas, seperti terjadi dalam ransum ayam petelur yang menyebabkan penghentian bertelur (Khan et al. 2011). Pada ayam petelur, penggunaan Zn pada dosis tinggi menjadi salah satu jenis agen induksi ketika ayam petelur terjadi *molting* (rontok bulu), meskipun dampaknya dilaporkan dapat menurunkan bobot hidup ayam petelur, namun tidak ada laporan dapat menyebabkan kematian ayam petelur (El-Gendi et al. 2009). Sundaresan et al. (2008) menemukan bahwa suplementasi Zn dosis tinggi (20.000 ppm) mengakibatkan menurunnya kinerja reproduksi yang ditandai dengan sekresi dengan konsentrasi tinggi kortikosteroid yang mengakibatkan apoptosis (kematian sel yang terprogram) jaringan reproduksi. Domingues et al. (2014) melaporkan bahwa suplementasi Zn hingga 1.000 mg/kg ransum tidak memiliki efek negatif pada bobot badan ayam, sedangkan suplementasi dengan dosis berlebihan (3.000 mg/kg) dilaporkan

dapat menurunkan bobot badan ayam, tetapi sebaliknya tidak memiliki efek negatif ketika diberikan dalam kondisi *molting* (rontok bulu) (Khan et al. 2013).

Wang et al. (2008) mengatakan bahwa keracunan akibat Zn, menyebabkan adanya perubahan patologis pada pankreas, ginjal, hati, usus halus, limpa, jantung dan tulang. Chen et al. (2007) menganalisis mekanisme toksikosis nano-ZnO diduga terjadi karena nano-Zn jauh lebih aktif dan dapat dengan cepat diubah menjadi ion dalam lambung. Sejumlah besar ion logam dihasilkan dan kemudian dibawa ke hati dan ginjal untuk metabolisme dan ekskresi, yang menyebabkan kerusakan pada jaringan hati dan ginjal.

PENDEKATAN PEMBUATAN NANOPARTIKEL ZINK MENGGUNAKAN EKSTRAK TANAMAN

Pembuatan nanopartikel logam dapat dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu pendekatan *top-down* dan pendekatan *bottom-up* (Sepeur 2008). Meyers et al. (2006) mengatakan bahwa pada pendekatan *top-down*, nanopartikel dibuat dengan memperkecil ukuran dari bahan awal yang digunakan untuk kemudian merubahnya menjadi partikel berukuran nano. Pendekatan *top-down* umumnya dilakukan melalui metode perlakuan fisik dan kimiawi. Metode fisik menggunakan beberapa cara, antara lain evaporasi/kondensasi dan penyinaran sinar laser (Masakke et al. 2015). Penggunaan metode tersebut memiliki kekurangan diantaranya, yaitu waktu produksi yang lama, memerlukan energi yang besar serta penggunaan bahan kimia yang dapat merusak lingkungan (Li et al. 2009). Sementara itu, Mukherjee et al. (2001) menjelaskan bahwa pada pendekatan *bottom-up*, nanopartikel dibuat dari wujud ukuran partikel yang lebih kecil dari nanopartikel, misalnya atom, molekul dan partikel yang lebih kecil dari ukuran nano, yang kemudian bergabung untuk membentuk struktur partikel nano (Thakkar et al. 2010). Prosesnya melalui tahapan reduksi ion logam dalam larutan, kemudian dilanjutkan dengan penggumpalan logam (Masakke et al. 2015).

Penelitian pada beberapa tahun terakhir mulai dilakukan sintesis nanopartikel dengan pendekatan secara biologi. Penggunaan ekstrak tanaman merupakan metode alternatif terbaik serta ramah lingkungan jika dibandingkan dengan metode lainnya (Siddiqui et al. 2015). Senapati et al. (2005) melaporkan bahwa keuntungan metode sintesis secara biologi dibandingkan dengan metode sintesis secara fisika dan kimia adalah lebih bersih, ramah lingkungan, serta tidak menggunakan bahan kimia beracun. Penggunaan komponen biologis aktif seperti enzim dapat bertindak sebagai pereduksi dan pembatasan agen sehingga dapat mengurangi biaya sintesis. Selain itu, nanopartikel dapat diproduksi dalam skala besar dan tidak

membutuhkan energi dan tekanan yang tinggi, sehingga biaya produksi relatif lebih murah (Bansal et al. 2004). Mohanpuria et al. (2008) mengatakan bahwa pemanfaatan sumber daya hayati telah banyak dikembangkan untuk mensintesis nanopartikel. Beberapa organisme seperti jamur, bakteri, ganggang, virus dan tanaman telah digunakan untuk sintesis nanopartikel. Gardea-Torresdey et al. (2002) menjelaskan bahwa dalam dekade terakhir sintesis nanopartikel berbasis mikroba dan biosintesis menggunakan tanaman telah mendapat perhatian banyak peneliti. Rai et al. (2008) mengatakan bahwa dibandingkan dengan mikroba, penggunaan ekstrak tanaman sebagai agen pereduksi ion logam relatif lebih singkat, dimana sangat tergantung jenis tanaman dan konsentrasi fitokimianya. Nanopartikel dapat disintesis dalam beberapa menit atau jam sedangkan metode sintesis berbasis mikroba membutuhkan waktu yang lebih lama. Selain itu, ketersediaan tanaman di alam mudah dijumpai, sehingga membuat tanaman lebih banyak disukai dibandingkan dengan mikroba. Sathishkumar et al. (2010) mengemukakan bahwa kelemahan utama mikroba dalam sintesis nanopartikel adalah kendala lingkungan kerja yang harus steril dan membutuhkan staf yang terampil dan membutuhkan biaya lebih besar untuk *scaling-up*.

Lee et al. (2011) mengatakan bahwa sintesis nanopartikel menggunakan ekstrak tanaman telah banyak diadopsi dalam beberapa tahun terakhir. Proses pembuatan nanopartikel menggunakan ekstrak tanaman, prosesnya cukup sederhana yaitu dengan mencampurkan ekstrak tanaman dengan larutan garam logam pada suhu kamar dan reaksi tersebut akan selesai dalam beberapa menit saja (Mittal et al. 2013). Ekstrak tanaman diyakini bertindak sebagai bioreduktor dan biostabilisator dalam sintesis nanopartikel (Ahmed et al. 2016). Mukunthan & Balaji (2012) melaporkan bahwa sifat ekstrak tanaman mempengaruhi jenis nanopartikel yang disintesis. Selain itu, sumber ekstrak tanaman, konsentrasi ekstrak tanaman, konsentrasi garam logam, pH, suhu dan waktu kontak mempengaruhi tingkat produksi, serta karakteristik nanopartikel dan menjadi faktor penting yang mempengaruhi morfologi nanopartikel yang disintesis (Dwivedi & Gopal 2010). Pada umumnya, *reagen* dari ekstrak tanaman berperan menyumbangkan sifat reduksi dari kandungan metabolit di dalam tanaman, baik bagian akar, batang, daun, buah maupun bunga tanaman. Kemampuan reduksi ekstrak tanaman disebabkan oleh adanya gugus-gugus fungsi aktif dari tanaman seperti alkenil (CC), amida (CN), fenolik dan alkohol (O-H), amina (NH) dan karboksilat (COO) yang berasal dari metabolit sekunder tanaman, seperti katekin, gingerol dan flavonoid. Jain et al. (2009) melaporkan bahwa pemanfaatan tumbuhan dalam biosintesis nanopartikel berkaitan dengan kandungan

senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antioksidan.

Ekstrak tanaman digunakan sebagai agen pereduksi dan zat penstabil pengganti yang potensial karena kombinasi komponen bioaktif seperti alkaloid, terpenoid, tanin, fenolat, asam amino, protein, enzim, polisakarida, saponin, vitamin dan lain-lain. Hal ini didasarkan pada kemampuan tanaman dalam menyerap ion logam dari lingkungan (Ahmed et al. 2016). Heinlaan et al. (2008) mengatakan bahwa penggunaan ekstrak tanaman menjadikan sintesis nanopartikel menjadi sangat ramah lingkungan (*ecofriendly*), proses murah, dibutuhkan waktu yang sangat singkat, tidak melibatkan penggunaan peralatan dan prekursor mahal, serta menghasilkan produk yang sangat murni.

PELUANG PEMBUATAN NANO-ZINK-FITOGENIK SEBAGAI PEMACU PERTUMBUHAN, ANTI MIKROBA ALAMI, DAN ANTIOKSIDAN UNTUK AYAM PEDAGING

Senyawa fitogenik dari ekstrak tanaman yang menjadi bioreduktor dan biostabilisator pada proses pembentukan nanopartikel logam, sejatinya adalah metabolit sekunder tanaman yang pada dosis tertentu bisa dimanfaatkan untuk mendukung proses metabolisme dalam tubuh ayam pedaging (Hashemi et al. 2008). Imbuhan pakan dari senyawa fitogenik tanaman banyak digunakan karena mampu memacu produksi ternak. Fitogenik relatif aman untuk dikonsumsi manusia dan ternak, serta dikategorikan *generally recognized as safe* (GRAS). Dibandingkan dengan antibiotik sintetis, fitogenik terbukti lebih alami, bebas residu dan lebih ideal digunakan sebagai pemacu pertumbuhan ternak (Hashemi et al. 2008). Beberapa komponen aktif fitogenik meliputi minyak atsiri, flavonoid, saponin dan tanin (polifenol). Dengan demikian, maka komponen fitogenik yang ada pada ekstrak tanaman yang digunakan dalam proses *green synthesis*, diduga kuat akan memiliki manfaat positif bagi ternak.

Berdasarkan pendekatan ilmu nutrisi ternak, diketahui bahwa komponen aktif fitogenik (minyak atsiri, flavonoid, saponin dan tanin) dilaporkan mempunyai aktivitas antimikroba dan antifungi (Hashemi et al. 2008), sehingga memiliki potensi untuk dijadikan sebagai antibiotik alami yang bebas residu. Flavonoid dilaporkan berguna sebagai penambah nafsu makan dan meningkatkan pigmen, anti-inflamasi, antifungi dan antioksidan (Nogata et al. 2006). Saponin dilaporkan memiliki fungsi sebagai anti-protozoa, melalui mekanisme pembentukan kompleks saponin dengan senyawa sterol pada membran sel protozoa, sehingga membran sel protozoa hancur dan terjadi lisis sel (Cheeke 2000). Sementara itu, tanin dilaporkan

dapat mencegah kolonisasi parasit, bakteri, protozoa dan virus dalam saluran pencernaan ternak (Maertens & Štruklec 2006). Schiavone et al. (2008) menemukan bahwa pemberian tanin kayu *chestnut* (0,20%) juga dapat mempercepat pertumbuhan dan mengurangi kematian ayam pedaging.

Imbuhan pakan fitogenik banyak digunakan sebagai antimikroba alami dan pemacu pertumbuhan alternatif pada ternak ayam pedaging. Hal ini menjadi penting karena sejak Januari 2018, pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pertanian secara resmi telah melarang penggunaan antibiotik sebagai imbuhan pakan ternak. Larangan penggunaan antibiotik sebagai imbuhan pakan tertuang dalam Pasal 16 Permentan No. 14/2017 tentang Klasifikasi Obat Hewan. Jauh sebelumnya, sejak Januari 2006, penggunaan antibiotik sebagai imbuhan pakan di Eropa telah dilarang, karena antibiotik berpotensi ikut terserap pada produk hasil peternakan dan secara tidak langsung konsumen akan memperoleh antibiotik dalam konsentrasi rendah, yang mampu meningkatkan resistensi bakteri serta residu kimia dan mampu menimbulkan efek alergi pada manusia (Kompang 2009). Pelarangan penggunaan antibiotik sebagai imbuhan pakan tersebut merupakan peluang dalam memacu pengembangan imbuhan pakan yang bersifat meningkatkan produktivitas dan kesehatan ternak. Salah satunya adalah peluang pembuatan nano-Zn-Fitogenik, yaitu kombinasi antara nano-Zn dengan unsur-unsur fitogenik yang difungsikan sebagai sumber Zn organik berukuran nanopartikel, serta juga mengandung senyawa fitogenik dari ekstrak tanaman yang memiliki potensi sebagai bahan pemacu pertumbuhan, antibakteri dan antioksidan bagi ternak. Disamping itu, nano-Zn juga memiliki fungsi sebagai peningkat kinerja produksi dan antibakteri, serta antioksidan bagi ternak.

Produk nano-Zn-fitogenik, yang merupakan kombinasi antara unsur Zn dengan unsur tanaman yang memiliki unsur C-H (karbon-hidrogen) akan menjadi produk nano-Zn organik. Jahanian et al. (2008) mengatakan bahwa perbedaan utama antara Zn organik dengan anorganik adalah bahwa sebagian besar senyawa anorganik tidak memiliki karbon, dimana senyawa organik selalu mengandung karbon dan memiliki ikatan C-H. Suprijati (2013) mengatakan bahwa penyerapan Zn organik secara biologis lebih tinggi dalam saluran pencernaan ternak. Hal ini terkait dengan sifat kelarutan Zn organik dalam air maupun larutan *buffer* pH 2. Besarnya kelarutan Zn dalam air mengindikasikan bahwa adanya Zn dalam Zn organik yang terlarut dalam saluran pencernaan, dimana pada sistem pencernaan unggas, pada bagian mulut, tembolok (*crop*) dan *oesophagus* disekresikan cairan/pelumas/getah yang membantu proses pencernaan. Demikian pula besarnya kelarutan Zn dalam *buffer* pH 2 menunjukkan besarnya Zn yang diproses di

Tabel 3. Penggunaan daun jambu biji (*P. guajava*) sebagai anti mikroba dan imbuhan pakan dalam ransum ayam

Hasil kajian	Sumber
Suplementasi tepung daun jambu biji hingga 4,5% dalam ransum ayam pedaging berpotensi digunakan secara komersial untuk meningkatkan kinerja produksi dan antimikrobia	Rahman et al. (2013)
Penambahan 1% daun jambu biji kering dan/atau minyak zaitun nyata meningkatkan total protein serum, konsentrasi globulin, total leukosit, limfosit dan jumlah monosit	El-Sayed et al. (2013)
Ekstrak daun jambu biji (0,05 mg/ml) dan minyak zaitun memiliki anti inflamasi antibakteri dan antimikroba yang menimbulkan efek positif pada kesehatan usus ayam pedaging	Pandey & Shweta (2011)
Ekstrak (metanol) daun jambu biji dan minyak esensial dari daun jambu biji sangat aktif melawan <i>Staphylococcus aureus</i> , sehingga potensial menjadi senyawa antimikroba baru	Gonçalves et al. (2008)
Daun jambu biji memiliki kemampuan sebagai agen antimikroba alami terhadap infeksi dan/atau penyakit yang ditimbulkan oleh <i>Bacillus cereus</i> dan <i>S. aureus</i>	Biswas et al. (2013)
Fraksi larut etil asetat daun jambu biji (100 mg/kg) efektif mengendalikan diare dan menurunkan tingkat keparahan tanda-tanda klinis lainnya yang disebabkan oleh infeksi <i>E. coli</i> pada ayam	Geidam et al. (2015)
Senyawa <i>phytobiotic</i> seperti alkaloid, antrakuinon, flavonoid, tanin, steroid dan saponin dalam ekstrak daun jambu biji bermanfaat sebagai imbuhan pakan alternatif untuk meningkatkan pertumbuhan ayam pedaging	Mapatac (2017)

proventriculus, dimana disekresikan asam klorida yang membuat suasana asam lingkungan tersebut. Bioavailabilitas Zn organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan anorganik (oksida dan sulfat) (Jahani et al. 2008), membuat para pelaku industri pakan saat ini banyak yang beralih dari penggunaan Zn anorganik ke Zn organik. Bioavailabilitas yang lebih tinggi untuk Zn organik memiliki manfaat lainnya dari sudut pandang lingkungan, dimana membantu untuk menekan tingkat polusi lingkungan, karena dengan bioavailabilitas yang tinggi, maka akan terjadi penyerapan yang lebih baik, sehingga lebih banyak Zn yang diserap/dimanfaatkan oleh ternak, serta dimungkinkannya penggunaan dosis suplementasi yang lebih rendah dalam ransum.

Ekstrak tanaman yang potensial untuk digunakan dalam *green synthesis* nano-Zn-fitogenik sebagai imbuhan pakan yang memiliki fungsi sebagai pemacu pertumbuhan dan antimikroba alami untuk ayam pedaging adalah ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*). Hal ini dikarenakan, selain mengandung komponen fitogenik yang dibutuhkan dalam proses *green synthesis* nano-Zn, daun jambu biji juga memiliki komponen fitogenik yang banyak dilaporkan memiliki dampak positif dalam meningkatkan efisiensi produksi dan kesehatan ternak ayam pedaging. Daun jambu biji dilaporkan banyak mengandung senyawa aktif seperti alkaloid, saponin, tanin, minyak atsiri, flavonoid dan polifenol. Daun jambu biji juga memiliki kandungan flavonoid *quercetin*, dimana senyawa tersebut bermanfaat sebagai antibakteri. *Quercetin* merupakan zat sejenis *flavonoid* yang ditemukan dalam buah-buahan, sayuran, daun dan biji-bijian (Pandey & Shweta 2011). Secara kuantitatif, Sinurat et al. (2018) melaporkan bahwa ekstrak daun jambu mengandung

3,34% (bahan kering) total fenol, 2,30% tanin dan 5,70% saponin.

Senyawa fenolik dalam jumlah tinggi di daun jambu biji (*Psidium guajava* var. *Pyrifera* L) menunjukkan aktivitas sebagai antioksidan (Haida et al. 2011). Tachakittirungrod et al. (2007) mengatakan bahwa kandungan fenol yang terdapat dalam ekstrak daun jambu biji diduga mempunyai aksi pada penekanan radikal bebas. Suplementasi daun jambu biji banyak memberikan manfaat bagi peningkatan kinerja produksi serta kesehatan ayam pedaging, sehingga dengan potensi yang dimilikinya tersebut, daun jambu sangat potensial untuk dijadikan material dalam proses perakitan nano-Zn-fitogenik. Penggunaan daun jambu biji sebagai imbuhan pakan dalam pemacu pertumbuhan dan antimikroba alami untuk ternak ayam pedaging ditunjukkan Tabel 3.

KESIMPULAN

Nanopartikel Zn memiliki banyak manfaat dalam rangka meningkatkan bioavailabilitas Zn pada ransum ayam pedaging. Penggunaan nano-Zn lebih efisien dalam dosis yang lebih rendah dibandingkan dengan bentuk konvensional. Penggunaan dosis nano-Zn yang berdampak positif bagi peningkatan kinerja pertumbuhan dan status imunitas ayam pedaging adalah 20-90 mg/kg atau lebih rendah dibandingkan dengan dosis penggunaan Zn dalam bentuk konvensional (40-120 mg/kg). Penggunaan dosis yang rendah akan meningkatkan efisiensi dan menurunkan jumlah Zn yang dibuang melalui ekskreta, sehingga dampaknya akan menekan polusi lingkungan. Nanopartikel Zn dapat dibuat dengan menggunakan bioreduktor dan biostabilisator dari senyawa fitogenik

ekstrak tanaman. Metode tersebut banyak dikembangkan akhir-akhir ini, karena alasan ramah lingkungan, proses murah, waktu proses yang singkat, penggunaan peralatan yang sederhana dan menghasilkan produk yang sangat murni. Senyawa fitogenik tanaman juga memiliki fungsi sebagai pemacu pertumbuhan, antibakteri dan antioksidan pada ayam pedaging. Pembuatan nanopartikel Zn dengan ekstrak tanaman membuka peluang dihasilkannya produk nano-Zn-fitogenik yang memiliki fungsi sebagai sumber Zn organik, pemacu pertumbuhan, antioksidan dan antibiotik alami untuk ayam pedaging.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams LK, Lyon DY, Alvarez PJJ. 2006. Comparative ecotoxicity of nanoscale TiO₂, SiO₂, and ZnO water suspensions. *Water Res.* 40:3527-3532.
- Afanas'ev I. 2010. Signaling by reactive oxygen and nitrogen species in skin diseases. *Curr Drug Metab.* 11:409-414.
- Ahmadi F, Ebrahimnejad Y, Ghalehkandi JG, Sis NM. 2014. The effect of dietary zinc oxide nanoparticles on the antioxidant state and serum enzymes activity in broiler chickens during starter stage. In: International Conference on Biological, Civil and Environmental Engineering. Dubai (UAE): IICBE. p. 26-28.
- Ahmed S, Ahmad M, Swami BL, Ikram S. 2016. A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: A green expertise. *J Adv Res.* 7:17-28.
- Arabi F, Imandar M, Negahdary M, Imandar M, Noughabi MT, Akbari-dastjerdi H. 2012. Investigation antibacterial effect of zinc oxide nanoparticles upon life of *Listeria monocytogenes*. *Ann Biol Res.* 3:3679-3685.
- Bansal V, Rautaray D, Ahmad A, Sastry M. 2004. Biosynthesis of zirconia nanoparticles using the fungus *Fusarium oxysporum*. *J Mater Chem.* 14:3303-3305.
- Biswas B, Rogers K, McLaughlin F, Daniels D, Yadav A. 2013. Antimicrobial activities of leaf extracts of guava (*Psidium guajava* L.) on two Gram-negative and Gram-positive bacteria. *Int J Microbiol.* 2013:1-7.
- Bunglavan SJ, Garg AK, Dass RS, Shrivastava S. 2014. Use of nanoparticles as feed additives to improve digestion and absorption in livestock. *Livest Res Int.* 2:36-47.
- Buzea C, Blandino IIP, Robbie K. 2007. Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases.* 2:MR17-MR71.
- Chand N, Naz S, Khan A, Khan S, Khan RU. 2014. Performance traits and immune response of broiler chicks treated with zinc and ascorbic acid supplementation during cyclic heat stress. *Int J Biometeorol.* 58:2153-2157.
- Cheeke PR. 2000. Actual and potential applications of *Yucca schidigera* and *Quillaja saponaria* saponins in human and animal nutrition. In: Oleszek W, Marston A, editors. *Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal Plants*. Proceedings of the Phytochemical Society of Europe. Dordrecht (Netherlands): Springer. p. 241-254.
- Chen Z, Meng H, Xing G, Chen C, Zhao Y. 2007. Toxicological and biological effects of nanomaterials. *Int J Nanotechnol.* 4:79-96.
- Chirag PJ, Tyagi S, Halligudi N, Yadav J, Pathak S, Singh SP, Pandey A, Kamboj DS, Shankar P. 2013. Antioxidant activity of herbal plants: A recent review. *J Drug Discov Ther.* 1:1-8.
- Domingues CHDEF, Sgavioli S, Praes MFFM, Castiblanco DMC, Marchizeli PCA, Pereira AA, Duarte KF, Junqueira OM. 2014. Use of nicarbazin, salinomycin and zinc oxide as alternative molting methods for commercial laying hens. *Brazilian J Poult Sci.* 16:25-30.
- Dwivedi A, Gopal K. 2010. Biosynthesis of silver and gold nanoparticles using *Chenopodium album* leaf extract. *Colloids Surfaces A Physicochem Eng Asp.* 369:27-33.
- El-Gendi GM, Samak HR, Mohamed AA. 2009. Effect of induced molting on some productive and physiological traits in hy-line hens. *Egypt Poult Sci.* 29:385-405.
- El-Sayed MR, Doaa I, El-Sayed BM. 2013. Effect of supplementation of broiler diets with guava leaves and/or olive oil on growth, meat composition, blood metabolites and immune response. *Benha Vet Med J.* 25:32-32.
- Ezzati MS, Bozorgmehrifard MH, Bijanzad P, Rasoulinezhad S, Moomivand H, Faramarzi S, Ghaedi A, Ghabel H, Stabraghi E. 2013. Effects of different levels of zinc supplementation on broilers performance and immunity response to Newcastle disease vaccine. *Euro J Exp Bio.* 3:497-501.
- Feng M, Wang ZS, Zhou AG, Ai DW. 2009. The effects of different sizes of nanometer zinc oxide on the proliferation and cell integrity of mice duodenum-epithelial cells in primary culture. *Pak J Nutr.* 8:1164-1166.
- Gangadoo S, Stanley D, Hughes RJ, Moore RJ, Chapman J. 2016. Nanoparticles in feed: Progress and prospects in poultry research. *Trends Food Sci Technol.* 58:115-126.
- Gardea-Torresdey JL, Parsons JG, Gomez E, Peralta-Videa J, Troiani HE, Santiago P, Yacaman MJ. 2002. Formation and growth of Au nanoparticles inside live alfalfa plants. *Nano Lett.* 2:397-401.
- Geidam YA, Ambali AG, Onyeyili PA, Tijjani MB, Gambo HI, Gulani IA. 2015. Antibacterial efficacy of ethyl

- acetate fraction of *Psidium guajava* leaf aqueous extract on experimental *Escherichia coli* (O78) infection in chickens. *Vet World*. 8:358-362.
- Gerloff K, Albrecht C, Boots AW, Frster I, Schins RPF. 2009. Cytotoxicity and oxidative DNA damage by nanoparticles in human intestinal Caco-2 cells. *Nanotoxicology*. 3:355-364.
- Gonçalves FA, Andrade Neto M, Bezerra JNS, Macrae A, De Sousa OV, Fonteles-Filho AA, Vieira RHSDF. 2008. Antibacterial activity of guava, *Psidium guajava* Linnaeus, leaf extracts on diarrhea-causing enteric bacteria isolated from seabob shrimp, *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller). *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 50:11-15.
- Haida KS, Baron A, Haida KS. 2011. Phenolic compounds and antioxidant activity of two varieties of guava and rue. *Rev Bras Ciênc Saúde*. 28:11-19.
- Hashemi SR, Zulkifli I, Bejo MH, Farida A, Somchit MN. 2008. Acute toxicity study and phytochemical screening of selected herbal aqueous extract in broiler chickens. *Int J Pharmacol*. 4:352-360.
- Heinlaan M, Ivask A, Blinova I, Dubourguier HC, Kahru A. 2008. Toxicity of nanosized and bulk ZnO, CuO and TiO₂ to bacteria *Vibrio fischeri* and crustaceans *Daphnia magna* and *Thamnocephalus platyurus*. *Chemosphere*. 71:1308-1316.
- Hidayat C, Sumiati, Iskandar S. 2014. Respon pertumbuhan ayam lokal Sentul G-3 terhadap ransum berkadar dedak tinggi yang diberi suplementasi enzim fitase dan ZnO. *JITV*. 19:193-202.
- Hidayat C, Sumiati, Iskandar S. 2015. Persentase bobot karkas dan potongan komersial ayam Sentul-G3 yang diberi ransum mengandung dedak tinggi dengan suplementasi fitase dan ZnO. *J Ilmu Pertanian Indonesia*. 20:131-140.
- Hoet PHM, Bröske-Hohlfeld I, Salata OV. 2004. Nanoparticles - Known and unknown health risks. *J Nanobiotechnol*. 2:12-27.
- Hosseini-Mansoub N, Chekani-Azar S, Tehrani AA, Lotfi A, Manesh MK. 2010. Influence of dietary vitamin E and zinc on performance, oxidative stability and some blood measures of broiler chickens reared under heat stress (35°C). *J Agrobiol*. 27:103-110.
- Ibrahim D, Ali HA, El-Mandrawy SAM. 2017. Effects of different zinc sources on performance, bio distribution of minerals and expression of genes related to metabolism of broiler chickens. *Zagazig Vet J*. 45:292-304.
- Iravani S. 2011. Green synthesis of metal nanoparticles using plants. *Green Chem*. 13:2638-2650.
- Jahanian R, Moghaddam HN, Rezaei A. 2008. Improved broiler chick performance by dietary supplementation of organic zinc sources. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 21:1348-1354.
- Jain D, Kumar Daima H, Kachhwaha S, Kothari SL. 2009. Synthesis of plant-mediated silver nanoparticles using papaya fruit extract and evaluation of their antimicrobial activities. *Dig J Nanomater Biostructures*. 4:557-563.
- Jin T, Sun D, Su JY, Zhang H, Sue HJ. 2009. Antimicrobial efficacy of zinc oxide quantum dots against *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Enteritidis*, and *Escherichia coli* O157:H7. *J Food Sci*. 74:M46-M52.
- Khan RU, Nikousefat Z, Javadani M, Tufarelli V, Laudadio V. 2011. Zinc induced molting: Production and physiology. *Worlds Poult Sci J*. 67:497-506.
- Khan RU, Rahman Z, Javed I, Muhammad F. 2013. Supplementation of vitamins, probiotics and proteins on oxidative stress, enzymes and hormones in post-moult male broiler breeders. *Arch Tierzucht*. 61:607-613.
- Kompiang IP. 2009. Pemanfaatan mikroorganisme sebagai probiotik untuk meningkatkan produksi ternak unggas di Indonesia. *J Pengembangan Inovasi Pertanian*. 2:177-191.
- Kulkarni RC, Mandal AB, Bhanja SK, Goel A, Mehera M. 2017. Dietary zinc supplementation on immune response of coloured broilers during hot-humid summer. *J Poult Sci Technol*. 5:18-21.
- Kurnia F, Suhardiman M, Stephani L, Purwadaria T. 2012. Peranan nano-mineral sebagai bahan imbuhan pakan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk ternak. *Wartazoa*. 22:187-193.
- Lagana C, Ribeiro AML, Kessler AM, Kratz LR, Pinheiro CC. 2007. Effect of the supplementation of vitamins and organic minerals on the performance of broilers under heat stress. *Brazilian J Poult Sci*. 9:39-43.
- Lai PW, Liang JB, Hsia LC, Loh TC, Ho YW. 2010. Effects of varying dietary zinc levels and environmental temperatures on the growth performance, feathering score and feather mineral concentrations of broiler chicks. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 23:937-945.
- Lee HJ, Lee G, Jang NR, Yun JH, Song JY, Kim BS. 2011. Biological synthesis of copper nanoparticles using plant extract. *Nanotechnology*. 1:371-374.
- Li X, He G, Xiao G, Liu H, Wang M. 2009. Synthesis and morphology control of ZnO nanostructures in microemulsions. *J Colloid Interface Sci*. 333:465-473.
- Liao CD, Hung WL, Jan KC, Yeh AI, Ho CT, Hwang LS. 2010. Nano/sub-microsized lignan glycosides from sesame meal exhibit higher transport and absorption efficiency in Caco-2 cell monolayer. *Food Chem*. 119:896-902.
- Lina T, Jianyang J, Fenghua Z, Huiying R, Wenli L. 2009. Effect of nano-zinc oxide on the production and dressing performance of broiler. *Chinese Agric Sci Bull*. 2.
- Liu Y, He L, Mustapha A, Li H, Hu ZQ, Lin M. 2009. Antimicrobial activities of zinc oxide nanoparticles

- against *Escherichia coli* O157:H7. J Appl Microbiol. 107:1193-1201.
- Maertens L, Štruklec M. 2006. Technical note: Preliminary results with a tannin extract on the performance and mortality of growing rabbits in an enteropathy infected environment. World Rabbit Sci. 14:189-192.
- Mahmoud UT. 2012. Silver nanoparticles in poultry production. J Adv Vet Res. 2:303-306.
- Mapatac LC. 2017. Potency of medicinal leaves in the growth performance of broiler chicks. Recoletos Multidiscip Res J. 3:197-206.
- Masakke Y, Sulfikar, Muhaedah R. 2015. Biosynthesis of silver nanoparticles using methanol extract of mangosteen leaves (*Garcinia mangostana* L). J Sainsmat. 4:28-41.
- Meyers MA, Mishra A, Benson DJ. 2006. Mechanical properties of nanocrystalline materials. Prog Mater Sci. 51:427-556.
- Mittal AK, Chisti Y, Banerjee UC. 2013. Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts. Biotechnol Adv. 31:346-356.
- Mohammadi V, Ghazanfari S, Mohammadi-Sangcheshmeh A, Nazaran MH. 2015. Comparative effects of zinc-nano complexes, zinc-sulphate and zinc-methionine on performance in broiler chickens. Br Poult Sci. 56:486-93.
- Mohanpuria P, Rana NK, Yadav SK. 2008. Biosynthesis of nanoparticles: Technological concepts and future applications. J Nanoparticle Res. 10:507-517.
- Mukherjee P, Ahmad A, Mandal D, Senapati S, Sainkar SR, Khan MI, Parishcha R, Ajaykumar PV., Alam M, Kumar R, Sastry M. 2001. Fungus-mediated synthesis of silver nanoparticles and their immobilization in the mycelial matrix: A novel biological approach to nanoparticle synthesis. Nano Lett. 1:515-519.
- Mukunthan KS, Balaji S. 2012. Cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L) speeds up the synthesis of silver nanoparticles. Int J Green Nanotechnol Biomed. 4:71-79.
- Naz S, Idris M, Khalique M, Alhidary I, Abdelrahman M, Khan R, Chand N, Farooq U, Ahmad S. 2016. The activity and use of zinc in poultry diets. Worlds Poult Sci J. 72:159-167.
- Niles BJ, Clegg MS, Hanna LA, Chou SS, Momma TY, Hong H, Keen CL. 2008. Zinc deficiency-induced iron accumulation, a consequence of alterations in iron regulatory protein-binding activity, iron transporters, and iron storage proteins. J Biol Chem. 283:5168-5177.
- Nogata Y, Sakamoto K, Shiratsuchi H, Ishii T, Yano M, Ohta H. 2006. Flavonoid composition of fruit tissues of citrus species. Biosci Biotechnol Biochem. 70:178-192.
- NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th ed. Washington DC (US): National Academy Press.
- Olgun O, Yildiz AÖ. 2017. Effects of dietary supplementation of inorganic, organic or nano zinc forms on performance, eggshell quality, and bone characteristics in laying hens. Ann Anim Sci. 17:463-476.
- Padmavathy N, Vijayaraghavan R. 2008. Enhanced bioactivity of ZnO nanoparticles - An antimicrobial study. Sci Technol Adv Mater. 9:1-7.
- Pandey A, Shweta. 2011. Antifungal properties of *Psidium guajava* leaves and fruits against various pathogens. Pharm Biomed Sci J. 13:1-6.
- Parashuramulu S, Nagalakshmi D, Rao DS, Kumar MK, Swain PS. 2015. Effect of zinc supplementation on antioxidant status and immune response in buffalo calves. Anim Nutr Feed Technol. 15:179-88.
- Pathak SS, Reddy KV, Prasoon S. 2016. Influence of different sources of zinc on growth performance of dual purpose chicken. JBIInnov. 5:663-672.
- Piccinno F, Gottschalk F, Seeger S, Nowack B. 2012. Industrial production quantities and uses of ten engineered nanomaterials in Europe and the world. J Nanoparticle Res. 14:1109-1120.
- Raad II, Hanna HA, Boktour M, Chaiban G, Hachem RY, Dvorak T, Lewis R, Murray BE. 2005. Vancomycin-resistant *Enterococcus faecium*: Catheter colonization, esp gene, and decreased susceptibility to antibiotics in biofilm. Antimicrob Agents Chemother. 49:5046-5050.
- Rahman HU, Qureshi MS, Khan RU. 2014. Influence of dietary zinc on semen traits and seminal plasma antioxidant enzymes and trace minerals of beetal bucks. Reprod Domest Anim. 48:1004-1007.
- Rahman Z, Siddiqui MN, Khatun MA, Kamruzzaman M. 2013. Effect of guava (*Psidium guajava*) leaf meal on production performances and antimicrobial sensitivity in commercial broiler. J Nat Prod. 6:177-187.
- Rai M, Yadav A, Gade A. 2008. CRC 675 - Current trends in phytosynthesis of metal nanoparticles. Crit Rev Biotechnol. 28:277-284.
- Rajendra R, Balakumar C, Ahammed H, Jayakumar S, Vaideki K, Rajesh E. 2010. Use of zinc oxide nanoparticles for production of antimicrobial textiles. Int J Eng Sci Technol. 2:202-208.
- Rao SVR, Prakash B, Raju MVLN, Panda AK, Kumari RK, Reddy EPK. 2016. Effect of supplementing organic forms of zinc, selenium and chromium on performance, anti-oxidant and immune responses in broiler chicken reared in tropical summer. Biol Trace Elem Res. 172:511-520.
- Richards JD, Zhao J, Harreil RJ, Atwell CA, Dibner JJ. 2010. Trace mineral nutrition in poultry and swine. Asian-Australasian J Anim Sci. 23:1527-1534.
- Rocha M, Hernandez-Mijares A, Garcia-Malpartida K, Banuls C, Bellod L, Victor VM. 2010. Mitochondria-

- targeted antioxidant peptides. *Curr Pharm Des.* 16:3124-3131.
- Rosi NL, Mirkin CA. 2005. Nanostructures in biodiagnostics. *Chem Rev.* 105:1547-1562.
- Sahoo A, Swain R, Mishra SK, Jena B. 2014. Serum biochemical indices of broiler birds fed on inorganic, organic and nano zinc supplemented diets. *Int J Recent Sci Res.* 5:2078-2081.
- Sajadi Far S. 2013. Effect of dietary zinc level of zinc on performance and cecal lesion score in broilers infested with *Eimeria tenella*. *Arch Zootech.* 16:71-78.
- Sathishkumar M, Sneha K, Yun YS. 2010. Immobilization of silver nanoparticles synthesized using *Curcuma longa* tuber powder and extract on cotton cloth for bactericidal activity. *Bioresour Technol.* 101:7958-7965.
- Schiavone A, Guo K, Tassone S, Gasco L, Hernandez E, Denti R, Zoccarato I. 2008. Effects of a natural extract of chestnut wood on digestibility, performance traits, and nitrogen balance of broiler chicks. *Poult Sci.* 87:521-527.
- Senapati S, Ahmad A, Khan MI, Sastry M, Kumar R. 2005. Extracellular biosynthesis of bimetallic Au-Ag alloy nanoparticles. *Small.* 1:517-520.
- Sepeur S. 2008. Nanotechnology: Technical basics and applications. Hannover (Germany): Vincentz Network.
- Shrivastava S, Bera T, Roy A, Singh G, Ramachandrarao P, Dash D. 2007. Characterization of enhanced antibacterial effects of novel silver nanoparticles. *Nanotechnology.* 18:1-9.
- Siddiqui MH, Al-Whaibi MH, Mohammad F. 2015. Nanotechnology and plant sciences: nanoparticles and their impact on plants. Switzerland: Springer International Publishing.
- Sindhura KS, Prasad TNVKV, Selvam PP, Hussain OM. 2014. Synthesis, characterization and evaluation of effect of phytochemical zinc nanoparticles on soil exoenzymes. *Appl Nanosci.* 4:819-827.
- Sinurat AP, Wina E, Rakhmani SIW, Wardhani T, Haryati T, Purwadaria T. 2018. Bioactive substances of some herbals and their effectiveness as antioxidant, antibacteria and antifungi. *JITV.* 23:18-27.
- Sundaresan NR, Anish D, Sastry KVH, Saxena VK, Nagarajan K, Subramani J, Leo MDM, Shit N, Mohan J, Saxena M, Ahmed KA. 2008. High doses of dietary zinc induce cytokines, chemokines, and apoptosis in reproductive tissues during regression. *Cell Tissue Res.* 332:543-554.
- Sunder GS, Panda AK, Gopinath NCS, Rama Rao SV, Raju MVLN, Reddy MR, Kumar CV. 2008. Effects of higher levels of zinc supplementation on performance, mineral availability, and immune competence in broiler chickens. *J Appl Poult Res.* 17:79-86.
- Suprijati. 2013. Seng organik sebagai imbuhan pakan ruminansia. *Wartazoa.* 23:142-157.
- Swain PS, Rao SBN, Rajendran D, Dominic G, Selvaraju S. 2016. Nano zinc, an alternative to conventional zinc as animal feed supplement: A review. *Anim Nutr.* 2:134-141.
- Tachakittirungrod S, Okonogi S, Chowwanapoonpohn S. 2007. Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: Mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. *Food Chem.* 103:381-388.
- Thakkar KN, Mhatre SS, Parikh RY. 2010. Biological synthesis of metallic nanoparticles. *Nanomedicine Nanotechnol Biol Med.* 6:257-262.
- Vinus, Sheoran N. 2017. Role of nanotechnology in poultry nutrition. *Int J Pure App.* 5:1237-1245.
- Wang B, Feng W, Wang M, Wang T, Gu Y, Zhu M, Ouyang H, Shi J, Zhang F, Zhao Y, et al. 2008. Acute toxicological impact of nano and submicro-scaled zinc oxide powder on healthy adult mice. *J Nanoparticle Res.* 10:263-276.
- Yogesh K, Deo C, Shrivastava HP, Mandal AB, Wadhwa A, Singh I. 2013. Growth performance, carcass yield, and immune competence of broiler chickens as influenced by dietary supplemental zinc sources and levels. *Agric Res.* 2:270-274.
- Yu Y, Lu L, Wang RL, Xi L, Luo XG, Liu B. 2010. Effects of zinc source and phytate on zinc absorption by in situ ligated intestinal loops of broilers. *Poult Sci.* 89:2157-2165.
- Zaboli K, Aliarabi H, Bahari AA, Abbasalipourkabir R. 2013. Role of dietary nano-zinc oxide on growth performance and blood levels of mineral: A study on in Iranian Angora (Markhoz) goat kids. *J Pharm Heal Sci.* 2:19-26.
- Zha LY, Xu ZR, Wang MQ, Gu LY. 2008. Chromium nanoparticle exhibits higher absorption efficiency than chromium picolinate and chromium chloride in Caco-2 cell monolayers. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 92:131-140.
- Zhao CY, Tan SX, Xiao XY, Qiu XS, Pan JQ, Tang ZX. 2014. Effects of dietary zinc oxide nanoparticles on growth performance and antioxidative status in broilers. *Biol Trace Elem Res.* 160:361-367.

Upaya Meningkatkan Kualitas Bungkil Inti Sawit melalui Teknologi Fermentasi dan Penambahan Enzim untuk Unggas

(Efforts to Improve the Quality of Palm Kernel Cake through Fermentation Technology and Enzyme Addition for Poultry)

Tiurma Pasaribu

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16720 Indonesia
pasaributiurma@yahoo.com

(Diterima 5 Maret 2018 – Direvisi 24 Agustus 2018 – Disetujui 4 September 2018)

ABSTRACT

Palm kernel cake (PKC) with the protein content 14-21% and crude fiber about 17.63% is a by product of palm kernel oil. Utilization of PKC as source of protein for poultry feed is still limited. While demand of feed is getting increased. Therefore, the technology to improve PKC quality is needed to optimize using PKC. This paper inform any efforts to improve the quality of PKC through fermentation technology and addition of enzymes and their utilization as poultry feed ingredient. Fermentation process of PKC can be done using single bacteria, mold or combination of them. By fermentation technology, the protein of PKC increased up to 88% (from 13-15% to 16-28%) and crude fiber decreased by 28% (from 17 to 12.21%). Palm kernel cake after fermentation can substitute soybean meal up to 18%, can be used up to 21% in broiler ration, and up to 25% in layer ration. Enzyme addition could increase metabolisable energy. Fermented PKC and enzyme addition can improve feed efficiency and feed conversion, and reduce abdominal fat in the broiler. Fermentation technology and addition of enzyme to PKC could improve the nutritional quality of PKC.

Key words: Palm kernel cake, microbes, performance, poultry

ABSTRAK

Bungkil inti sawit (BIS) mengandung protein 14-21% dan serat kasar sekitar 17,63% yang merupakan hasil ikutan dari proses pembuatan minyak inti sawit. Penggunaan BIS sebagai sumber protein untuk unggas masih terbatas jumlahnya. Di lain pihak permintaan pakan semakin meningkat. Oleh karena itu, diperlukan teknologi untuk meningkatkan kualitas BIS agar penggunaannya optimal. Makalah ini menginformasikan berbagai upaya peningkatan kualitas BIS melalui teknologi fermentasi dan penambahan enzim serta pemanfaatannya sebagai bahan pakan unggas. Proses fermentasi BIS dapat dilakukan dengan menggunakan satu jenis bakteri, kapang atau kombinasi keduanya. Dengan teknologi fermentasi, protein BIS meningkat hingga 88% (13-15% menjadi 16-28%) dan serat kasar menurun hingga 28% (17 menjadi 12,21%). Bungkil inti sawit setelah difermentasi dapat menggantikan bungkil kedelai hingga 18%, digunakan hingga 21% dalam ransum ayam pedaging dan 25% dalam ransum ayam petelur. Penambahan enzim dapat meningkatkan metabolisme energi. Bungkil inti sawit fermentasi dan penambahan enzim dapat meningkatkan efisiensi pakan, memperbaiki konversi pakan dan menurunkan lemak abdomen pada ayam pedaging. Teknologi fermentasi dan penambahan enzim pada BIS dapat meningkatkan kualitas BIS sebagai bahan pakan unggas.

Kata kunci: Bungkil inti sawit, mikroba, enzim, unggas

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara terbesar penghasil minyak kelapa sawit (*crude palm oil*/CPO), disusul Malaysia dan Thailand (Ditjenbun 2017). Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2011 sekitar 8.992.824 ha dengan produksi CPO 23.096.541 ton dan tahun 2015 meningkat menjadi 31.070.015 ton (Ditjenbun 2017). Produksi CPO dan inti sawit setiap tahunnya meningkat seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Seiring dengan peningkatan produksi inti sawit, terjadi juga peningkatan hasil samping dari proses produksi minyak inti sawit yaitu bungkil inti sawit (BIS). Proporsi BIS kira-kira 45-46% dari inti sawit atau 2,0-2,5% dari bobot tandan sawit (Sindu 1999) sehingga diperkirakan produksi BIS pada tahun 2017 hampir mencapai 3,2 juta ton. Walaupun produksi BIS saat ini melimpah, namun hampir 90% diekspor ke luar negeri karena harganya yang cukup tinggi (150-200 US\$/ton) (Kemendag 2014). Bungkil inti sawit sangat

Tabel 1. Produksi minyak kelapa sawit, inti sawit (*palm kernel*) dan BIS dari perkebunan besar di Indonesia tahun 2011-2017

Tahun	Minyak kelapa sawit (ton)	Inti sawit (ton)	Bungkil inti sawit (ton)***
2011	23.096.541	4.619.308	2.078.689
2012	26.015.518	5.203.104	2.341.397
2013	27.782.004	5.556.401	2.500.380
2014	29.278.189	5.855.638	2.635.037
2015	31.070.015	6.214.003	2.796.301
2016*	33.229.381	6.645.876	2.990.644
2017**	35.359.384	7.071.877	3.182.345

*Sementara; **Estimasi; ***Perhitungan (BIS: 45% dari inti sawit/kernel)

Sumber: Ditjenbun (2017)

berpotensi sebagai bahan pakan ternak karena mengandung kadar protein antara 14,19-21,66%, lemak 9,5-10,5% dan serat kasar 12-63% (Mathius et al. 2005; Nuraini & Trisna 2006; Chong et al. 2008; Pasaribu *in publish*).

Kebutuhan pakan di Indonesia baik untuk ruminansia dan non ruminansia termasuk unggas setiap tahunnya terus meningkat karena meningkatnya populasi ternak yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pangan hewani. Menurut Gabungan Perusahaan Makanan Ternak (GPMT) bahwa kebutuhan pakan unggas (ayam pedaging, ayam petelur, ayam lokal dan itik) tahun 2017 di Indonesia sekitar 18,5 juta ton. Laporan GPMT menunjukkan bahwa kebutuhan pakan ayam dalam 20 tahun ke depan diperkirakan meningkat 100% lebih. Kebutuhan bahan pakan dapat dipenuhi dari hasil pertanian, tetapi juga dari limbah atau hasil samping pertanian atau industri. Bahan pakan yang umum digunakan dalam pakan unggas adalah jagung, dedak padi, *wheat pollard*, bungkil kedelai, tepung ikan, *distillers dried grains with solubles* (DDGS), *meat bone meal* (MBM) dan lain-lain. Beberapa tahun yang lalu, Indonesia masih mengimpor jagung dalam jumlah yang signifikan. Namun, sejak pemerintah mengupayakan secara khusus peningkatan produksi padi, jagung dan kedelai melalui Program Pajale, impor jagung untuk keperluan bahan pakan turun dari 3,16 juta ton (2014) menjadi 2,74 juta ton (2015) dan turun signifikan menjadi 884.000 ton (2016), serta tahun 2018 tidak ada jagung yang diimpor untuk bahan pakan. Untuk bungkil kedelai, Indonesia sangat tergantung pada impor dan merupakan pengimpor terbesar ketiga di dunia (GPMT 2017). Selain itu, beberapa bahan pakan lainnya juga diimpor.

Salah satu komoditas yang punya peluang sebagai bahan pakan unggas adalah hasil samping pengolahan inti sawit, yaitu BIS. Pemanfaatan BIS sebagai bahan pakan masih kurang karena adanya beberapa kendala seperti kadar protein rendah, kadar serat dan manan yang tinggi. Namun, kendala-kendala tersebut bisa

diatasi dengan cara menurunkannya melalui berbagai teknik secara kimia, fisika dan biologi. Pengolahan secara biologis diantaranya teknologi fermentasi menggunakan mikroba, baik kapang atau bakteri dan teknologi penambahan enzim yang diproduksi menggunakan mikroba.

Tulisan ini bertujuan untuk menginformasikan upaya meningkatkan kualitas BIS melalui teknologi fermentasi dan penambahan enzim serta pemanfaatannya sebagai bahan pakan unggas.

KUALITAS BUNGKIL INTI SAWIT DAN MASALAHNYA

Pemanfaatan BIS sebagai bahan pakan unggas masih sangat terbatas karena kualitas nutrisi BIS yang kurang optimal. Bungkil inti sawit memiliki kandungan protein kasar yang cukup rendah (14,49%) padahal pakan ayam terutama ayam pedaging berdasarkan SNI harus mengandung kadar protein kasar 19-22% (Ditjen PKH 2017). Bungkil inti sawit mengandung serat kasar yang tinggi (17,63%), sementara serat kasar yang diperbolehkan untuk pakan unggas maksimal 5%. Selain itu, dalam BIS masih ada sisa-sisa cangkang sawit, dapat mencapai sekitar 9,1-22,8% yang menyebabkan semakin tingginya kadar serat kasar dan dikhawatirkan merusak dinding saluran pencernaan (Chin 2002; Sinurat et al. 2013). Ayam juga tidak mampu mencerna serat kasar, sebab tidak memiliki enzim-enzim yang mampu mendegradasi serat menjadi senyawa yang lebih sederhana untuk bisa diserap dalam saluran pencernaan unggas.

Bungkil inti sawit kaya akan polisakarida *nonstarch* (NSP) dengan struktur utama galaktomanan, glukomanan dan manan (Aman & Graham 1990) dengan jumlah manan sekitar 35,2% (Carré 2002; Fan et al. 2014). Hal ini merupakan salah satu kendala dalam pemanfaatan BIS sebagai bahan pakan ayam. Manan ($C_6H_{10}O_5$)_n merupakan polimer dari D-manosa dengan rantai β1,4 dan D-galaktosa yang sulit

didegradasi (Carré 2002), namun bila terdegradasi akan menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu manosa ($C_6H_{12}O_6$) dan akan lebih mudah dicerna. Kadar manan yang tinggi (>40% BIS) dalam pakan unggas dapat menyebabkan kotoran basah dan timbulnya penyakit pada usus sehingga terjadi penurunan bobot badan (Daskiran et al. 2004). Oleh sebab itu, harus dilakukan pengolahan untuk menurunkan kadar serat kasar dan meningkatkan protein. Ada beberapa teknologi yang digunakan untuk meningkatkan nilai gizi BIS, antara lain secara kimia dengan teknologi perendaman dalam asam atau alkali (Sharmila et al. 2014). Melalui teknik kimia, peningkatan kadar protein pada BIS belum ada yang melaporkan, namun untuk menurunkan serat kasar bahan BIS telah dilaporkan dengan perendaman dalam asam asetat dan asam format atau alkali (amonium hidroksida) (Sharmila et al. 2014). Penurunan kadar serat dapat dilakukan dengan metode perendaman dalam alkali, karena terabsorpsinya alkali ke dalam dinding sel bahan, kemudian memutus ikatan ester pada rantai lignin, hemiselulosa dan selulosa yang menyebabkan struktur dinding sel menjadi lebih sederhana (Chenost & Kayouli 1997).

Teknologi fisika dalam peningkatan nilai nutrisi BIS dilakukan dengan mengurangi bahan-bahan yang tidak diperlukan seperti cangkang BIS itu sendiri, yaitu dengan teknologi penyaringan. Pengolahan secara fisik dengan teknologi penyaringan merupakan cara sederhana yang dapat mengurangi serat kasar dalam BIS (Sinurat et al. 2013). Sinurat et al. (2013) melaporkan dengan penyaringan BIS pada diameter 2 mm dapat menurunkan serat kasar 24,7%, meningkatkan kadar lemak dan protein masing-masing sekitar 15,8% dan 3,4%, meningkatkan kadar asam amino 7,6%.

Pengolahan secara biologis dapat dilakukan dengan teknologi fermentasi (Supriyati et al. 1998; Pasaribu et al. 2001). Pengolahan secara fermentasi akan dibahas lebih lanjut pada subbab selanjutnya. Selain pengolahan, penambahan enzim pada ransum yang mengandung BIS sudah banyak diteliti dengan hasil bahwa enzim efektif mendegradasi hemiselulosa dan selulosa, serta meningkatkan metabolisme energi BIS (Saenphoom et al. 2013). Enzim yang biasa ditambahkan adalah mananase, selulase, hemiselulase dan xilanase (Ketaren et al. 2012; Chen et al. 2013). Penambahan enzim dapat meningkatkan bobot badan dan memperbaiki konversi pakan (Sinurat et al. 2016).

PENINGKATAN KUALITAS BUNGKIL INTI SAWIT

Alternatif yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai nutrisi BIS adalah dengan teknologi secara biologis yaitu melalui fermentasi. Pada proses fermentasi, mikroba yang ditambahkan ke dalam

substrat dapat berupa mikroba tunggal maupun campuran beberapa mikroba. Teknologi fermentasi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung, artinya penggunaan mikroba ditambahkan ke substrat BIS lalu difermentasi (Pasaribu 2010). Sedangkan secara tidak langsung dilakukan dengan penambahan enzim (Sinurat et al. 2013). Enzim diisolasi dari hasil fermentasi dengan kapang atau bakteri tertentu. Kemudian enzim dalam bentuk cair dapat langsung ditambahkan ke dalam campuran pakan atau enzim dipadatkan terlebih dahulu sebelum dicampur ke dalam pakan.

Teknologi fermentasi

Fermentasi adalah segala macam proses metabolik dengan bantuan enzim yang dihasilkan oleh mikroba (jasad renik) untuk melakukan oksidasi, reduksi, hidrolisis dan reaksi kimia lainnya, sehingga terjadi perubahan kimia pada suatu substrat organik dengan menghasilkan produk tertentu (Prescott et al. 2004). Fermentasi pada umumnya menyebabkan berkurang dan hilangnya fraksi karbohidrat karena dimanfaatkan oleh mikroba sebagai sumber energi, sedangkan protein terhidrolisis menjadi asam amino, lemak terurai menjadi asam lemak, sehingga bahan pakan setelah fermentasi memiliki daya cerna yang lebih tinggi dan kandungan vitamin, terutama golongan vitamin B yang lebih tinggi serta menghasilkan hidrolisat yang mudah diserap. Disamping itu, fermentasi juga menghasilkan biomassa mikroba yang bernilai tinggi (Buckle et al. 1987; Muchtadi 1989).

Dalam melakukan fermentasi pada prinsipnya adalah pengaturan kondisi pertumbuhan optimum mikroorganisme, sehingga dapat mencapai dan menghasilkan laju pertumbuhan yang maksimal. Faktor yang perlu diperhatikan dalam proses fermentasi adalah jenis substrat/media, mikroorganisme dan kondisi fisik pertumbuhan. Ketiga faktor tersebut berpengaruh terhadap massa dan komposisi sel (Tannenbaum 1985).

Media fermentasi

Menurut jenis medianya, proses fermentasi dibagi menjadi tiga yaitu: (1) Fermentasi medium padat, dimana mediumnya tidak larut (bentuk padat) dan kondisi substrat cukup lembab untuk kebutuhan hidup mikroba dengan kadar air 60%; (2) Fermentasi medium semi padat menggunakan medium yang tidak larut dengan kelembaban cukup dan kadar air 65-80%; (3) Fermentasi medium cair menggunakan medium cair dengan substrat larut dan atau tidak larut dengan kadar air >80% (Stansbury et al. 1997).

Komposisi media dan kondisi lingkungan merupakan faktor yang sangat penting untuk proses

fermentasi. Jenis media ada yang kompleks dan sintetik (buatan) dimana sekecil apapun modifikasi media dapat merubah stabilitas sel, kualitas produk, dan proses fermentasi. Secara umum, media fermentasi mengandung makronutrien berupa karbon (C), hidrogen (H), nitrogen (N), sulfur (S), fosfat (P) dan magnesium (Mg) yang berasal dari air, gula-gula, lemak, asam amino dan garam mineral yang ditambahkan ke dalam medium. Sedangkan mikronutrien yang dibutuhkan adalah *trace element* ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; H_3BO_3 ; $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; Na_2MoO_4 ; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) dan vitamin. Makro dan mikro nutrien dibutuhkan mikroorganisme untuk pertumbuhan, perkembangan dan biosintesis produk-produk metabolisme (Prescott et al. 2004). Selain nutrien yang dibutuhkan, jenis substrat, jenis mikroorganisme dan kondisi fisik tempat pertumbuhan perlu diperhatikan. Setiap jenis mikroorganisme memiliki kemampuan yang berbeda dalam memecah komponen substrat untuk keperluan metabolisme dan kinetika enzim, sehingga mikroorganisme yang digunakan dalam fermentasi hanya satu jenis maupun kombinasi dari beberapa jenis mikroorganisme. Untuk substrat padat atau semi padat, jenis, sifat dan preparasi substrat penting diperhatikan. Faktor-faktor tersebut akan mempengaruhi massa dan komposisi sel produk fermentasi yang dihasilkan (Tannenbaum 1985).

Fermentasi medium padat sudah sejak lama dikenal oleh masyarakat karena secara tradisional, fermentasi medium padat sudah dilakukan untuk bahan makanan, misalnya fermentasi untuk menghasilkan tempe, tape singkong dan sebagainya sehingga proses fermentasi medium padat untuk proses bahan pakan akan mudah diajarkan dan diterima oleh peternak. Keuntungan penggunaan medium padat antara lain:

- (1) Tidak memerlukan tambahan lain kecuali air;
- (2) Persiapan inokulum lebih sederhana;
- (3) Dapat menghasilkan produk dengan kepekatan tinggi;
- (4) Kontrol terhadap kontaminan lebih mudah;
- (5) Kondisi medium mendekati keadaan tempat tumbuh alamiah;
- (6) Produktivitas tinggi; dan
- (7) Tidak diperlukan kontrol pH maupun suhu yang teliti (Pasaribu 2010).

Dilihat dari komposisi kimia, BIS dapat menjadi substrat atau medium tumbuh mikroba karena mengandung karbohidrat sebagai sumber karbon dan protein sebagai sumber nitrogen, serta kalsium dan fosfor sebagai sumber mineral. Beberapa mikroba yang digunakan untuk fermentasi BIS diuraikan pada Tabel 2. Mikroba kapang atau bakteri yang digunakan menghasilkan enzim-enzim yang berbeda untuk memecah karbohidrat bukan pati, selulosa atau memecah protein.

Peningkatan nilai nutrisi bungkil inti sawit fermentasi

Beberapa jenis kapang dan bakteri telah digunakan untuk meningkatkan nilai protein sehingga kualitas BIS meningkat, disajikan pada Tabel 3. Peningkatan protein pada BIS tidak lepas dari pertumbuhan sel mikroba selama proses fermentasi. Kandungan peptidoglikan pada dinding sel mikroba tersebut memberi kontribusi pada peningkatan protein. Semakin banyak sel mikroba tumbuh, maka kandungan protein dalam produk fermentasi medium padat akan meningkat (Sukaryana et al. 2010). Tabel 3 menunjukkan bahwa fermentasi dengan menggunakan kapang menunjukkan kadar protein yang lebih baik dibandingkan dengan fermentasi menggunakan bakteri. Alshelmani et al. (2014) melaporkan bahwa kapang mempunyai aktivitas selulase dan hemiselulase yang lebih tinggi dari bakteri sehingga mampu mendegradasi

Tabel 2. Beberapa mikroba yang dapat digunakan untuk fermentasi bungkil inti sawit

Mikroba	Karakteristik	Sumber
<i>Aspergillus niger</i> tipe liar dan NRRL 337	Bersifat termofilik, efisien memproduksi selulase	Supriyati et al. (1998)
<i>Trichoderma harzianum</i>	Memproduksi mananase, selulase, xilanase	Sae-Lee (2007)
<i>Trichoderma reesei</i>	Memproduksi mananase, selulase, xilanase	Sae-Lee (2007)
<i>Penicillium</i> sp	Memproduksi mananase, selulase, xilanase	Sae-Lee (2007)
<i>Aspergillus oryzae</i>	Memproduksi mananase, selulase, xilanase	Sae-Lee (2007)
<i>Trichoderma viridae</i>	Memproduksi selulase	Puastuti et al. (2014)
<i>Eupenicilium javanicum</i>	Memproduksi mananase	Purwadaria et al. (2003)
<i>Bacillus amyloliquifaciens</i>	Bersifat proteolitik (menguraikan protein menjadi lebih sederhana)	Pasaribu (2010)
<i>Bacillus cereus</i>	Bersifat proteolitik (menguraikan protein menjadi lebih sederhana)	Sihite & Pakpahan (2015)
<i>Paenibacillus curdolanolyticus</i> DSMZ 10248	Bersifat selulolitik dan hemiselulolitik	Alshelmani et al. (2014)
<i>P. polymyxa</i> ATCC 842	Bersifat selulolitik dan hemiselulolitik	Alshelmani et al. (2014)
<i>B. megaterium</i> ATCC 9885	Bersifat selulolitik dan hemiselulolitik	Alshelmani et al. (2014)

selulase dan hemiselulase dari dinding sel. Dengan demikian, kadar serat dan hemiselulosa substrat fermentasi menurun sehingga kadar protein hasil fermentasi menjadi meningkat. Bila kadar protein yang dilaporkan merupakan kadar protein kasar, maka unsur nitrogen dalam asam nukleat yang merupakan komponen dinding sel jamur yang tumbuh selama fermentasi akan terhitung sebagai protein kasar.

Selain penggunaan mikroba tunggal, juga dapat dipakai kombinasi dari beberapa bakteri atau campuran bakteri dan kapang untuk memperbaiki kualitas BIS (Tabel 4). Penggunaan kombinasi inokulan bakteri antara *Paenibacillus polymyxa* ATCC 842 dan *Bacillus megaterium* ATCC 9885 atau *B. amyloliquefaciens* DSMZ 1067 dan *P. curdolanolyticus* DSMZ 10248 atau sebaliknya tidak memperlihatkan kenaikan protein yang berbeda pada fermentasi BIS dan juga tidak berbeda dengan pemakaian inokulan tunggal. Hal ini menunjukkan pemakaian inokulan tunggal (Tabel 3) lebih efisien dibandingkan jika dua jenis bakteri yang digabungkan (Tabel 4). Namun, penggunaan kapang lebih efektif dibandingkan dengan bakteri baik yang tunggal ataupun yang kombinasi. Tapi bila bakteri *B. amyloliquefaciens* dan kapang *T. harzianum* digunakan

sebagai kombinasi inokulan untuk fermentasi, maka terjadi peningkatan protein BIS sebesar 32,41% (Pasaribu *in publish*).

Selain meningkatkan kadar protein, teknologi fermentasi juga dapat memperbaiki daya cerna BIS terfermentasi, karena serat kasarnya turun. Sari & Purwadaria (2004) melaporkan fermentasi BIS dengan inkubasi selama tiga hari dengan menggunakan mikroba *Aspergillus niger* tipe liar, daya cerna bahan kering BIS meningkat sekitar 21% dan protein tercerna BIS naik sekitar 54%. Sedangkan pada pencernaan protein kasar pada ileum ayam hingga umur 42 hari memberikan hasil yang berarti, dimana pemberian 10% BIS sebelum fermentasi mempunyai kecernaan 65,9%, setelah BIS difermentasi meningkat menjadi 76,2% (Alshelmani et al. 2016). Peningkatan daya cerna bahan kering dan protein disebabkan terdegradasinya serat kasar menjadi gula sederhana dan protein menjadi asam amino oleh mikroba sehingga lebih mudah dicerna, akibatnya daya cerna meningkat.

Pada teknologi fermentasi, selain meningkatkan kadar protein, juga dapat menurunkan kadar serat kasar. Fermentasi BIS dengan *A. niger* 337 menurunkan serat kasar sekitar 37,6%, ADF 23,5%,

Tabel 3. Beberapa mikroba yang dapat meningkatkan protein bungkil inti sawit

Mikroba tunggal	Kadar protein (%)		Peningkatan (%)	Sumber
	Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi		
<i>Aspergillus niger</i> NRRL 337 ^a	14,19	25,06	76,60	Bintang et al. (1999)
<i>Aspergillus oryzae</i>	13,98	26,33	88,34	Puastuti et al. (2014)
<i>Aspergillus niger</i>	13,98	25,78	84,41	Puastuti et al. (2014)
<i>Trichoderma viride</i>	13,98	23,05	64,88	Puastuti et al. (2014)
<i>Eupenicillium javanicum</i>	16,07	26,27	63,47	Mirawati et al. (2014)
<i>Paenibacillus polymyxa</i> ATCC 842 ^b	13-15	16,77	11,8-29,0	Alshelmani et al. (2014)
<i>Bacillus megaterium</i> ATCC 9885 ^b	13-15	16,61	10,7-27,8	Alshelmani et al. (2014)
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> DSMZ 1067 ^b	13-15	16,47	9,8-26,7	Alshelmani et al. (2014)
<i>Paenibacillus curdolanolyticus</i> DSMZ 10248 ^b	13-15	16,64	10,9-28,0	Alshelmani et al. (2014)

^aKapang; ^bBakteri

Tabel 4. Beberapa kombinasi mikroba yang dapat meningkatkan protein bungkil inti sawit

Kombinasi mikroba	Kadar protein (%)			Sumber
	Sebelum fermentasi	Setelah fermentasi	Peningkatan	
PQ	13-15	16,60	10,67-27,69	Alshelmani et al. (2014)
PR	13-15	16,45	9,67-26,54	Alshelmani et al. (2014)
QS	13-15	16,55	10,33-27,31	Alshelmani et al. (2014)
QRS	13-15	16,57	10,47-27,46	Alshelmani et al. (2014)
Koktail mikroba	21,66	28,68	32,41	Pasaribu (<i>in publish</i>)

P: *P. polymyxa* ATCC 842; Q: *B. megaterium* ATCC 9885; R: *B. amyloliquefaciens* DSMZ 1067; S: *P. curdolanolyticus* DSMZ 10248; Koktail mikroba: Bakteri *B. amyloliquefaciens* dan kapang *T. harzianum*

dan NDF 10,0-14,0% (Sinurat et al. 1998; Supriyati et al. 1998). Fermentasi kelapa sawit selama enam hari dengan menggunakan kapang *Trichoderma reesei* menurunkan serat kasar 33,48% (Lie et al. 2015); 19,59% (Dairo & Fasuyi 2008). Fermentasi BIS selama tujuh hari dengan menggunakan campuran asam humat 100 ppm dan *A. niger* menurunkan serat kasar 11,89% (Mirnawati et al. 2010). Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut di atas bahwa penerapan teknologi fermentasi pada BIS dapat menurunkan serat kasar pada BIS sekitar 12-38%.

Pemberian bungkil inti sawit terfermentasi terhadap performans unggas

Beberapa jenis mikroba yang digunakan dalam fermentasi BIS dan aplikasinya dalam ransum ayam disarikan pada Tabel 5. Secara umum pemberian BIS terfermentasi hingga 24% dalam ransum tidak mengganggu performans ayam, pencernaan nutrisi, morfologi usus, sebaliknya dapat memperbaiki konversi pakan dan mengurangi lemak abdomen. Pada itik yang sedang tumbuh, pemberian BIS terfermentasi hingga 15% tidak berdampak negatif terhadap pertumbuhan, karkas, dan organ dalam (Bintang et al. 1999).

Penambahan enzim untuk peningkatan nutrisi bungkil inti sawit

Manan, galaktomanan, glukomanan (kelompok NSP) merupakan komponen karbohidrat utama dalam BIS yang merupakan kendala pemanfaatan BIS untuk bahan pakan unggas. Selain difermentasi, cara lain untuk menurunkan komponen tersebut adalah dengan cara menambahkan enzim dalam ransum yang mengandung BIS. Enzim yang dapat ditambahkan ke

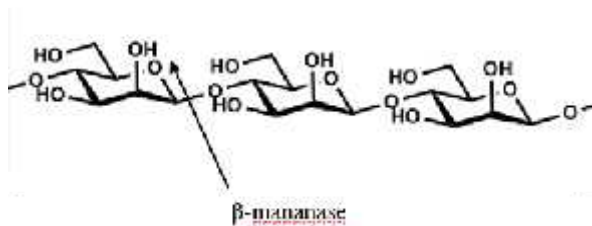
dalam BIS adalah mananase, selulase, hemiselulase dan xilanase (Chen et al. 2013). Enzim pendegradasi manan dapat bersumber dari kapang *Eupenicillium javanicum* (Purwadaria et al. 2003; Pasaribu et al. 2009), *Aspergillus niger*, *Sclerotium rolfsii*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningi* dan *Trichoderma longibrachiatum* (Iluyemi et al. 2006). Ketika membandingkan kedua jenis mikroorganisme dalam memproduksi mananase, Abd-Aziz et al. (2009) melaporkan bahwa *A. niger* lebih baik dibandingkan dengan *S. rolfsii* dalam menghasilkan mananase. Aktivitas mananase dari enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme yang berbeda sangat bervariasi. Enzim BS4 dari *E.javanicum* memiliki aktivitas mananase yang tinggi (460,92 U/ml) (Pasaribu et al. 2009) sedangkan enzim yang diproduksi oleh *Streptomyces cyaneus* dan *Streptomyces violascens* BF3.10 memiliki aktivitas mananase masing-masing 1,706 dan 16,38 U/ml (Seftiono 2017). Sementara bakteri *Bacillus subtilis* memproduksi enzim dengan aktivitas mananase sekitar 37,7 U/ml. Dalam multienzim komersial terdapat campuran beberapa enzim yaitu β -mannanase, xylanase, amylase, protease, cellulase dan β -glucanase. Multienzim ini direkomendasikan dapat dipakai untuk mengurangi kandungan manan dalam bahan pakan, walaupun aktivitas mananase yang diperoleh sangat rendah (0,10 Unit/g). Perbedaan aktivitas mananase yang diproduksi oleh mikroorganisme dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jenis mikroba, substrat atau medium yang digunakan, kondisi lingkungan saat fermentasi berlangsung (pH, suhu, lama inkubasi dan agitasi), cara ekstraksi dan isolasi enzim, proses, serta lama penyimpanan.

Mekanisme mananase dalam mendegradasi manan (Gambar 1) yaitu dengan cara memotong rantai panjang dan linier manan dengan ikatan β -1-4 mannanase dan 1-6 galaktosa dan glukosa sehingga terurai menjadi senyawa sederhana yaitu manosa.

Tabel 5. Pengaruh pemberian bungkil inti sawit terfermentasi pada performans unggas

Inokulan fermentasi	Jumlah pemberian (%)	Pengaruh pada unggas	Sumber
<i>Aspergillus niger</i> NRRL 337	15	Tidak menimbulkan dampak negatif terhadap pertumbuhan, karkas dan organ dalam itik yang sedang tumbuh	Bintang et al. (1999)
<i>Aspergillus niger</i>	5	Memperbaiki FCR 5,9%, menurunkan lemak abdomen hingga 22% pada ayam	Ketaren et al. (1999)
<i>Pleurotus ostreatus</i>	20	Tidak mengganggu performans ayam pedaging	Noferdian (2011)
<i>Aspergillus wentii</i>	10	Memperbaiki FCR 2,5% pada ayam	Muangkeow & Chinajariyawong (2013)
<i>P. polymyxa</i> ATCC 842	15	Tidak berpengaruh pada pencernaan nutrisi, tinggi vili, <i>crypt depth</i> pada ayam	Alshelmani et al. (2016)
<i>Lentinus edodes</i>	24	Pertambahan bobot badan dan FCR tidak berbeda dengan kontrol	Fernando (2017)

FCR: *Feed conversion ratio*/konversi pakan



Gambar 1. Kerja mananase dalam mendegradasi manan

Sumber: Moreira & Filho (2008)

Senyawa sederhana tersebut menjadi lebih mudah dicerna oleh enzim dalam saluran cerna dan kemudian diserap oleh dinding usus sehingga berdampak positif pada pencernaan dan performa ayam. Enzim xilanase bekerja mendegradasi NSP menjadi xilosa dan arabinosa di ileum, yeyunum dan duodenum yang berperan menurunkan viskositas sehingga pencernaan nutrisi meningkat (Zhang et al. 2014) dan berdampak positif pada performans ayam.

Balai Penelitian Ternak sudah memproduksi mananase yang diperoleh dari kapang *E. javanicum* (Pasaribu et al. 2009). Enzim ini diproduksi dalam fermentasi medium padat, yang kemudian diekstrak dalam beberapa tahap sehingga menghasilkan larutan mananase (Yopi et al. 2006). Ketika enzim ini ditambahkan dalam pakan mengandung BIS maka terjadi peningkatan energi metabolisme (ME) dan pencernaan (Chong et al. 2008), meningkatkan nilai *apparent metabolizable energy* (AME) (Sinurat et al. 2014). Selain mananase, penambahan enzim xilanase juga memperbaiki konversi pakan, AME dan meningkatkan daya cerna di ileum (Guo et al. 2014). Enzim selulase secara *in vitro* meningkatkan pencernaan bahan kering dan bahan organik limbah sagu (Zulkarnain et al. 2018), sehingga kemungkinan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas nutrisi BIS. Enzim campuran juga menghasilkan peningkatan nilai nutrisi ME (Abdollahi et al. 2016).

Enzim tunggal atau campuran berpengaruh terhadap performans ayam, sebagai contoh enzim tunggal BS4 yang dicampurkan dalam pakan ayam KUB cukup efektif untuk memperbaiki FCR (Sinurat et al. 2017). Xilanase yang ditambahkan dalam pakan ayam memberikan nilai positif pada bobot badan dan konversi pakan (Zhang et al. 2014). Penambahan enzim hasil ekstrak dari fungi *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride*, *Rhizopus stolonifer* dan *Mucor mucedo*, baik tunggal ataupun multienzim (gabungan antara keempat fungi) dalam pakan ayam pedaging dapat memperbaiki performans dan konversi (Lawal et al. 2010). Penambahan Pokazyme PK516 200g/ton dalam ransum ayam umur 21 hari yang mengandung BIS 8% memperbaiki konversi pakan, sedangkan ransum yang mengandung 16% BIS, meningkatkan penggunaan energi (Abdollahi et al. 2016). Penambahan enzim bisa

dilakukan dengan ditambahkan ke dalam pakan terlebih dahulu, lalu diinkubasi atau dicampur dalam pakan dan langsung diberikan ke ternak (Sharmila et al. 2014). Jadi secara umum penambahan enzim baik tunggal maupun campuran meningkatkan nilai nutrisi sehingga meningkatkan pula pencernaan yang berpengaruh positif pada performans ayam.

PROSPEK PENGEMBANGAN BUNGKIL INTI SAWIT FERMENTASI SEBAGAI BAHAN PAKAN UNGGAS

Perunggasan di Indonesia semakin tahun semakin berkembang, dimana akan membutuhkan pakan yang semakin banyak. Kontribusi biaya pakan mencapai sekitar 60-70% dari biaya total produksi unggas. Kebutuhan terbesar pada unggas adalah energi dan protein dengan sumber utama jagung dan bungkil kedelai. Tingkat harga yang tinggi pada kedua bahan tersebut, mengharuskan mencari alternatif sebagai bahan pengganti yang lebih murah yang berasal dari Indonesia sehingga mampu mengeliminasi biaya. Salah satu komoditas yang punya peluang sebagai bahan pakan unggas adalah hasil samping inti sawit, yaitu BIS.

Jumlah BIS di Indonesia saat ini melimpah karena merupakan hasil samping dari produksi minyak sawit tetapi kebanyakan diekspor karena permintaan yang sangat tinggi dan nilai yang diperoleh sangat menjanjikan. Padahal prospek pengembangan BIS fermentasi sebagai bahan pakan unggas perlu didukung ketersediaan bahan dan teknologi. Dengan adanya teknologi fermentasi dan penambahan enzim yang bisa meningkatkan kualitas nutrisi maka BIS dapat digunakan sebagai bahan pakan unggas. Teknologi fermentasi dapat meningkatkan metabolisme energi, pencernaan dan memperbaiki konversi pakan. Seperti diuraikan di atas bahwa harga bungkil inti sawit 150-200 US dolar/ton, tapi harga BIS setelah difermentasi belum ada studi analisisnya.

Penggunaan BIS sebelum fermentasi bisa hingga 10% pada ternak tertentu, namun setelah difermentasi penggunaannya dapat dinaikkan menjadi 21% pada ayam pedaging dan 25% pada ayam petelur. Dengan kebutuhan pakan unggas sebesar 18,5 juta ton pada tahun 2017, maka BIS terfermentasi dapat dimanfaatkan 1,85-4,63 ton/tahun, artinya ekspor dapat dikurangi atau bahkan dihindari bila ternak ruminan juga menggunakannya hingga 30%. Selain menggantikan jagung, Mirnawati et al. (2012) melaporkan pemakaian BIS yang difermentasi juga bisa menggantikan bungkil kedelai hingga 18% pada ayam pedaging. Oleh sebab itu, teknologi fermentasi perlu disosialisasikan pada peternak unggas atau pelaku usaha industri unggas, sehingga pemanfaatan BIS lebih maksimal dan tidak perlu diekspor.

KESIMPULAN

Dengan teknologi fermentasi, protein bungkil inti sawit meningkat hingga 88% (13-15% menjadi 16-28%) dan serat kasar menurun hingga 28% (17 menjadi 12,21%). Penambahan enzim dapat meningkatkan nilai nutrisi metabolisme energi dari bungkil inti sawit. Bungkil inti sawit setelah fermentasi dapat digunakan hingga 21% pada ayam pedaging dengan respon meningkatkan efisiensi pakan, memperbaiki konversi pakan, menurunkan lemak abdomen dan menggantikan bungkil kedelai hingga 18%. Pada ayam petelur, penggunaan BIS fermentasi dapat mencapai 25%. Melalui teknologi fermentasi dan penambahan enzim pada bungkil inti sawit dapat meningkatkan kualitas bungkil inti sawit sebagai bahan pakan unggas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-Aziz S, Ab-Razak NA, Musa MH, Hassan MA. 2009. Production of mannan-degrading enzymes from *Aspergillus niger* and *Sclerotium rolfsii* using palm kernel cake as carbon source. *Res J Env Sci*. 3:251-256.
- Abdollahi MR, Hosking BJ, Ning D, Ravindran V. 2016. Influence of palm kernel meal inclusion and exogenous enzyme supplementation on growth performance, energy utilization, and nutrient digestibility in young broilers. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 29:539-548.
- Alshelmani MI, Loh TC, Foo HL, Lau WH, Sazili AQ. 2014. Biodegradation of palm kernel cake by cellulolytic and hemicellulolytic bacterial cultures through solid state fermentation. *Sci World J*. 2014:1-8.
- Alshelmani MI, Loh TC, Foo HL, Sazili AQ, Lau WH. 2016. Effect of feeding different levels of palm kernel cake fermented by *Paenibacillus polymyxa* ATCC 842 on nutrient digestibility, intestinal morphology, and gut microflora in broiler chickens. *Anim Feed Sci Technol*. 216:216-224.
- Aman P, Graham H. 1990. Chemical evaluation of polysaccharides in animal feeds. In: Wiseman J, Cole DJA, editors. *Feedstuff evaluation*. Cambridge (UK): University Press. p. 161-177.
- Bintang IAK, Sinurat AP, Murtisari T, Pasaribu T, Purwadaria T, Haryati T. 1999. Penggunaan bungkil inti sawit dan produk fermentasinya dalam ransum itik sedang bertumbuh. *JITV*. 4:179-184.
- Buckle KA, Edwards RA, Fleed GR, Wooton M. 1987. *Ilmu pangan*. Adiono, Purnomo, penyunting. Jakarta (Indonesia): UI Press.
- Carré B. 2002. Carbohydrate chemistry of the feedstuffs used for poultry. *Poultry Feedstuffs: Supply, Composition and Nutritive Value*. McNab J, Boorma N, editors. New York (US): CABI Publishing.
- Chen WL, Liang JB, Jahromi MF, Ho YW, Abdullah N. 2013. Optimization of multi-enzyme production by fungi isolated from palm kernel expeller using response surface methodology. *BioResources*. 8:3844-3857.
- Chenost M, Kayouli C. 1997. *Roughage utilization in warm climates*. Rome (Italy): FAO Animal Production and Health Paper.
- Chin FY. 2002. Utilization of palm kernel cake as feed in Malaysia. *Asian Livest*. 26:19-26.
- Chong CH, Zulkifli I, Blair R. 2008. Effects of dietary inclusion of palm kernel cake and palm oil, and enzyme supplementation on performance of laying hens. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 27:1053-1058.
- Dairo FAS, Fasuyi AO. 2008. Evaluation of fermented palm kernel meal and fermented copra meal proteins as substitute for soybean meal protein in laying hens diets. *J Cent Eur Agric*. 9:35-44.
- Daskiran M, Teeter RG, Fodge D, Hsiao HY. 2004. An evaluation of endo- β -D-mannanase (hemicell) effects on broiler performance and energy use in diets varying in β -mannan content. *Poult Sci*. 83:662-668.
- Ditjenbun. 2017. *Statistik perkebunan Indonesia. Kelapa sawit 2015-2017*. Hendaryati DD, Arianto Y, penyunting. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Ditjen PKH. 2017. *Kumpulan SNI pakan ternak*. Jakarta (Indonesia): Direktorat Pakan Ternak, Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.
- Fan SP, Chia CH, Fang Z, Zakaria S, Chee KL. 2014. Deproteinized palm kernel cake-derived oligosaccharides: A preliminary study. *AIP Conf Proc* 1614. 2014:61-64.
- Fernando G. 2017. Pengaruh penggunaan bungkil inti sawit fermentasi *Lentinus edodes* terhadap performa broiler [Skripsi]. [Padang (Indonesia)]: Universitas Andalas.
- Iluyemi FB, Hanafi MM, Radziah O, Kamarudin MS. 2006. Fungal solid state culture of palm kernel cake. *Bioresour Technol*. 97:477-82.
- GPMT. 2017. *Impor feed wheat bukan pengganti jagung*. Kontan. <https://industri.kontan.co.id/news/gpmt-impor-feed-wheat-bukan-pengganti-jagung>
- Guo S, Liu D, Zhao X, Li C, Guo Y. 2014. Xylanase supplementation of a wheat-based diet improved nutrient digestion and mRNA expression of intestinal nutrient transporters in broiler chickens infected with *Clostridium perfringens*. *Poult Sci*. 93:94-103.
- Kemendag. 2014. *Market brief 2014. Potensi ekspor produk bungkil inti sawit HS 2306 di pasar Thailand*. Jakarta (Indonesia): Office of Commercial Attache Embassy of Republic of Indonesia Bangkok.
- Ketaren PP, Purwadaria T, Sinurat AP, Haryati T. 2012. Effect of fibre hydrolytic enzymes supplementation

- on performances of broiler chickens fed diets containing rice bran. *JITV*. 17:229-233.
- Ketaren PP, Sinurat AP, Zainuddin Z, Purwadaria T, KOMPIANG IP. 1999. Bungkil inti sawit dan produk fermentasinya sebagai pakan ayam pedaging. *JITV*. 4:107-112.
- Lawal TE, Iyayi EA, Adeniyi BA, Adaramoye OA. 2010. Biodegradation of palm kernel cake with multienzyme complexes from fungi and its feeding value for broilers. *IJPS*. 9:695-701.
- 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. hlm. 153-161.
- Mirawati, Djulardi A, Marlida Y. 2014. Improving the quality of palm kernel cake through fermentation by *Eupenicillium javanicum* as poultry ration. *Pakistan J Nutr*. 12:1085-1088.
- Mirawati, Latif SA, KOMPIANG IP. 2012. Respon *broiler* terhadap pemanfaatan bungkil inti sawit fermentasi dalam ransum. *J Embrio*. 5:61-68.
- Mirawati, Rizal Y, Marlida Y, KOMPIANG IP. 2010. The role of humic acid in palm kernel cake fermented by *Aspergillus niger* for poultry ration. *Pakistan J Nutr*. 9:182-185.
- Moreira LRS, Filho EXF. 2008. An overview of mannan structure and mannan-degrading enzyme systems. *Appl Microbiol Biotechnol*. 79:165-178.
- Muangkeow N, Chinajariyawong C. 2013. Diets containing fermented palm kernel meal with *Aspergillus wentii* TISTR 3075 on growth performance and nutrient digestibility of broiler chickens. *Walailak J Sci Technol*. 10:131-147.
- Muchtadi TR. 1989. Teknologi proses pengolahan pangan. Bogor (Indonesia): Institut Pertanian Bogor.
- Noferdiman. 2011. Penggunaan bungkil inti sawit fermentasi oleh jamur *Pleurotus ostreatus* dalam ransum terhadap performans ayam broiler. *J Ilmu-Ilmu Peternakan*. 14:35-43.
- Nuraini, Trisna A. 2006. Respon *broiler* terhadap ransum yang mengandung bungkil inti sawit fermentasi dengan *Penicillium* sp. *J Agri Bisnis Pet*. 2:45-48.
- Pasaribu T. 2010. Evaluasi fisikokimia bungkil inti sawit terfermentasi oleh koktail mikroba. [Tesis]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Pasaribu T, Purwadaria T, Sinurat AP, Rosida J, Saputra DOD. 2001. Evaluasi nilai gizi lumpur sawit hasil fermentasi dengan *Aspergillus niger* pada berbagai perlakuan penyimpanan. *JITV*. 6:224-229.
- Pasaribu T, Sinurat AP, Purwadaria T, Ketaren P. 2009. Peningkatan nilai gizi *solid heavy phase* sebagai pengganti jagung dalam pakan unggas. *JITV*. 3:167-176.
- Perez JF, Gernat AG, Murillo JG. 2000. The effect of different levels of palm kernel meal in layer diets. *Poult Sci*. 79:77-79.
- Prescott LM, Harley JP, Klein DA. 2004. Microbiology. 6th ed. New York (US): McGraw-Hill Science
- Puastuti W, Yulistiani D, Susana IWR. 2014. Evaluasi nilai nutrisi bungkil inti sawit yang difermentasi dengan kapang sebagai sumber protein ruminansia. *JITV*. 19:143-151.
- Purwadaria T, Haryati T, Frederick E, Tangendjaja B. 2003. Optimasi produksi β -mannanase pada kultur terendam *Eupenicillium javanicum* serta penentuan karakterisasi pH dan suhu enzim. *JITV*. 8:46-54.
- Sae-Lee N. 2011. The production of fungal mannanase, cellulase and xylanase using palm kernel meal as a substrate. *Walailak J Sci Technol*. 4:67-82.
- Saenphoom P, Liang JB, Ho YW, Loh TC, Rosfarizan M. 2013. Effects of enzyme treated palm kernel expeller on metabolizable energy, growth performance, villus height and digesta viscosity in broiler chickens. *Asian-Australasian J Anim Sci*. 26:537-544.
- Sari L, Purwadaria T. 2004. Pengkajian nilai gizi hasil fermentasi mutan *Aspergillus niger* pada substrat bungkil kelapa dan bungkil inti sawit. *Biodiversitas*. 5:48-51.
- Seftiono H. 2017. Penentuan aktivitas enzim mananase dari berbagai mikroorganisme di Indonesia dan peranannya dalam bidang pangan: Kajian Pustaka. *Agrointek*. 11:14-20.
- Sharmila A, Alimon AR, Azhar K, Noor H., Samsudin AA. 2014. Improving nutritional values of palm kernel cake (PKC) as poultry feeds: A review. *Malaysian J Anim Sci*. 17:1-18.
- Sihite M, Pakpahan P. 2015. Pengaruh pemberian probiotik campuran *Streptococcus thermophilus* dan *Bacillus cereus* dalam air minum terhadap bobot badan dan pertambahan bobot badan mingguan itik Magelang jantan. *J Ilmu-Ilmu Peternakan*. 18:8-13.
- Sindu A. 1999. Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai pakan ternak. *J Sains Teknol*. 1:82-86.
- Sinurat AP, Hidayat C, Haryati T, Wardhani T, Sartika T. 2017. Pemberian enzim BS4 untuk meningkatkan performa ayam KUB masa pertumbuhan. Dalam: Puastuti W, Muharsini S, Inounu I, Tiesnamurti B, Kusumaningtyas E, Wina E, Herawati T, Hartati, Hutasoit R, penyunting. Teknologi Peternakan dan Veteriner Mendukung Diversifikasi Sumber Protein Asal Ternak. Prosiding Seminar Nasional Teknologi

- Peternakan dan Veteriner. Bogor, 8-9 Agustus 2017. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 400-406.
- Sinurat AP, Purwadaria T, Habibie A, Pasaribu T, Hamid H, Rosida J, Haryati T, Sutikno I. 1998. Nilai gizi bungkil kelapa terfermentasi dalam ransum itik petelur dengan kadar fosfor yang berbeda. JITV. 3:15-21.
- Sinurat AP, Purwadaria T, Haryati T. 2016. Pengujian efektivitas enzim BS4 terhadap performan ayam petelur yang diberi jenis bahan pakan yang berbeda. JITV. 21:1-8.
- Sinurat AP, Purwadaria T, Ketaren PP, Pasaribu T. 2014. Substitution of soybeanmeal with enriched palm kernel meal in laying hens diet. JITV. 19:184-192.
- Sinurat AP, Purwadaria T, Pasaribu T. 2013. Peningkatan nilai gizi bungkil inti sawit dengan pengurangan cangkang dan penambahan enzim. JITV. 18:34-41.
- Stansbury PF, Whitaker A, Hall SJ. 1997. Principles of fermentation technology. Oxford (UK): Pergamon Press.
- Sukaryana Y, Atmomarsono U, Yudianto VD, Supriyatna E. 2010. Bioconversions of palm kernel cake and rice bran mixtures by *Trichoderma viride* toward nutritional contents. J Sci Eng. 1:27-32.
- Supriyati, Pasaribu T, Hamid H, Sinurat AP. 1998. Solid state fermentation of palm kernel meal by using *Aspergillus niger*. JITV. 3:165-170.
- Tannenbaum. 1985. Non photosyntetic single cell protein. In: Protein Resources and Technology. Status and Research Needs. AVI Publishing Company.
- Yopi, Purnawan A, Thontowi A, Hermansyah H, Wijanarko A. 2006. Preparasi mannan dan mannanase kasar dari bungkil kelapa sawit. J Teknol. 4:312-319.
- Zhang L, Xu J, Lei L, Jiang Y, Gao F, Zhou GH. 2014. Effects of xylanase supplementation on growth performance, nutrient digestibility and non-starch polysaccharide degradation in different sections of the gastrointestinal tract of broilers fed wheat-Based diets. Asian-Australasian J Anim Sci. 27:855-861.
- Zulkarnain D. 2018. Evaluasi potensi ampas sagu (*Metroxylon* sp) yang ditambahkan enzim selulase sebagai sumber pakan lokal ayam *broiler* [Disertasi]. [Yogyakarta (Indonesia)]: Universitas Gajah Mada.

Sumber Daya Genetik Entok (*Cairina moschata*): Profil dan Potensi Produksi sebagai Penghasil Daging

(Genetic Resource of Muscovy Duck (*Cairina moschata*): Profile and Potential Production as Meat Producer)

Mohammad Hasil Tamzil

Laboratorium Produksi Ternak Unggas, Fakultas Peternakan, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No. 62, Mataram, Lombok, Nusa Tenggara Barat, 83125 Indonesia
emhatamsil@yahoo.com

(Diterima 18 Mei 2018 – Direvisi 16 Agustus 2018 – Disetujui 4 September 2018)

ABSTRACT

Muscovy duck is a type of waterfowl that has a relatively better growth and carcass percentage compared to ducks. Duck meat has high-quality because of its low fat and savory flavor. Muscovy duck is relatively resistant to the disease and is able to use low-quality feed, but has the disadvantage of low egg production. The development of Muscovy duck as a producer of meat can be done through two approaches, namely the long-term and short-term. The long-term approach is carried out by selecting Muscovy duck which has high growth rate and high meat quality. The selection can be done in two ways, namely directly on the nature of growth and the quality of meat, and indirectly by choosing a marker of growth (morphology, biochemistry or diversity of DNA/ RNA). Short-term approach can be done by bringing in superior Muscovy duck from the outside to be developed by farmers and crossing male Muscovy duck with the layer Indian Runner ducks to produce Serati ducks.

Key words: Muscovy ducks, growth, meat quality, selection, Mule ducks

ABSTRAK

Entok merupakan jenis unggas air yang memiliki pertumbuhan dan persentase karkas yang relatif lebih baik dibandingkan dengan itik. Daging entok berkualitas tinggi karena berlemak rendah dengan rasa yang gurih. Entok relatif tahan terhadap serangan penyakit dan mampu menggunakan pakan berkualitas rendah, namun memiliki kelemahan berupa produksi telur yang rendah. Pengembangan entok sebagai penghasil daging dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu pendekatan jangka panjang dan jangka pendek. Pendekatan jangka panjang dilakukan dengan seleksi entok yang mempunyai pertumbuhan dan kualitas daging tinggi. Seleksi tersebut dapat dilakukan melalui dua cara, yaitu secara langsung terhadap sifat pertumbuhan dan kualitas daging. Secara tidak langsung yaitu dengan memilih penanda pertumbuhan (morfologi, biokimia atau keragaman DNA/RNA). Pendekatan jangka pendek dapat dilakukan dengan cara mendatangkan entok unggul dari luar untuk dikembangkan oleh peternak dan menyilangkan entok jantan dengan induk itik *Indian Runner* (petelur) untuk menghasilkan itik Serati.

Kata kunci: Entok, pertumbuhan, kualitas daging, seleksi, itik Serati

PENDAHULUAN

Entok (*Cairina moschata*) merupakan salah satu jenis ternak unggas domestik yang mempunyai peranan cukup besar sebagai unggas penghasil daging. Data statistik Kementerian Pertanian Republik Indonesia mencatat bahwa produksi daging entok pada tahun 2013 mencapai angka 4 ton. Produksinya meningkat dari tahun ke tahun dan pada tahun 2017 mencapai angka 5,6 ton (Kementan 2017). Bila dibandingkan dengan kemampuan produksi daging jenis aneka ternak unggas yang lain, secara nasional produksi daging entok jauh lebih tinggi dibandingkan dengan produksi daging burung merpati dan burung puyuh yang hanya

mencapai angka 0,3 dan 0,9 ton, namun lebih rendah dibandingkan dengan produksi daging ayam buras dan itik yang masing-masing mencapai angka 295,2 dan 43,2 ton.

Pengembangan entok sebagai penghasil daging mempunyai prospek yang sangat baik, karena entok mempunyai laju pertumbuhan dan bobot karkas yang lebih baik dibandingkan dengan jenis itik yang lain (Steklenev 1990; Solomon et al. 2006). Daging entok dikenal sebagai daging berkualitas tinggi karena mengandung kadar lemak rendah dan dengan cita rasa yang gurih dan spesifik (Bakrie et al. 2003; Damayanti 2006; Solomon et al. 2006). Penampilan daging entok dengan kulit berwarna kekuning-kuningan merupakan

pelengkap daya tarik sebagai daging unggas dengan kelezatan yang istimewa (Szasz 2003). Di samping itu, entok termasuk salah satu unggas yang toleran pada pakan berkualitas rendah dan relatif tahan terhadap serangan penyakit (Anwar 2005).

Kelebihan lain entok adalah dagingnya diterima oleh semua agama serta sudah dikenal dan diterima masyarakat sebagai penghasil daging dan penyedia jasa pengeraman telur itik (Tamzil 2017). Ukuran tubuhnya yang lebar dan dalam menyebabkan entok mampu mengerami telur dalam jumlah lebih banyak dibandingkan dengan kemampuan ayam kampung.

Oleh sebab itu, pengembangan plasma nutfah entok sebagai penghasil daging tidak akan mendapatkan hambatan karena secara sosial ekonomi menguntungkan, secara sosial budaya diterima masyarakat dan secara teknis dapat diterapkan masyarakat karena menggunakan teknologi sederhana. Oleh sebab itu, entok dapat dikembangkan sebagai ternak penghasil daging dalam upaya mengurangi ketergantungan pada daging sapi yang selama ini belum bisa terpenuhi oleh produksi dalam negeri. Makalah ini akan membahas keberadaan entok sebagai unggas air penghasil daging, informasi keragaman, performans produksi, potensi produksi dan strategi-

strategi untuk meningkatkan populasi, serta produksi daging.

ASAL USUL ENTOK

Entok diperkirakan berasal dari Amerika Tengah dan Selatan, yang didomestikasi oleh bangsa Colombia dan Peru (Cherry & Morris 2008) dan sekarang sudah ditemukan hampir di seluruh belahan dunia terutama di daerah tropis (Wójcik & Smalec 2008). Di Indonesia, entok menyebar merata di seluruh daerah, terutama di daerah pertanian dari dataran rendah sampai dataran tinggi (Tamzil 2008). Dalam bahasa Inggris, entok disebut *Muscovy duck*, nama yang diambil dari kata nama wilayah Moscow, tempat diperkenalkan pertama kali sebelum diperkenalkan di Eropa Barat (Holderread 2001). Entok masuk ke Indonesia melalui Manila-Filipina sehingga dikenal dengan nama itik Manila dan selanjutnya berkembang baik sebagai ternak lokal Indonesia (Ayuningtyas 2017). Belum diperoleh informasi waktu plasma nutfah pendatang tersebut masuk ke Indonesia. Entok (*Cairina moschata*) dan itik (*Anas platyrinchos-platyrinchos*) tergolong unggas air, namun ada beberapa perbedaan antara entok dan ternak itik, seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan antara entok dan itik

Komponen	Itik	Entok
Sistematika ¹		
Genus	<i>Anatini</i>	<i>Cairina</i>
Subfamili	<i>Anatinae</i>	<i>Cairinini</i>
Famili	<i>Anatidae</i>	<i>Anatidae</i>
Sifat mengeram dan mengasuh anak ¹		
Dalam keadaan liar	Induk mempunyai sifat mengeram dan mengasuh anak	Induk mempunyai sifat mengeram dan mengasuh anak
Setelah domestikasi	Sifat mengeram dan mengasuh anak hilang	Induk mempunyai sifat mengeram dan mengasuh anak
Lama pengeraman telur ¹	28 hari	35 hari
Suara ²	Bersuara keras	Hanya mendesis
Bulu ekor jantan (<i>sex feathers</i>) ²	Memiliki beberapa helai <i>sex feathers</i> yang mencuat ke atas di ujung ekor	Tidak memiliki <i>sex feathers</i>
Kecenderungan tempat hidup ²	sangat menyukai air	cenderung lebih suka hidup di daratan
Sifat terbang ²	tidak bisa terbang	terkadang dapat terbang tinggi
Kromosom ^{3, 4}	Jumlah kromosom diploid 80 pada yang jantan dan 79 pada betina, 39 pasang autosom dan elemen-elemen seks Z-W. Dua dari kromosom tersebut tidak memiliki pasangan homolog	Jumlah kromosom 80, 3 pasang makrokromosom, 36 pasang mikrokromosom dan sepasang kromosom seks. Dua pasang makrokromosom terbesar submetasentrik dan semua kromosom lainnya <i>acrocentric</i> atau mungkin <i>telocentric</i>
Pemanfaatan setelah domestikasi ¹	Berkembang menjadi dua tipe, yaitu pedaging dan petelur	Hanya berkembang sebagai tipe pedaging

Sumber: ¹Tamzil (2017); ²Downs et al. (2017); ³Wójcik & Smalec (2008); ⁴Diego & Heredia (2008)

KARAKTERISTIK FENOTIPIK ENTOK

Warna bulu dan kulit

Secara umum warna bulu entok yang diperoleh dari laporan beberapa peneliti adalah hitam, putih dan campuran antar keduanya dengan frekuensi yang beragam. Huang et al. (2012) melaporkan bahwa warna bulu entok domestik sangat beragam, yaitu warna hitam-putih, biru, biru-putih, coklat, coklat-putih, putih, hitam, hitam-putih, lembayung muda dan calical (warna kusam, kotor dan tidak mengkilat). Variasi yang lebih kecil dilaporkan oleh Raji et al. (2009) yang mendapatkan bahwa bulu entok di bagian Utara Nigeria sebanyak 36,9% berwarna-warni, 30,6% berwarna putih, 6,4% berwarna hitam dan 26,1% berwarna hitam-putih. Hassan & Mohammed (2003) melaporkan bahwa warna bulu entok yang diamati hanya sebagian kecil saja berwarna putih. Chia & Momoh (2012) mendapatkan frekuensi warna entok putih lebih rendah yaitu 30,33%, selebihnya berwarna hitam. Tamzil et al. (2018) mendapatkan bahwa pada entok betina warna bulu putih lebih dominan dibandingkan dengan warna hitam total-totol putih, dengan frekuensi masing-masing 62 dan 38%, sedangkan pada entok jantan warna putih-hitam total-totol putih diperoleh frekuensi yang berimbang (50:50). Warna bulu entok yang cukup variatif dilaporkan juga oleh Oguntunji & Ayorinde (2014), yaitu dari 1.020 ekor entok dari berbagai daerah di Nigeria didapatkan bahwa warna hitam-putih (total-totol) merupakan warna bulu dengan frekuensi tertinggi (45%), selanjutnya diikuti oleh warna hitam, putih, putih kecokelatan dan biru, masing-masing dengan frekuensi 34; 10; 9,71 dan 0,39%.

Variasi warna kulit entok juga memperlihatkan fenomena yang sama dengan warna bulu. Tamzil et al. (2018) mendapatkan warna kulit entok jantan dan betina didominasi oleh warna putih kemerahan. Warna kulit pada entok jantan lebih variatif dibandingkan dengan entok betina. Entok jantan memiliki empat variasi warna, yaitu warna putih kemerahan sebagai warna dengan frekuensi tertinggi, berikutnya diikuti oleh warna putih, putih kekuningan dan warna merah kekuningan (warna dengan frekuensi terendah). Hasil penelitian ini lebih variatif dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya (FAO 2009a; 2009b). FAO (2009a) melaporkan bahwa entok Indonesia dan Kamboja memiliki warna kulit putih, sementara di Mesir selain warna putih juga didapat warna kulit kuning dengan frekuensi paling rendah (11,54%) (FAO 2009b). Diperkirakan bahwa warna putih kemerahan seperti yang dilaporkan Tamzil et al. (2018) oleh FAO (2009a) dimasukkan ke dalam kategori warna putih, demikian pula halnya warna putih kekuningan dan warna merah kekuningan yang dilaporkan Tamzil et al.

(2018) oleh FAO (2009b) dimasukkan ke dalam kategori warna kuning. Warna kulit ditentukan oleh xantofil dan melanin dan efek gabungan dari keduanya menghasilkan variasi fenotipe warna kulit. Begitu pula warna kuning dipengaruhi oleh jumlah karotenoid, terutama xantofil dalam pakan (Oguntunji & Ayorinde 2014).

Disamping terjadi variasi warna pada bulu dan kulit, juga terjadi variasi warna pada *shank*. Hasil pengamatan pada entok di Nigeria (Oguntunji & Ayorinde 2014) menunjukkan sebanyak 50% dari populasi yang diamati mempunyai warna *shank* kuning selebihnya berwarna hitam (32,75%), hitam bernoda putih (14,51%) dan abu (2,75%). Tamzil et al. (2018) melakukan pengamatan di Pulau Lombok mendapatkan entok jantan 50% *shank*-nya berwarna kuning dan 50% berwarna hitam dengan selaput renang berwarna kuning, sedangkan pada warna *shank* entok betina lebih bervariasi, yaitu 50% berwarna kuning, 40% berwarna hitam dengan selaput renang berwarna kuning dan selebihnya (10%) memiliki *shank* berwarna hitam dengan selaput renang berwarna hitam.

Ukuran tubuh

Informasi ukuran tubuh entok cukup beragam, namun pada entok berlaku dimorfisme seksual (Tabel 2), yaitu bobot badan jantan lebih besar dibandingkan bobot betina. Sebagai perbandingan bobot badan entok jantan adalah $3.622 \pm 342,41$ g sedangkan bobot badan entok betina adalah $2.493 \pm 413,70$ g (Tamzil et al. 2018), sedangkan hasil pengukuran Oguntunji & Ayorinde (2014) mendapatkan bobot badan yang lebih rendah, yaitu 2.640 ± 370 g untuk entok jantan dan 1.600 ± 250 g untuk entok betina.

Bobot badan entok dapat diprediksi tanpa harus melakukan penimbangan bobot badan, yaitu menggunakan pendekatan morfometrik, yaitu dengan melakukan pengukuran morfologis panjang tubuh (Suparyanto et al. 2004). Pengukuran morfometrik juga dapat dipergunakan dalam seleksi dan persilangan antara *breed* dan jenis ternak (Sumantri et al. 2007; Setiaji & Kurnianto 2012; Kurnianto et al. 2013). Manfaatnya adalah untuk mendapatkan informasi dasar induk entok yang berotot sebagai sumber daging (Johari et al. 2013).

Karakter warna bulu pada entok berpengaruh pada bobot badan (Raji et al. 2009), yaitu warna bulu warna warni mempunyai bobot badan terbesar yaitu 2,64 kg, kemudian diikuti oleh warna hitam, putih, putih hitam, masing-masing dengan bobot badan 2,05; 2,12 dan 1,92 kg. Perbedaan bobot badan tersebut diikuti oleh perbedaan ukuran bagian tubuh seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 2. Bobot badan dan ukuran beberapa bagian tubuh entok berbulu putih saat masak kelamin (Mean±SD)

Ukuran tubuh	Jenis kelamin	
	Betina	Jantan
Bobot badan (g)	1.838,76±22,09	3.243,24±15,39
Panjang maksila (mm)	52,42±2,68	61,96±4,66
Panjang leher (mm)	191,90±11,11	237,00±12,25
Lingkar leher (mm)	17,90±2,46	24,88±2,24
Panjang tubuh (mm)	193,61±11,21	239,80±18,62
Lingkar dada (mm)	307,60±22,73	383,20±23,36
Panjang dada (mm)	96,21±5,67	118,36±8,82
Panjang sayap (mm)	266,67±42,72	336,40±28,27
Panjang tibia (mm)	97,99±8,94	121,12±7,29
Panjang paha (mm)	49,23±3,00	59,56±3,47

Sumber: Susanti et al. (2016)

Tabel 3. Ukuran tubuh entok pada warna bulu yang berbeda (Mean±SD) (cm)

Variabel	Warna bulu			
	Hitam	Warna-warni	Putih-hitam	Putih
Panjang metatarsus	5,98±0,06	6,92±0,09	5,98±0,06	5,76±0,06
Lingkar metatarsus	5,37±0,05	6,12±0,07	5,31±0,05	5,12±0,06
Panjang paha	8,66±0,02	11,07±0,99	8,77±0,13	8,14±0,13
Lingkar paha	10,40±0,10	11,77±0,19	10,79±0,11	10,39±0,13
Dalam dada	35,01±0,28	40,20±0,45	36,06±0,33	35,24±0,33
Lebar dada	13,96±0,07	14,71±0,11	14,03±0,08	13,71±0,08
Panjang tubuh	52,78±0,38	59,74±0,30	51,87±0,44	50,30±0,46
Panjang paruh	5,47±0,03	5,96±0,03	5,46±0,03	5,34±0,04
Panjang sayap	27,40±0,20	31,02±0,27	27,46±0,24	26,66±0,26

Sumber: Raji et al. (2009)

Begitu pentingnya persoalan morfometrik ini sehingga “Rencana Aksi Global untuk Sumber Daya Genetik Hewan” menekankan pada keharusan pemahaman yang baik tentang karakteristik *breed* untuk memandu pengambilan keputusan dalam program pengembangan dan pemuliaan ternak (FAO 2007; 2011).

PRODUKTIVITAS ENTOK

Di Eropa, terutama di Perancis pemeliharaan entok dilakukan secara intensif dengan tetap mempertimbangkan kesejahteraan (*animal welfare*) ternak (Rodenburg et al. 2005). Pada sistem pemeliharaan ini kepadatan kandang diatur sedemikian rupa, karena kepadatan kandang dan kepadatan kelompok dapat mempengaruhi kinerja produksi dan kenyamanan ternak. Penggunaan kandang dengan kepadatan kandang delapan ekor per meter persegi

berpengaruh negatif pada pertumbuhan, kerusakan bulu dan kualitas produk (daging) dibandingkan dengan kepadatan 5, 6 dan 7 ekor/m² (De Buissonje 2001). Oleh sebab itu, dalam upaya meningkatkan efisiensi penggunaan kandang direkomendasikan memanipulasi kepadatan kelompok (*flock size*), yaitu dalam satu kelompok dapat ditempati oleh 225-360 ekor (De Buissonje 2001). Uji kepadatan kandang 7, 9 dan 11 ekor/m² didapatkan kepadatan sembilan ekor/m² adalah terbaik untuk menghasilkan pertumbuhan dan kualitas produk (daging) terbaik dan kerusakan bulu terendah (Baeza et al. 2003). Fenomena ini disebabkan karena kepadatan yang rendah (7 ekor/m²) berpengaruh pada penurunan efisiensi kandang, sedangkan kepadatan yang terlalu tinggi (11 ekor/m²) menyebabkan entok berdesak-desakan berebutan pakan sehingga menjadi *stressor* potensial untuk menurunkan pertumbuhan dan kualitas daging; disamping akan menyebabkan terjadinya dermatitis, dada tergores yang selanjutnya

menyebabkan penurunan kualitas karkas (Wu et al. 2014). Kepadatan kandang juga mempengaruhi kebersihan bulu (Bilsing et al. 1992), karena kepadatan kandang yang terlalu tinggi (11,6 ekor/m²) menyebabkan gangguan serius pada bulu. Di Jerman, budidaya entok dilakukan dalam kandang *litter* dengan kepadatan 9 dan 5 ekor/m² pada kandang yang tidak menggunakan *litter*; kepadatan yang sama (9 ekor/m²) juga diterapkan di Perancis (Rodenburg et al. 2005). Perbedaan kepadatan ideal pada kedua jenis lantai kandang ini (dengan dan tanpa *litter*) disebabkan karena sifat kanibal pada entok yang suka mematuk bulu sesama dapat dialihkan ke mematuk bahan *litter*, sehingga kandang yang dilengkapi dengan *litter* mempunyai daya tampung lebih tinggi dibandingkan dengan kandang tanpa *litter* (Leipoldt 1992; Ruis et al. 2003).

Di Indonesia, entok berkembang pada peternak kecil dengan pola pemeliharaan ekstensif dan semi intensif (Tamzil 2008). Pemeliharaan secara ekstensif adalah pola pemeliharaan dengan cara entok dibiarkan berkeliaran pada siang dan malam hari tanpa dikandangkan, hanya diberi pakan tambahan berupa sisa-sisa dapur dan dedak. Pemeliharaan secara semi intensif adalah pemeliharaan yang dilakukan dengan cara ternak dibiarkan berkeliaran pada siang hari di sekitar pekarangan rumah, sedangkan pada malam hari dimasukkan ke dalam kandang dengan pemberian pakan dari sisa dapur dan limbah pertanian, seperti dedak padi. Dengan pola pemeliharaan seperti ini, entok cukup membantu sebagai penunjang ketahanan pangan keluarga (Pingel 2009), bahkan merupakan sumber pangan untuk kegiatan penerimaan tamu dan acara keluarga (Tamzil 2008).

Salah satu faktor yang mempengaruhi bobot badan entok adalah habitat tempat pemeliharaan. Entok dari daerah pertanian beriklim basah (curah hujan tinggi) memiliki ukuran lebih besar dibandingkan dengan entok dari daerah beriklim kering (savana). Gambaran tentang performans entok yang berasal dari dua habitat yang berbeda tersebut disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbedaan ukuran tubuh entok yang berasal dari daerah beriklim basah (daerah pertanian) dan daerah beriklim kering (savana)

Ukuran bagian tubuh	Asal	
	Daerah beriklim basah (pertanian)	Daerah beriklim kering (savana)
Bobot badan (kg)	2,2±0,05	2,0±0,05
Panjang kaki (cm)	5,5±0,09	4,3±0,05
Lingkar paha (cm)	8,6±0,18	7,5±0,15
Panjang leher (cm)	16,0±0,18	14,1±0,24

Sumber: Yakubu et al. (2011)

Di samping itu, kinerja pertumbuhan dan bobot karkas entok juga dipengaruhi oleh sistem pemeliharaan. Bobot badan entok yang dipelihara secara intensif lebih baik dibandingkan dengan entok yang dipelihara secara semi intensif (Etuk et al. 2006). Hasil penelitian tentang pertumbuhan entok umur delapan minggu yang dipelihara secara intensif menggunakan pakan serasi disajikan pada Tabel 5 (komposisi pakan) dan Tabel 6 (performans entok).

Tabel 5. Komposisi minimal nilai nutrisi pakan

Nutrien	Fase pemeliharaan	
	Starter	Grower/Finisher
ME (kkal/kg)	2900	2950
Protein (%)	21,0	16,05
Lemak kasar (%)	3,50	4,00
Serat kasar (%)	6,00	6,00
Kalsium (Ca) (%)	0,65	0,60
Fosfor (P) (%)	0,40	0,30
Sodium (Na) (%)	0,15	0,15
Selenium (Se) ppm	0,30	0,30
Vitamin A (IU/kg)	8000	8000
Vitamin D (IU/kg)	1800	1800
Vitamin E (IU/kg)	15	15

Sumber: Solomon et al. (2006)

Tabel 6. Konsumsi pakan dan performans pertumbuhan ternak entok umur 10 minggu

	Jenis kelamin	
	Jantan	Betina
Konsumsi pakan (kg)	5,34	3,97
Bobot badan (kg/ekor)	2,32	1,76
Pertambahan bobot badan (g)	1.020,80	774,40

Sumber: Solomon et al. (2006)

Rata-rata bobot hidup entok pada umur 10 minggu sebesar 2,29 kg/ekor (Steklenev 1990), lebih kecil dari rata-rata bobot hidup itik Pekin pada umur yang sama yaitu 2,93 kg/ekor (Solomon et al. 2006). Larzul et al. (2006) melaporkan hal sebaliknya, yaitu semenjak umur enam minggu entok tumbuh lebih baik dibandingkan dengan Hinny, itik Serati, itik Pekin dan itik *Indian Runner* (petelur) seperti terlihat pada Tabel 7.

Keunggulan lain dari entok adalah menghasilkan bobot karkas dan daging dada lebih tinggi dibandingkan dengan itik Pekin (Solomon et al. 2006), itik Serati (Bakrie et al. 2003; Larzul et al. 2006) dan itik *Indian Runner* (Tamzil et al. 1999). Dilaporkan juga bahwa konversi pakan entok jauh lebih baik

dibandingkan dengan konversi pakan itik Pekin. Disamping itu, entok mempunyai bobot bulu dan organ dalam lebih kecil dibandingkan dengan bobot bulu dan organ dalam itik Pekin (Loung et al. 1995).

Tabel 7. Komparasi bobot badan antara entok, Hinny, itik Serati, itik Pekin dan itik *Indian Runner* (IR) (g)

Umur (minggu)	Entok	Hinny	Itik Serati	Itik Pekin	Itik IR*
6	2.785	2.470	2.353	1.835	1.047
11	4.366	3.527	3.442	2.508	1.304
13	4.837	3.849	3.719	2.645	1.337
15	6.520	5.714	5.774	4.095	1.380

Hinny: Jantan itik, induk entok; Itik Serati: Jantan entok, induk itik.

Sumber: *Tamzil et al. (1999); Larzul et al. (2006)

Entok jantan tumbuh lebih cepat dengan konversi pakan lebih baik dibandingkan dengan entok betina (Huang et al. 2012). Rata-rata bobot badan entok jantan umur 4 dan 10 minggu adalah $324,49 \pm 23,86$ dan $1223,5 \pm 71,99$ g (Arifah et al. 2013), sedangkan bobot badan entok jantan dewasa dapat mencapai 4,6-6,8 kg dan untuk yang betina 2,7-3,6 kg, ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan bobot badan itik Pekin pada umur yang sama, yaitu antara 4-4,5 kg (Tungka & Budiana 2004). Persentase bobot karkas entok yang dipotong umur 12 minggu dapat mencapai 70,38%, lebih besar dibandingkan dengan persentase karkas itik Pekin yaitu 67,64% (Galal et al. 2011). Sementara itu, Daud et al. (2016) melaporkan bahwa dari bobot karkas sebesar 870 g, merupakan persentase bobot karkas sebesar 55,1%, yang selanjutnya terurai menjadi 180 g bobot dada, 180 g bobot paha dan 146 g bobot sayap. Kualitas daging entok lebih baik dibandingkan dengan daging itik, mirip daging anak sapi dengan otot yang bagus, tanpa lemak, dengan *flavor* yang gurih dan unik (Bakrie et al. 2003; Damayanti 2006; Solomon et al. 2006).

Mengurangi asupan nutrisi dengan perlakuan pembatasan pemberian pakan ternyata menurunkan bobot badan entok (Ayuningtyas 2017). Bobot badan entok yang diberi pakan *ad libitum* adalah $1.646,45 \pm 105,55$ g, pada entok yang mendapat pakan terbatas 20 dan 40% dari *ad libitum*, berat badan entok masing-masing menurun menjadi $1.499,91 \pm 82,32$ dan $1.205,10 \pm 102,06$ g.

PROGRAM SELEKSI DAN PERKAWINAN UNTUK MENINGKATKAN PERAN ENTOK SEBAGAI PENGHASIL DAGING

Dari informasi bobot badan entok hasil pengamatan beberapa peneliti diketahui bahwa bobot badan dan produksi telur entok sangat beragam. Adanya keragaman ini memberi peluang untuk dilakukan seleksi ke arah jenis entok dengan bobot badan yang tinggi. Seleksi dapat dilakukan secara langsung atau tidak langsung. Seleksi secara langsung adalah seleksi terhadap sifat pertumbuhan dan kualitas daging, sedangkan seleksi secara tidak langsung adalah seleksi sifat berdasarkan penanda (morfologi, biokimia atau keragaman DNA/RNA) terkait dengan sifat pertumbuhan dan kualitas daging. Seleksi yang kedua ini dikenal dengan nama *marker-assisted selection* (MAS) (Rosyara 2006).

Pelaksanaan seleksi ke arah produksi daging entok secara langsung telah dilakukan oleh Drouilhet et al. (2014). Pengamatan dilakukan pada tiga generasi terhadap 227 entok jantan dan 2.016 ekor betina pada setiap generasi mulai dari generasi 0 (G0) sampai dengan generasi kedua (G2). Dari kegiatan seleksi tersebut berhasil ditemukan jenis entok dengan tingkat efisiensi pakan tinggi. Artinya adalah diperolehnya jenis entok dengan konsumsi pakan rendah namun tidak mengganggu pertumbuhan. Pelaksanaan seleksi menggunakan pendekatan warna bulu (Ismoyowati et al. 2018) mendapatkan bahwa pada entok didapatkan keragaman gen *melanocortin-1 receptor* (MC1R), yaitu gen yang bertanggung jawab pada warna bulu. Didapatkan bahwa entok dengan bulu kombinasi warna putih-hitam (genotipe GG) memiliki bobot badan lebih tinggi dibandingkan dengan warna yang lain. Penelitian tersebut juga melaporkan bahwa ukuran panjang leher dapat dipergunakan untuk memprediksi bobot badan entok. Dengan demikian entok dengan warna putih-hitam dan berleher panjang dapat dipilih sebagai *grand parent stock* untuk diseleksi secara bertahap dalam upaya mendapat entok pedaging komersial.

Melalui MAS telah teridentifikasi gen atau *marker* yang terkait dengan sifat pertumbuhan, karkas, daging dan sifat reproduksi ternak itik Taisya (Chang et al. 2012), babi (Dvořáková et al. 2012), ayam (Bhattacharya & Chatterjee 2013) dan sapi (Huang et al. 2013). Keragaman *growth hormone gene* (gen GH) pada intron 2 dalam hubungannya dengan beberapa sifat morfologi (berat badan, panjang punggung sampai

leher, panjang tubuh, lingkaran dada, panjang tulang dada dan panjang *shank*) telah dilaporkan pada itik Pekin, entok dan itik liar dan didapatkan bahwa gen GH pada intron 2 bersifat polimorfik pada itik Pekin strain AF 51, namun monomorfik pada ternak entok, sehingga pada itik Pekin genotipe GH/TT dapat dipergunakan sebagai *marker* bobot badan (Mazurowski et al. 2015). Penelitian pada lima *single nucleotide polymorphisms* (SNP) *5'-flanking regions growth hormone* (GH), *prolactin* (PRL) dan *pituitary-specific transcription factor* (Pit-1) *genes*, menyimpulkan bahwa terdapat empat SNP yang dapat dipergunakan sebagai *marker* untuk meningkatkan produksi telur entok (Zhang et al. 2015). Penelitian lain Wu et al. (2014) mendapatkan SNP gen GH di intron 3 yaitu g.3270 AG. Frekuensi alel A dan alel G dalam populasi adalah 0,65 dan 0,35. Genotipe AA menghasilkan produksi telur lebih tinggi dibandingkan dengan genotipe GG pada umur 300 hari. Dengan demikian, genotipe AA pada ternak entok dapat dipergunakan sebagai *marker* produksi telur.

Penelitian keragaman gen PRL dalam hubungannya dengan beberapa ciri morfologi (berat badan, panjang badan, lingkaran dada, panjang tulang dada dan panjang *shank*) entok, itik Pekin dan itik liar telah dilakukan oleh Mazurowski et al. (2016). Telah ditemukan tiga genotipe di lokus PRL/XbaI dan satu genotipe di lokus PRL/PstI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa genotipe PRL/TT pada itik Pekin menghasilkan nilai lebih tinggi ($P < 0,05$) pada panjang *shank* dan panjang tulang dada dibandingkan dengan genotipe PRL/TG. Pada itik liar, polimorfisme PRL/XbaI menghasilkan bobot badan dan panjang *shank* lebih tinggi ($P < 0,05$) pada umur 10 dan 12 minggu, sedangkan pada entok gen lokus PRL/XbaI dan PRL/TT bersifat monomorfik. Hal ini berarti bahwa pada gen PRL masih belum dijumpai genotipe yang dapat dipergunakan sebagai *marker* pertumbuhan. Demikian pula halnya dengan gen-gen lain yang terkait pertumbuhan seperti *growth hormone reseptor* (GHR), *insulin like growth hormone* (IGF), *transforming growth factor* (TGF- β), *extra cellular matrix* (ECM) serta *myostatin gene* yang sudah diketahui bersifat polimorfik pada beberapa jenis ternak (Ip et al. 2001; Nie et al. 2002; Saxena et al. 2007). Hasil penelusuran penulis belum mendapatkan kandidat gen yang dapat dipergunakan sebagai *marker* pertumbuhan untuk entok. Oleh sebab itu, program seleksi secara langsung terhadap sifat produksi pertumbuhan dan kualitas karkas merupakan sistem seleksi yang dapat dipergunakan untuk mendapatkan entok pedaging unggul.

Proses seleksi secara langsung atau tidak langsung seperti yang diuraikan terdahulu membutuhkan waktu, biaya dan tenaga yang besar, sehingga hasilnya tidak dapat diharapkan dalam waktu singkat. Oleh sebab itu, dalam upaya mengoptimalkan peran entok sebagai

penghasil daging, dapat ditempuh melalui dua jalan, yaitu (1) Mendatangkan bibit entok unggul dari luar; dan (2) Mengawinkan entok jantan dengan itik petelur (*Indian Runner*) untuk menghasilkan itik Serati (Setioko 2003). Proses perkawinan dapat dilakukan melalui proses perkawinan alami atau bisa juga menggunakan teknologi inseminasi buatan (IB). Kemampuan ternak itik yang cukup baik untuk menghasilkan telur merupakan potensi yang baik sebagai penyedia bibit dan sifat entok yang mempunyai laju pertumbuhan yang baik dapat diturunkan ke generasinya, sehingga akan diperoleh bibit dalam jumlah banyak dengan laju pertumbuhan yang cukup baik.

KESIMPULAN

Entok merupakan plasma nutfah yang mempunyai potensi tinggi sebagai alternatif penghasil daging. Fungsi entok sebagai penghasil daging dapat dioptimalkan melalui pendekatan jangka panjang, yaitu dengan melakukan seleksi untuk menghasilkan entok yang mempunyai pertumbuhan dan kualitas daging tinggi. Seleksi dapat dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu seleksi secara langsung terhadap sifat produksi, dan seleksi secara tidak langsung, yaitu seleksi suatu sifat yang dipilih berdasarkan penanda (morfologi, biokimia atau keragaman DNA/RNA) yang terkait dengan sifat pertumbuhan dan kualitas daging. Dalam jangka pendek dapat dilakukan dua program yaitu mendatangkan entok unggul dari luar untuk dikembangkan oleh peternak dan menyilangkan entok jantan dengan induk itik petelur untuk menghasilkan itik Serati.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar R. 2005. Produktivitas itik Manila (*Cairina moschata*) di Kota Jambi. J Ilmu-Ilmu Peternakan. 6:24-33.
- Arifah N, Ismoyowati, Iriyanti N. 2013. Tingkat pertumbuhan dan konversi pakan pada berbagai itik lokal jantan (*Anas Plathyrrhinos*) dan ternak entok jantan (*Cairina moschata*). J Ilmu Peternakan. 1:718-725.
- Ayuningtyas G. 2017. Produktivitas entok betina dengan pemberian pakan terbatas selama periode pertumbuhan. [Tesis]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Baeza E, Chartrin P, Arnould C. 2003. Effet de la densite en elevage sur le bien-etre, les performances de croissance et la qualite des carcasses du canard de barbarie. Sci Tech Avic. 45:4-8.
- Bakrie H, Suwandi, Simanjuntak L. 2003. Prospek pemeliharaan terpadu "tiktok" dengan padi, ikan dan

- azolla di wilayah Provinsi DKI Jakarta. Wartazoa. 13:128-135.
- Bhattacharya TK, Chatterjee RN. 2013. Polymorphism of the Myostatin gene and its association with growth traits in chicken. Poult Sci. 92:910-915.
- Bilasing A, Becker I, Nichelmann M. 1992. Verhaltensstörungen bei der Moschusente. Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung. KTBL-Schrift. 351:69-76.
- De Buissonje FE. 2001. Bezettingsdichtheid bij vleeseenden. Praktijkonderzoek veehouderij-pluimvee. Wageningen (Netherlands): University of Wageningen.
- Chang MT, Cheng YS, Huang MC. 2012. The SNP genotypes of growth hormone gene associated with reproductive traits in Tsaiya ducks. Reprod Dom Anim. 47:568-573.
- Cherry P, Morris TR. 2008. Domestic duck production: Science and practice. Oxfordshire (UK): CABI.
- Chia SS, Momoh O. 2012. Some physical and reproductive characteristics of Muscovy ducks (*Cairina moschata*) under free range management system in two locations in Benue State of Nigeria. In: Genetics and the future. Proceedings 37th Annual Conference of Nigerian Society for Animal Production. Lafia, Oktober 2013. Nasarawa State (Nigeria): NSAP. p. 20-22.
- Damayanti AP. 2006. Kandungan protein, lemak daging dan kulit itik, entok dan mandalung umur 8 minggu. J Agrol. 13:313-317.
- Daud M, Mulyadi, Fuadi Z. 2016. Persentase karkas itik Pekin yang diberi pakan dalam bentuk wafer ransum komplet mengandung limbah kopi. Agripet. 16:62-68.
- Diego F, Heredia C. 2008. Información sobre la distribución de algunas especies de aves de Ecuador. [place unknown]: Boletín SAO Vol. XVI Aves de Ecuador.
- Downs J, Loraamm R, Anderson JJH, Perry J, Bullock J. 2017. Habitat use and behaviours of introduced Muscovy ducks (*Cairina moschata*) in urban and suburban environments. Suburb Sustain. 5:1-10.
- Drouilhet L, Basso B, Bernadet MD, Cornuez A, Bodin L, David I, Gilbert H, Marie-Etancelin C. 2014. Improving residual feed intake of mule progeny of Muscovy ducks: Genetic parameters and responses to selection with emphasis on carcass composition and fatty liver quality. J Anim Sci. 92:4287-4296.
- Dvořáková V, Bartenschlager H, Stratil A, Horák P, Stupka R, Cítek J, Sprysl M, Hrdlicová A, Geldermann H. 2012. Association between polymorphism in the FTO gene and growth and carcass traits in pig crosses. Genet Sel Evol. 44:13.
- Etuk IF, Abasiokong SF, Ojewola GS, Akomas SC. 2006. Carcass and organ characteristics of Muscovy ducks reared under three management systems in South Eastern Nigeria. Int J Poult Sci. 5:534-537.
- FAO. 2007. The global plan of action for animal genetic resources and the interlaken declaration on animal genetic resources. Rome (Italy): Food and Agricultural Organization.
- FAO. 2009a. Characterization of domestic chicken and duck production systems in Egypt. In: Yakout HM, Kosba M, Thieme O, editors. AHBL-Promoting strategies for prevention and control of HPAI. Rome (Italy): Food and Agricultural Organization.
- FAO. 2009b. Characterization of domestic duck production systems in Cambodia. In: Dinesh E, Geerlings J, Sölkner S, Thea O, Thieme M, Wurzing AHBL, editors. AHBL-Promoting strategies for prevention and control of HPAI. Rome (Italy): Food and Agricultural Organization.
- FAO. 2011. Molecular genetic characterisation of animal genetic resources. FAO animal production and health guidelines. Rome (Italy): Food and Agricultural Organization.
- Galal A, Ali WAH, Ahmed AMH, Ali KA. 2011. Performance and carcass characteristics of dumpyati, Muscovy, pekin and Sudani duck breeds. Egypt J Anim Prod. 48:191-202.
- Hassan WA, Mohammed MS. 2003. Ecotypes of the Muscovy duck in the Northwest of Nigeria: Variation in body weight and beak length. In: Proceedings of the 8th Annual Conference of Animal Science Association of Nigeria (ASAN). Minna, 16-18th September 2003. Niger State (Nigeria): Animal Science Association of Nigeria. p. 23-24.
- Holderread D. 2001. Storey's guide to raising ducks. Oregon (US): Dept. of Poultry Science, Oregon State University.
- Huang JF, Pingel H, Guy G, Łukaszewicz E, Baéza E, Wang SD. 2012. A century of progress in waterfowl production, and a history of the WPSA Waterfowl Working Group. Worlds Poult Sci J. 68:551-563.
- Huang YZ, He H, Zhan ZY, Sun YJ, Li MX, Lan XY, Lei CZ, Zhang CL, Chen H. 2013. Relationship of polymorphisms within ZBED6 gene and growth traits in beef cattle. Gene. 526:107-111.
- Ip SC, Zhang X, Leung FC. 2001. Genomic growth hormone gene polymorphisms in native Chinese chickens. Exp Biol Med (Maywood). 226:458-462.
- Ismoyowati, Susanto A, Purwantini D, Tugiyanti E, Awalludin AN. 2018. Morphometric traits and melanocortin 1 receptor (MC1R) gene polymorphism of Indonesian Muscovy ducks of different plumage color population. Int J Poult Sci. 17:327-335.
- Johari S, Ekasari S, Kurnianto E. 2013. Genetic variation in three breeds of Indonesian local ducks based on blood and egg white protein polymorphism. J Indonesian Trop Anim Agric. 38:20-26.
- Kementan. 2017. Data statistik produksi daging nasional. Jakarta (Indonesia): Kementerian Pertanian.

- Kurnianto E, Sutopo S, Purbowati E, Setiatin ET, Samsudewa D, Permatasari T. 2013. Multivariate analysis of morphological traits of local goats in Central Java-Indonesia. *Iran J App Anim Sci*. 3:361-367.
- Larzul C, Imbert B, Bernadet M-D, Guy G, Régnon H. 2006. Meat quality in an intergeneric factorial crossbreeding between muscovy (*Cairina moschata*) and Pekin (*Anas platyrhynchos*) ducks. *Anim Res*. 55:219-229.
- Leipoldt AL. 1992. Gedrag van pekingeenden met variatie in drinkwatersysteem en bodembedekking. Praktijkonderzoek voor de pluimveehouderij. Wageningen (Netherlands): Wageningen University & Research.
- Loung TN, Hoang VT, Dang TD, Le XT, Doan VX, Nguyen DT. 1995. Growth and meat performance of CV Super-M ducks under two management systems in the Red River Delta. *Poultry*. 23.
- Mazurowski A, Frieske A, Kokoszyński D, Mroczkowski S, Bernacki Z, Wilkanowska A. 2015. Examination of growth hormone (GH) gene polymorphism and its association with bodyweight and selected body dimensions in ducks. *Folia Biol*. 63:43-50.
- Mazurowski A, Frieske A, Wilkanowska A, Kokoszyński D, Mroczkowski S, Bernacki Z, Maiorano G. 2016. Polymorphism of prolactin gene and its association with growth and some biometrical traits in ducks. *Ital J Anim Sci*. 15:200-206.
- Nie Q, Ip SC, Zhang X, Leung FC, Yang G. 2002. New variations in intron 4 of growth hormone gene in Chinese native chickens. *J Hered*. 93:277-279.
- Oguntunji AO, Ayorinde KL. 2014. Sexual size dimorphism and sex determination by morphometric measurements in locally adapted Muscovy duck (*Cairina moschata*) in Nigeria. *Acta Agric Slov*. 104:15-24.
- Pingel. 2009. Waterfowl production for food security. In: Alexander D, Nanu E, Unni AKK, Guy G, Wezyk S, Romboli I, Singh BP, Narahari D, Anitha P, Churchill R, editors. *Proceedings of the IV World Waterfowl Conference*. Thrissur, 11-13th November, 2009. Thrissur (India): Kerala Agricultural University and World's Poultry Science Association - India Branch; p. 5-15.
- Raji AO, Igwebuike JU, Usman MT. 2009. Zoometrical body measurements and their relation with live weight in matured local Muscovy ducks in Borno State, Nigeria. *ARPN J Agric Biol Sci*. 4:58-62.
- Rodenburg TB, Bracke MBM, Berk J, Cooper J, Faure JM, Guémené D, Guy G, Harlander A, Jones T, Knierim U, et al. 2005. Welfare of ducks in European duck husbandry systems. *Worlds Poult Sci J*. 61:633-646.
- Rosyara UR. 2006. Requirement of robust molecular marker technology for plant breeding applications. *J Plant Breed*. 1:67-72.
- Ruis MAW, Lenskens P, Coenen E. 2003. Stro als bodembedekker belangrijk bij snebberen. *Pluimveehouderij*. 24:16-17.
- Saxena VK, Sundaresan NR, Malik F, Ahmed KA, Saxena M, Kumar S, Nandedkar PV, Singh RV. 2007. Temporal expression of transforming growth factor- β 2 and myostatin mRNA during embryonic myogenesis in Indian broilers. *Res Vet Sci*. 82:50-53.
- Setiaji A, Kurnianto E. 2012. Morphometric characterization and genetic distance among four breeds of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *J Anim Prod*. 14:92-98.
- Setioko AR. 2003. Keragaan itik "Serati" sebagai itik pedaging dan permasalahannya. *Wartazoa*. 13:14-20.
- Solomon JKQ, Austin R, Cumberbatch RN, Gonsalves J, Seaforth E. 2006. A comparison of live weight and carcass gain of Pekin, Kunshan, and Muscovy ducks on a commercial ration. *Livest Res Rural Dev*. 18.
- Steklenev EP. 1990. Genetic variability of amylase isozymes of hybrids between Muscovy duck (*Cairina moschata*) and domestic Pekin duck (*Anas platyrhynchos*) in comparison with the initial species. Steppe Region (Ukrainian): Ukrainian Research Institute of Animal Husbandry of Steppe Region.
- Sumantri C, Einstiana A, Salamena JF, Inounu I. 2007. Keragaman dan hubungan phylogenetik antar domba lokal di Indonesia melalui pendekatan analisis morfologi. *JITV*. 12:42-54.
- Suparyanto A, Martojo H, Hardjosworo PS, Prasetyo LH. 2004. Kurva pertumbuhan morfologi itik betina hasil silang antara Pekin dengan Mojosari Putih. *JITV*. 9:87-97.
- Susanti T, Purba M, Prasetyo LH. 2016. The potential of white Muscovy as parent stock for the production of broiler ducks. In: Yulistiani D, Wardhana AH, Inounu I, Bahri S, Iskandar S, Wina E, Ginting SP, Tarigan S, Tiesnamurti B, Romjali E, et al., editors. *Promoting Livestock and Veterinary Technology for Sustainable Rural Livestock Development*. Proceedings of International Seminar on Livestock Production and Veterinary Technology. Denpasar, 10-12th August 2016. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. p. 359-364.
- Szasz S. 2003. Changes in feather development and meat producing capacity of the pekin, mule and muscovy ducks according to the age and sex. [Dissertation]. Kaposvar (Hungary): University of Kaposvar.
- Tamzil MH. 2017. Ilmu dan teknologi pengelolaan plasma nutfah ternak itik. Mataram (Indonesia): Mataram University Press.
- Tamzil MH. 2008. Pola pemeliharaan ternak entok: Studi kasus pada kelompok peternak itik Bagek Nyake Lombok Timur. Laporan Penelitian Mataram (Indonesia): Fakultas Peternakan, Universitas Mataram.
- Tamzil MH, Hardjosworo PS, Sihombing DTH, Manalu W. 1999. Pengaruh pembatasan pemberian pakan

- terhadap penundaan masak kelamin itik lokal yang cenderung masak kelamin dini. *Media Vet.* 6:5-9.
- Tamzil MH, Lestari, Indarsih B. 2018. Measurement of several qualitative traits and body size of Lombok Muscovy ducks (*Cairina moschata*) in semi-intensive rearing. *Indonesian Trop Anim Agric.* 43.
- Tungka R, Budiana NS. 2004. *Itik Peking*. Jakarta (Indonesia): Penebar Swadaya.
- Wójcik E, Smalec E. 2008. Description of the Muscovy duck (*Cairina moschata*) karyotype. *Folia Biol (Praha)*. 56:243-248.
- Wu X, Yan MJ, Lian SY, Liu XT, Li A. 2014. GH gene polymorphisms and expression associated with egg laying in muscovy ducks (*Cairina moschata*). *Hereditas.* 151:14-19.
- Yakubu A, Kaankuka FG, Ugbo SB. 2011. Morphometric traits of Muscovy ducks from two agro-ecological zones of Nigeria. *Tropicultura.* 29:121-124.
- Zhang DX, Xu ZQ, He J, Ji CL, Zhang Y, Zhang XQ. 2015. Polymorphisms in the 5'-flanking regions of the GH, PRL, and pit-1 genes with Muscovy duck egg production. *J Anim Sci.* 93:28-34.

Surra: Trypanosomiasis pada Ternak yang Berpotensi sebagai Penyakit Zoonosis

(Surra: Trypanosomiasis in Livestock is Potential as Zoonotic Disease)

April H Wardhana dan DH Sawitri

Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata No. 30, Bogor 16114 Indonesia
wardhana24id@yahoo.com

(Diterima 23 Mei 2018 – Direvisi 31 Agustus 2018 – Disetujui 4 September 2018)

ABSTRACT

Trypanosoma evansi is one of blood protozoans having the most wide distribution region compared to other *Trypanosoma* species. The parasite causes trypanosomiasis known as Surra. The disease may cause mortality to the infected animals. In general *T. evansi* only attack animal and cannot infect humans due to apolipoprotein 1 (Apo L-1) in human serum. The protein possess trypanolytic activity feature against *T. evansi* and effectively eliminates the protozoa. However, the knowledge of Surra only infecting animals changed because there were atypical human trypanosomiasis cases reported in some countries due to *T. evansi*. The human Surra case occurred in Vietnam demonstrated that person with Apo L-1 could be infected by *T. evansi*. There was resistant strain of *T. evansi* found which able to disrupt human immune system. This paper will discuss Surra cases in both humans and animals, including mechanism of Apo L-1 on eliminating the parasite. Surra cases in human and animal should be seriously concerned because Surra could be potential zoonosis threatening human health.

Key words: *Trypanosoma evansi*, zoonosis, Surra, apolipoprotein, trypanosomiasis

ABSTRAK

Trypanosoma evansi adalah salah satu protozoa darah yang memiliki daerah penyebaran geografis yang luas dibandingkan dengan spesies *Trypanosoma* lainnya. Parasit tersebut menyebabkan trypanosomiasis yang dikenal dengan nama Surra dan dapat mengakibatkan kematian pada ternak. Pada umumnya *T. evansi* hanya menyerang hewan dan tidak mampu menginfeksi manusia karena serum manusia memiliki apolipoprotein (Apo L-1) yang mempunyai aktivitas trypanolitik dan efektif untuk melisis protozoa tersebut. Namun, pengetahuan ini mulai berubah dengan adanya laporan kasus *atypical human trypanosomiasis* di beberapa negara yang disebabkan oleh *T. evansi*. Kasus Surra pada manusia di Vietnam membuktikan bahwa manusia dapat terinfeksi *T. evansi* walaupun memiliki Apo L-1. Telah ditemukan *strain T. evansi* yang resisten terhadap Apo L-1 sehingga mampu merusak sistem pertahanan tubuh manusia. Makalah ini menguraikan Surra pada hewan dan manusia serta mekanisme Apo L-1 dalam melisis *T. evansi*. Kasus Surra pada manusia dan hewan harus mendapat perhatian yang serius karena Surra berpotensi sebagai zoonosis yang mengancam kesehatan manusia.

Kata kunci: *Trypanosoma evansi*, zoonosis, Surra, apolipoprotein, trypanosomiasis

PENDAHULUAN

Protozoa dari genus *Trypanosoma* adalah penyebab trypanosomiasis yang menyerang hewan dan manusia. Selama ini, trypanosomiasis pada manusia (*Human Sleeping Sickness*, *Human African Trypanosomiasis/HAT*) lebih banyak dilaporkan terjadi di Afrika yang disebabkan oleh *Trypanosoma brucei rhodesiense* (Afrika Timur dan Selatan) atau *Trypanosoma brucei gambiense* (Afrika Tengah dan Barat). Kedua penyakit ini memiliki manifestasi klinis yang berbeda, yaitu penyakit yang disebabkan oleh *T. b. rhodesiense* berjalan relatif akut (dalam beberapa minggu), sedangkan untuk *T. b. gambiense* relatif berjalan kronis (Warpe & More 2014). Berbeda dengan

trypanosomiasis di Afrika, penyakit serupa juga terjadi di Amerika, tetapi disebabkan oleh *Trypanosoma cruzi* dan dikenal dengan nama penyakit Chagas (Parashar et al. 2016). Penyakit-penyakit tersebut dapat mengakibatkan kematian pada manusia.

Spesies *Trypanosoma* yang lain diketahui mampu menyerang berbagai jenis ternak, seperti *Trypanosoma brucei brucei* (penyebab penyakit Nagana di daerah Amerika dan Afrika), *Trypanosoma congolense* dan *Trypanosoma vivax* yang cenderung menyerang hewan kecil dan hewan domestik serta *Trypanosoma equiperdum* yang umumnya menyerang kuda (Parashar et al. 2016). Diantara spesies *Trypanosoma* yang menyerang ternak, *Trypanosoma evansi* adalah spesies yang memiliki daerah penyebaran paling luas, yaitu

meliputi benua Afrika, Timur Tengah, Asia, termasuk Amerika Selatan dan Utara (Vanhollebeke et al. 2006). Parasit ini diidentifikasi pertama kali oleh seorang dokter hewan Inggris bernama Griffith Evans pada tahun 1881 yang diisolasi dari kuda dan unta. Desquesnes et al. (2013) menyebutkan bahwa *T. evansi* mampu menginfeksi hampir semua hewan.

Secara genetik dan morfologi, *T. evansi* memiliki kekerabatan yang dekat dengan jenis spesies *Trypanosoma* yang menginfeksi manusia (*T. brucei brucei*). Namun, protozoa ini tidak mampu untuk melakukan siklus perkembangan hidupnya di dalam vektor lalat Tsetse karena tidak adanya bentukan maksisirkel (suatu organel dalam tubuh *Trypanosoma*). Akibatnya, *T. evansi* dalam tubuh lalat penghisap hanya bersifat sementara tanpa mengalami amplifikasi dalam tubuh vektor. Perkembangan siklus hidup *T. evansi* selanjutnya terjadi pada tubuh inang (Brun 2005). Patogenitasnya tergantung pada spesies inang dan tingkat virulensi strain *T. evansi* (Misra et al. 2016).

Trypanosoma evansi ditransmisikan dengan cara mekanik murni oleh vektor (lalat penghisap darah seperti *Tabanus* spp, *Stomoxys* spp, *Chrysops* spp) dan secara kongenital melalui induk atau plasma. Cara penularan lain adalah melalui mukosa kelamin saat kopulasi, luka yang terbuka dan memakan jaringan yang terinfeksi, terutama pada hewan karnivora (Womack et al. 2006). Penularan *T. evansi* secara oral dilaporkan oleh Raina et al. (1985) pada anjing dan mencit yang memakan daging yang dikontaminasi *T. evansi*. Parasit terdeteksi di sistem peredaran darah pada hari ke delapan pasca-memakan daging, sedangkan pada mencit terdeteksi pada hari kedua. Vergne et al. (2011) juga melaporkan penularan secara oral pada tikus Wistar pasca memakan organ berdarah yang mengandung *T. evansi*, sehingga keberadaannya perlu diwaspadai sebagai reservoir dan vektor penyakit ini.

Menurut Parashar et al. (2016), parasit yang memiliki perubahan geografi penyebaran yang makin luas dan mengalami perubahan inang spesifik serta peka terhadap terjadinya resistensi obat akan menjadi faktor pemicu timbulnya zoonosis baru yang mengancam kesehatan manusia. Pernyataan ini juga didukung oleh Sim & Wiwanitkit (2015) yang menyebutkan bahwa keberadaan kasus trypanosomiasis pada manusia yang bersumber dari hewan walaupun kejadiannya tidak terkait dengan status daerah endemis, tetapi akan berpotensi besar untuk menimbulkan agen zoonosis baru (*cross species zoonosis*) yang berasal dari hewan-hewan yang terinfeksi oleh *Trypanosoma* sp sehingga perlu diwaspadai.

Selama ini diyakini bahwa *T. evansi* hanya terbatas menyerang *non-human* karena parasit ini dapat dilisiskan oleh faktor trypanolitik yang terdapat pada

serum darah normal (*normal human serum/NHS*) (Desquesnes et al. 2013). Namun, konsep tersebut mulai bergeser dengan munculnya kasus Surra pada manusia (*atypical human trypanosomiasis*) yang disebabkan oleh *T. evansi* di beberapa negara (Joshi et al. 2006; Singla & Sumbria 2016). Diantara kasus tersebut, diketahui bahwa telah terjadi resistensi *T. evansi* terhadap faktor trypanolitik dalam darah sehingga mampu menginfeksi manusia dengan kondisi serum normal (Chau et al. 2016).

Oleh karena itu, para peneliti *Trypanosoma* di dunia membuat jejaring internasional yang diberi nama *Network on Atypical Human Infection by Animal Trypanosomes* (NAHIAT) pada bulan Mei 2011. Jejaring ini dikoordinasi oleh *Institute of Research for Development* (IRD) dan *Center for International Collaboration on Agricultural Research for Development* (CIRAD) yang didukung oleh *Food and Agriculture Organisation* (FAO), *Office International de Epizooties* (OIE), *World Health Organisation* (WHO) dan beberapa lembaga penelitian internasional dan universitas lainnya. Jejaring ini memiliki tugas untuk mengumpulkan informasi dan melaporkan kasus trypanosomiasis pada manusia yang diinfeksi oleh *T. evansi* dan *T. lewisi*, termasuk memberikan rekomendasi langkah-langkah yang harus dilakukan agar kasus ini tidak tersebar lebih luas (Desquesnes et al. 2013). Tulisan ini membahas tentang kejadian trypanosomiasis pada ternak dan manusia serta potensinya sebagai zoonosis baru yang perlu mendapat perhatian yang serius.

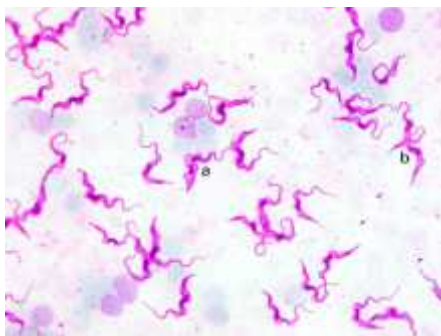
MORFOLOGI DAN BIOLOGI

Trypanosoma evansi

Morfologi *T. evansi* sulit untuk dibedakan dengan spesies *T. brucei brucei* yang menyebabkan penyakit nagana pada ternak (Desquesnes et al. 2013). Dalam preparat ulas darah umumnya protozoa ini nampak seragam (monomorfik) sebagai tripomastigot dengan bentuk slender panjang, yaitu berbentuk seperti daun dengan flagella bebas yang berfungsi sebagai alat gerak (Queiroz et al. 2000). *Trypanosoma evansi* mempunyai inti yang cukup panjang dan kinetoplas yang berbentuk bulat kecil di bagian terminal. Panjang *T. evansi* berkisar antara 15-34 μm dengan rata-rata panjang 24 μm dan lebar 1,5-2,2 μm . Permukaan protozoa darah ini dilindungi oleh lapisan tebal glikoprotein dan *variable surface antigen* (Desquesnes et al. 2013; Misra et al. 2016).

Beberapa studi yang telah lama dilakukan dan studi terbaru menunjukkan bahwa ukuran dan bentuk *T. evansi* tidak memiliki korelasi positif dengan karakteristik genetik. Perbedaan morfologi yang nampak pada preparat ulas darah berhubungan dengan

fase-fase pertumbuhan parasit ini dalam tubuh inang dan respon imun hewan inang terhadap *T. evansi* (Gambar 1) (Desquesnes et al. 2013). Tejero et al. (2008) melaporkan hasil yang sama dengan pernyataan di atas. Tiga isolat *T. evansi* dari Venezuela diinokulasikan pada tikus dan menunjukkan perbedaan morfometri *T. evansi*. Hasil studi tersebut hanya menggambarkan asosiasi antara morfometri tripanomastigot *T. evansi*, status hematologi dan bobot badan hewan inang, tetapi tidak membuktikan perbedaan karakteristik genetik diantara isolat.



Parasit tampak monomorfik (bentuk yang sama); a-b: *T. evansi* tampak memiliki dua inti yang mengindikasikan bahwa parasit dalam fase pembelahan

Gambar 1. Morfologi *T. evansi* dalam fase slender secara ulas darah dengan pewarnaan Giemsa

Sumber: Dokumentasi pribadi

Misra et al. (2016) mempelajari biologi *T. evansi* dan perubahan morfologinya pada beberapa hewan mamalia, yaitu rodensia (tikus albino, bandikut/tikus babi, marmot), karnivora (kucing rumah, garangan) dan primata (monyet). Umumnya, morfologi *T. evansi* yang diinfeksi ke hewan mamalia tersebut memiliki bentuk yang seragam (monomorfik), kecuali pada kucing rumah dan monyet. Terdapat dua morfologi *T. evansi* yang nampak pada preparat ulas darah kucing rumah dan monyet, yaitu bentuk tripanomastigot slender panjang dan *intermediate*, sedangkan bentuk pada organ-organ yang terinfeksi ditemukan bentuk spermatigot dan amastigot. Studi ini membuktikan bahwa *T. evansi* mampu berkembangbiak pada rodensia, karnivora dan primata dengan manifestasi klinis yang berbeda. Gejala syaraf (inkoordinasi) hanya dijumpai pada kucing rumah dan monyet yang diinfeksi *T. evansi*. Hal yang menarik terjadi pada monyet yang diinfeksi dengan *T. evansi*, yaitu timbulnya gejala klinis yang mirip dengan penyakit tidur yang terjadi pada manusia di Afrika (*human sleeping sickness*). Monyet mengalami peningkatan suhu tubuh yang tinggi sekali pada saat puncak parasitemia. Membran mukosa, membran pada mata dan gusi terlihat pucat. Pembengkakan terjadi di tangan, kaki, wajah dan hampir seluruh persendian.

Pada kondisi lebih lanjut, parasit mencapai sistem syaraf sehingga mengakibatkan monyet kehilangan kesadaran dan nafsu makan. Apabila kondisinya telah parah, monyet akan selalu tertidur dan pada akhirnya mengalami kematian (Misra et al. 2016).

VEKTOR DAN POTENSI TIKUS DALAM PENULARAN TRYPANOSOMIASIS

Surra disebut juga *arthropoda-borne diseases* karena melibatkan beberapa spesies lalat penghisap darah (*haematophagous*) sebagai vektor mekanik seperti *Tabanus* spp, *Stomoxys* spp, *Musca* spp, *Chrysops* spp, *Hippobosca* spp, *Haematopota* spp dan *Haematobia* spp (OIE 2012). Hampir semua lalat penghisap darah dapat menularkan penyakit ini tetapi lalat golongan *Tabanidae* (lalat kuda) dan *Stomoxys* (lalat kandang) merupakan vektor yang paling umum di Asia Tenggara. Tabanid dilaporkan merupakan vektor yang paling efektif karena mempunyai bagian mulut yang besar dan dapat menghisap darah lebih dari satu pejamu dalam waktu yang relatif singkat. Diperkirakan kapasitas menghisap darah lalat *Tabanus* spp adalah 1-12 μ l, sedangkan pada lalat *Stomoxys* spp hingga 0,03 μ l (Foil et al. 1987).

Umumnya, lalat-lalat tersebut menghisap darah lebih dari satu pejamu dalam waktu singkat karena *Trypanosoma* hanya infeksi dalam jangka waktu yang pendek. Di dalam vektor lalat, parasit dapat bertahan hidup selama kurang lebih 6-12 jam tanpa mengalami perkembangan. Setelah memasuki peredaran darah inang, *Trypanosoma* (stadium *trypomastigote*) segera memperbanyak diri dengan melakukan pembelahan biner yang terjadi secara longitudinal (Desquesnes et al. 2013). Flagela dan kinetoplas *Trypanosoma* membelah secara bersama-sama (Liu et al. 2005). Dalam keadaan tertentu, protozoa ini tidak ditemukan saat dilakukan pemeriksaan darah perifer karena dapat bersembunyi di dalam kelenjar limfe atau jaringan (Desquesnes et al. 2013).

Studi tentang peran tikus liar yang dikaitkan dengan epidemiologi Surra sangat terbatas. Rademaker et al. (2009) menyebutkan tiga jenis hewan tikus yang berperan dalam siklus penularan *T. cruzi* dan *T. evansi* di Brazil, yaitu *Clyomys laticeps*, *Thrichomys pachyurus* dan *Oecomys mamorae*. Peneliti-peneliti yang lain juga berhasil mendeteksi *T. evansi* pada tikus secara molekular di beberapa negara Asia, yaitu di Thailand (*Rattus tanezumi*), Laos (*R. tanezumi* dan *R. nitidus*) dan Kamboja (*R. tanezumi*, *Niviventer fulvescens*, *Maxomys surifer*) (Milocco et al. 2013; Pumhom et al. 2014). Studi tersebut menunjukkan bahwa tikus liar di pemukiman yang hidup bersama dengan manusia di daerah urban dan pedesaan berpotensi menjadi reservoir dalam menyebarkan *T. evansi*.

Walaupun sejauh ini belum ada laporan yang menyebutkan bahwa tikus sebagai faktor utama terjadinya wabah Surra pada ternak, tetapi keberadaannya perlu diwaspadai (Rodríguez et al. 2010). Kocher et al. (2015) berpendapat bahwa tikus rumah (*Rattus tanezum*) sebagai reservoir *T. evansi* yang berpotensi memfasilitasi penyebaran Surra pada manusia dan harus mendapatkan perhatian yang serius. Pernyataan ini telah dibuktikan melalui sebuah penelitian pada skala laboratorium. Tikus rumah yang ditangkap dan diinfeksi dengan *T. evansi* secara subkutan (5.000 *T. evansi*) menunjukkan peningkatan tingkat parasitemia yang tinggi secara bertahap mulai hari ke tiga pasca-infeksi. Kematian tikus rumah terjadi pada hari ke delapan dengan tingkat parasitemia mencapai lebih dari 5×10^6 *T. evansi*/ml darah (sehari sebelum mati). Beberapa tikus lainnya menunjukkan kejadian *relaps* (menghilang sementara dari sistem peredaran darah), yaitu parasit menghilang dari peredaran darah pada beberapa hari, kemudian muncul kembali pada hari berikutnya. Tikus dalam kondisi seperti ini menjadi lebih berbahaya karena parasit tetap berkembang dalam tubuh tikus dan menjadi ancaman bagi kesehatan manusia. Hasil penelitian Kocher et al. (2015) memberikan peringatan dini untuk lebih meningkatkan kewaspadaan terhadap penyebaran Surra yang mungkin diperantarai oleh tikus rumah.

SURRA PADA HEWAN

Surra dapat menyerang hampir semua spesies hewan ternak, hewan liar dan hewan kesayangan. Spesies hewan yang dominan terserang bervariasi tergantung pada lokasi dan kondisi geografisnya. Menurut Dia et al. (1997) bahwa parasit ini dilaporkan lebih patogen terhadap unta dan kuda di Afrika daripada sapi, sedangkan di Amerika Tengah dan Selatan lebih banyak menyerang kuda, anjing dan kerbau. Kondisi yang berbeda terjadi pada kasus Surra di Asia, yaitu *T. evansi* dilaporkan lebih patogen pada kuda, kerbau, sapi, babi dan unta (Tuntasuan & Luckins 1998; Holland et al. 2005). Di Brazil, penyakit ini lebih banyak menyerang kuda (Da Silva et al. 2010), sedangkan di Saudi Arabia, Sudan dan Kenya umumnya Surra menyerang ternak unta (Njiru et al. 2010; Salim et al. 2011). Lain halnya di Mesir, prevalensi Surra yang menyerang unta mencapai 43% (Abdel-Rady 2008). Seroprevalensi Surra di India berkisar 11-20% dan menyerang sapi, kerbau, unta, keledai, kuda dan anjing (Ravindran et al. 2008; Kumar et al. 2013). Seroprevalensi Surra di Thailand dilaporkan mencapai 8% pada tingkat kawasan peternakan dan 25% pada sapi perah (Desquesnes et al. 2009), sedangkan seroprevalensi Surra di Vietnam mencapai 22,4% pada tahun 2010 (Nguyen et al. 2013). Laporan wabah Surra di Filipina terjadi pada tahun

2008 (Dobson et al. 2009). Laporan lain menyebutkan bahwa wabah Surra juga terjadi di daratan Perancis tahun 2006 dan Spanyol pada tahun 2008 yang menyerang ratusan ternak unta (Gutierrez et al. 2010). Adapun prevalensi Surra di beberapa provinsi di Indonesia sangat bervariasi (Tabel 1). Ketika terjadi wabah Surra, prevalensi penyakit ini di Pulau Sumba mencapai 69,1%, sedangkan prevalensi di Provinsi Banten lebih rendah, yaitu 13,6%. Laporan investigasi kasus Surra pada suatu peternakan kerbau dan sapi perah di Bogor yang dilakukan oleh Balai Besar Penelitian Veteriner Bogor pada tahun 2016 mendapatkan hasil sangat tinggi, yaitu 85,20% (23/27) pada kerbau dan 62,5% (10/16) pada sapi perah berdasarkan analisis molekuler (data belum dipublikasi). Selain itu, kejadian Surra yang cukup tinggi juga dilaporkan di Pemalang dan Sumba Timur pada tahun 2017, yaitu secara berurutan 28% (14/50) dan 37,5% (12/32) (data belum dipublikasi). Gambaran ini membuktikan bahwa kasus Surra yang menyerang ternak di Indonesia masih relatif tinggi.

Gejala klinis

Hewan yang belum pernah terinfeksi *T. evansi* akan menunjukkan gejala penyakit yang lebih parah dibandingkan dengan hewan yang sudah pernah terinfeksi (Reid et al. 2001). Surra pada kuda terjadi secara akut dengan tingkat kematian yang tinggi (Luckins 1994), sedangkan gejala Surra pada kuda yang berasal dari populasi naif terjadi secara akut dengan mortalitas lebih dari 50% (Silva et al. 1995). Masa inkubasi Surra pada kuda terjadi selama 1-4 minggu diikuti dengan timbulnya gejala demam selang seling (41,5-44,0°C) dengan parasitemia yang tinggi, kelemahan, kelesuan, anemia, penurunan bobot badan, erupsi kulit lokal atau keseluruhan, perdarahan titik pada kelopak mata, mukosa vulva dan vagina, aborsi, perubahan lokomosi dengan gejala syaraf, serta udema pada kaki, brisket, abdomen dan testis diikuti kematian hewan dalam 2-8 minggu. Pada sapi dan kerbau, Surra dapat terjadi secara subakut, kronis atau subklinis, sedangkan pada kambing, domba dan babi bersifat subklinis. Secara umum infeksi Surra pada sapi dan kerbau menyebabkan terjadinya demam, anemia, udema kaki, penurunan berat badan, penurunan produksi, gangguan siklus estrus dan kehilangan tenaga sebagai hewan kerja (Desquesnes et al. 2013).

SURRA PADA MANUSIA

Selama ini para peneliti meyakini bahwa manusia secara alamiah akan terlindung dari infeksi spesies *Trypanosoma* yang menyerang hewan atau ternak, seperti *T. b. brucei*, *T. evansi*, *T. equiperdum*, *T. vivax*

Tabel 1. Prevalensi Surra pada ternak di beberapa daerah di Indonesia

Provinsi	Tahun	Prevalensi (%)	Keterangan
Jawa Tengah, Jawa Timur, Daerah Istimewa Yogyakarta	2010	0,28	Daerah endemis
	2011	0,40	
	2012	0,41-1,29	
	2013	0,08-2,74	
	2014	1,97-50,00	
Jawa Barat, Banten	2013	13,60	Wabah di Pandeglang 2013
Sumatera Barat, Riau, Jambi	2011	2,67-2,47	Wabah di Bukittinggi 2011
	2012	1,00-3,60	
	2013	0,90-5,42	
Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Kalimantan Timur	2007-2013	14,10	-
Bali; Nusa Tenggara Barat; Nusa Tenggara Timur	2012-2013	15,30-69,10	Wabah di Pulau Sumba 2010-2012
Sulawesi Selatan	2010	9,00	Daerah endemis
	2011	2,70	
	2012	4,04	
	2013	1,96	
	2014	22,00	

Sumber: Sawitri (2016)

dan *T. congolense* (Lai et al. 2010). Daya protektif manusia terhadap beberapa spesies *Trypanosoma* di atas disebabkan oleh faktor trypanolitik dalam tubuh sehingga mampu melisis parasit tersebut apabila masuk ke dalam tubuh (Brun 2005). Namun, pendapat ini menjadi kontroversial ketika ditemukan kasus Surra pada manusia di beberapa negara (Tabel 2). Kasus-kasus tersebut membuktikan timbulnya perubahan karakter genetik *T. evansi* atau karakter genetik manusia sehingga dalam kondisi tertentu faktor trypanolitik tidak bersifat protektif lagi.

Kejadian *atypical human trypanosomiasis* pertama kali didokumentasi pada tahun 1903. Penyakit ini menyerang seorang wanita berumur 40 tahun dengan gejala klinis demam dan pusing yang berkepanjangan. Pemeriksaan ulas darah memperlihatkan gambaran *Trypanosoma* spp. Prevalensi Surra pada ternak di daerah tersebut berkisar antara 8-10% dan mencapai puncak hingga 30% pada musim pancaroba. Berdasarkan hasil studi sebelumnya menunjukkan bahwa hanya *T. evansi* yang ditemukan di daerah ini, sehingga diasumsikan bahwa spesies yang menginfeksi wanita tersebut adalah *T. evansi* (Parashar et al. 2016; Singla & Sumbria 2016).

Laporan berikutnya terjadi pada seorang peneliti di India yang mengalami kecelakaan di laboratorium pada tahun 1977, yaitu tangannya tersuntik dengan alat suntik yang mengandung darah terkontaminasi *T. evansi*. Peneliti ini menunjukkan gejala demam yang berkepanjangan dan diobati dengan preparat atoxyl (turunan arsenik yang umumnya digunakan pada pasien HAT). Setelah pengobatan, peneliti tersebut sembuh dari Surra dan tidak dijumpai lagi protozoa *T. evansi* pada pemeriksaan ulas darah (Gill 1977; Truc et al. 2013).

Seorang peternak sapi berumur 45 tahun yang berasal dari Desa Seoni, Taluka Sindevahi, Kecamatan Chandrapur, Maharashtra, India dilaporkan menderita trypanosomiasis yang disebabkan oleh *T. evansi* (Surra) pada tanggal 20 September 2004. Kasus ini adalah kasus Surra pada manusia pertama yang diuji secara parasitologi, serologis *Card Agglutination Test for Trypanosomiasis* (CATT *T. evansi*) dan IgM Latex serta *molecular-polymerase chain reaction* (PCR) yang selanjutnya diikuti dengan uji karakteristik genetik (Joshi et al. 2005; Powar et al. 2006; Parashar et al. 2016). Semua hasil pengujian mengarah pada infeksi *T. evansi* yang selanjutnya diberi identitas sebagai

Tabel 2. Kasus Surra pada manusia (*atypical human trypanosomiasis*) yang terjadi di beberapa negara

Lokasi	Tahun	Jenis kelamin/ pekerjaan	Metode deteksi	Gejala klinis	Jenis obat	Hasil	Sumber
Bengal Barat - India	1903	Wanita/TD	Ulas darah	Demam, sakit kepala	Tidak diobati	Meninggal	Parashar et al. (2016)
India	1977	Pria/peneliti	Ulas darah	Demam	Atoxyl	Sembuh	Gill (1977)
Colombo - Sri Lanka	1999	Pria/ gembala sapi	Ulas darah	Demam, sakit kepala	Tidak diobati	Sembuh	Touratier & Das (2006); Truc et al. (2013)
Seoni - India	2004	Pria/ peternak sapi	Ulas darah, PCR, inokulasi ke mencit, serologis	Demam, gangguan saraf	Suramin	Sembuh	Joshi et al. (2006)
Kolkata - India	2005	Pria/ peternak sapi	Ulas darah	Demam	Tidak diobati	Meninggal	Touratier & Das (2006)
Mesir	2010	Pria/ peternak unta	Ulas darah	Demam	Tidak diobati	Sembuh	Haridy et al. (2011)
Dong Nai - Vietnam	2015	Wanita/ buruh pabrik	Ulas darah, PCR, CATT/ <i>T. evansi</i>	Demam	Suramin	Sembuh	Chau et al. (2016)

TD: Tidak ada data

T. evansi from human (TEVH) (Joshi et al. 2005; 2006). Secara genotipe, *T. evansi* yang menginfeksi peternak ini (TEVH) dibandingkan dengan sembilan isolat referensi dan satu isolat *T. gambiense* (BAT61). Analisis ini menunjukkan bahwa TEVH identik dengan isolat *T. evansi* yang berasal dari Vietnam (Vietnam WH) (Truc et al. 2007). Isolat TEVH memberikan hasil negatif terhadap analisis *serum resistance associated protein* (SRA) seperti yang dimiliki oleh *T. b. rhodiense* dan *T. b. gambiense*, namun menunjukkan hasil yang positif terhadap analisis *kinetoplast DNA minicircles type A* (Truc et al. 2007; Singla & Sumbria 2016). Setelah diobati dengan suramin dan diobservasi selama enam bulan, pasien dinyatakan sembuh (Joshi et al. 2006).

Kasus Surra pada manusia kembali dilaporkan di India pada tahun 2005, yaitu di daerah Bengal Barat. Pasien meninggal dunia setelah dua hari berada di rumah sakit Kolkata dan belum sempat dilakukan pemeriksaan secara detail. Namun, pihak rumah sakit menduga bahwa kematian pasien terkait dengan infeksi *T. evansi* (Touratier & Das 2006; Truc et al. 2013).

Sehubungan dengan kasus Surra di tahun 2004, Shegokar et al. (2006) melakukan pengujian serologis pada 1.806 penduduk yang berada di wilayah tersebut, termasuk 26 orang dokter hewan dan asistennya. Sebanyak 22,7% (410 orang) menunjukkan hasil positif berdasarkan uji CATT *T. evansi* menggunakan sampel darah dan 4,5% (81 orang) positif menggunakan serum. Hasil yang juga menarik adalah 27% (7/26) dokter hewan dan asistennya juga positif. Walaupun dalam survei tersebut terdapat empat orang yang menderita pembengkakan pada kelenjar limfena, tetapi tidak

ditemukan parasit *T. evansi* pada pemeriksaan ulas darah.

Beberapa laporan kasus Surra pada manusia di India dan Sri Lanka menimbulkan pemikiran Haridy et al. (2011) untuk melakukan survei terhadap 30 peternak atau penggembala unta bersamaan dengan pemeriksaan terhadap 300 ekor unta di Mesir. Berdasarkan pemeriksaan perwarnaan ulas darah dan *Enzyme-linked Immunosorbent Assay* (ELISA) diketahui satu orang positif terinfeksi *T. evansi* (3,3%), sedangkan pada unta diperoleh hasil positif pada 30 ekor unta berdasarkan ulas darah dan 40 ekor unta berdasarkan uji ELISA. Peternak unta yang positif Surra juga dilaporkan mengalami demam (Haridy et al. 2011).

Kejadian Surra pada manusia terbaru dilaporkan di Provinsi Dong Nai, Vietnam yang terjadi pada seorang pekerja wanita dan baru empat bulan melahirkan (Chau et al. 2016). Selain melakukan pemeriksaan ulas darah, para peneliti juga melakukan deteksi *T. evansi* secara molekular menggunakan berbagai macam primer, antara lain primer Tryp 1 (primer yang umum digunakan untuk genus Trypanosomes), primer NRP dan TBR untuk sub-genus trypanozoon, EVA, TEPAN, TE2249/50, Ro Tat 1.2 F/R yang spesifik untuk *T. evansi*/*T. equiperdum*, EVAB1/2 (*T. evansi* spesifik tipe B) dan Lew (Spesifik untuk *T. lewisi*). Disamping itu, dilakukan uji serologis CATT/*T. evansi* dan uji molekular gen Apo L-1 yang dibandingkan dengan 12 stok serum manusia. Berdasarkan hasil investigasi tersebut disimpulkan bahwa wanita tersebut positif terinfeksi *T. evansi*.

Gejala klinis

Manusia yang menderita Surra akan menunjukkan gejala klinis berupa demam yang berkepanjangan hingga berbulan-bulan (Haridy et al. 2011; Singla & Sumbria 2016). Wabale et al. (2015) menggambarkan bahwa penderita Surra mengalami anemia yang parah dan apabila diikuti dengan infeksi *retroviral disease* (RVD) maka akan terjadi limfadenitis dan infeksi saluran pernafasan atas (ISPA), kesulitan bernafas, batuk serta demam selama satu bulan. Penderita juga mengalami rasa sakit pada bagian abdomen dan telinga dalam jangka waktu yang lama (kurang lebih 15 hari). Penderita Surra yang menyerang gembala sapi di Colombo (Sri Lanka) menunjukkan manifestasi klinis berupa sakit kepala yang parah dan peningkatan suhu badan yang tinggi. Disamping itu, penderita terlihat lemah dan sesekali berbusa (Singla & Sumbria 2016).

Pasien Surra di India dilaporkan menunjukkan gejala demam *intermittent* dan merasakan demam dingin dan berkeringat selama 15 hari. Disamping itu, pasien juga mengalami disorientasi, gangguan syaraf sensorik, agitasi (menggerak-gerakkan anggota tubuh yang tidak terkontrol) dan sesekali mengerang (Parashar et al. 2016).

Chau et al. (2016) mengamati gejala klinis penderita Surra di Vietnam. Penderita mengalami rasa nyeri di daerah persendian, pembengkakan hati tanpa rasa nyeri (*non-tender hepatomegaly*), pembengkakan limpa (*splenomegaly*) hingga kejang-kejang. Lebih lanjut dijelaskan bahwa gejala klinis lain yang terlihat adalah *pancytopenia* (kekurangan sel darah merah dan sel darah putih, termasuk platelet), hipoalbuminemia serta gangguan ginjal. Shegokar et al. (2006) melaporkan bahwa parasit *T. evansi* kemungkinan dapat dideteksi dengan pemeriksaan darah ketika pasien menderita demam.

FAKTOR TRYPANOLITIK PADA TRYPANOSOMA

Studi tentang serum manusia yang memiliki aktivitas trypanolitik pertama kali dilakukan oleh Laveran dan Mesnil pada tahun 1900 (Pays & Vanhollebeke 2008). Selanjutnya, studi aktivitas trypanolitik dari serum manusia normal dan beberapa primata seperti Papio (baboon), Cercopithecus (mangabey) dan Mandrillus (baboon hutan) dilakukan antara tahun 1902-1912 (Pays et al. 2006). Pernyataan ini didukung oleh Singla & Sumbria (2016) yang menyebutkan bahwa serum manusia normal memiliki aktivitas trypanolitik yang telah diidentifikasi oleh Laveran dan Mesnil pada tahun 1900. Serum-serum tersebut mampu membunuh spesies *Trypanosoma* yang menginfeksi hewan atau ternak, tetapi tidak mampu membunuh *Trypanosoma* yang menginfeksi manusia

(*T. b. rhodesiense* dan *T. b. gambiense*). Kendati demikian, penelitiannya menunjukkan bahwa serum Papio memiliki aktivitas trypanolitik yang sangat tinggi terhadap *T. b. rhodesiense*, yaitu mencapai 10-25 kali lipat dibandingkan dengan serum manusia.

Studi sifat trypanolitik dari darah dan plasma manusia normal dibuktikan oleh Otto et al. (2010). Pemberian darah atau plasma sebanyak 0,2 ml per ekor secara interperitoneal pada mencit yang diinfeksi dengan *T. evansi* mampu menghilangkan protozoa ini dalam waktu 24 jam dalam sirkulasi darah berdasarkan pemeriksaan pewarnaan ulas darah. Namun, hasil PCR masih menunjukkan hasil positif untuk mencit-mencit yang diobati dengan darah atau plasma manusia normal. Hasil tersebut diduga karena puncak parasitemia dalam darah tidak beraturan siklusnya (*irregular parasitemic peaks*) akibat respon imun mencit (Da Silva et al. 2009).

Peran faktor trypanolitik apolipoprotein L-1 (Apo L-1) yang terkandung dalam serum manusia normal dalam melisis *T. evansi* juga dipelajari oleh Vanhollebeke et al. (2006). Serum manusia yang menderita Surra (non-Apo L-1) dibandingkan dengan serum manusia normal termasuk menguji Apo L-1 rekombinan (Apo L-1 diekspresikan oleh vektor pET21d pada *Escherichia coli*). Vanhollebeke et al. (2006) berhasil membuktikan bahwa *T. evansi* masih aktif ketika diinkubasi dengan serum manusia yang menderita Surra (non-Apo L-1). Sebaliknya, *T. evansi* mengalami lisis (100%) pada serum manusia normal hingga ke pengenceran 1.000 kali. Beberapa parasit tetap aktif dan motil (bergerak cepat) dalam serum mulai pada pengenceran 10.000 kali dan tidak terjadi lisis hingga pengenceran 1.000.000 kali. Penambahan Apo L-1 rekombinan pada serum manusia yang menderita Surra menyebabkan seluruh *T. evansi* mengalami lisis. Studi ini menunjukkan bahwa peran faktor trypanolitik yang terdapat dalam serum manusia normal terbukti mampu menghambat daya tahan hidup *T. evansi* dalam tubuh manusia. Hasil ini sekaligus menjawab pertanyaan mengapa *T. evansi* tidak dapat menginfeksi manusia dengan status serum normal dan menjadi infeksius ketika kondisi serum manusia tidak normal (tidak memiliki Apo L-1).

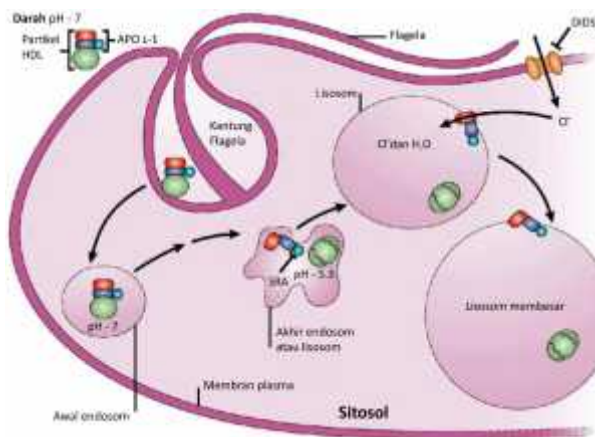
Aktivitas trypanosidal dari plasma manusia yang mengandung Apo L-1 (100 mg dL⁻¹) dilakukan oleh Da Silva et al. (2012) pada mencit yang diinfeksi *T. evansi*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pemberian Apo L-1 sebanyak lima kali dalam waktu lima hari berturut-turut lebih efektif daripada hanya pemberian satu kali. Terapi ini memiliki tingkat kesembuhan 80% dan telah dikonfirmasi dengan uji PCR yang tidak memberikan hasil positif pasca-terapi.

Pays et al. (2006) menggambarkan proses lisis *Trypanosoma* yang ditantang dengan serum manusia normal dan Apo L-1 rekombinan melalui pengamatan

micrograph. *Trypanosoma brucei brucei* digunakan sebagai model untuk memahami proses lisis pada spesies *Trypanosoma* lainnya, termasuk *T. evansi*. Proses terjadinya lisis trypanosom pasca-ditantang dengan serum manusia normal dan Apo L-1 rekombinan relatif sama, yaitu sekitar 4-5 jam. Tahapan proses lisis trypanosom terlihat jelas pada organela lisosom *T. b. brucei* yang mengalami pembesaran pasca-pemberian 1 g/ml rekombinan APL1 atau 10% serum normal manusia. Kondisi pembesaran lisosom nampak tidak terkontrol sehingga menyebabkan organela ini pecah dan mengakibatkan kematian *Trypanosoma*.

MEKANISME APOLIPOROTEIN L-1 (APO L-1)

Mekanisme Apo L-1 dalam tubuh *Trypanosoma* dijelaskan oleh Pays et al. (2006) yang diilustrasikan pada Gambar 2. Apolipoprotein (Apo L-1) terdiri dari sebuah *pore-forming domain* (yang berwarna merah) dan sebuah *membrane-addressing domain* (yang berwarna biru). Kedua bentukan ini dihubungkan dengan partikel *High-Density Lipoprotein* (HDL) yang berada di dalam darah (yang berwarna hijau). Partikel partikel ini diinternalisasi oleh bentuk trypanosome dalam aliran darah melalui reseptor HDL yang dimediasi oleh proses endositosis di dalam kantung flagela. Melalui internalisasi tersebut, partikel HDL akan mengikuti jalur endositik, mulai dari permulaan endosom (yang memiliki pH netral) sampai ke tahap akhir endosom (pH asam) dan selanjutnya ke lisosom (pH asam) (Pays et al. 2006).



Gambar 2. Mekanisme lisisnya parasit *Trypanosoma* oleh apoliprotein L-1 (Apo L-1)

Sumber: Pays et al. (2006)

Perubahan pH pada lisosom (menjadi lebih asam) akan menginduksi terjadinya perubahan bentuk pada *membrane-addressing domain* (yang berwarna biru) sehingga partikel HDL terlepas. Selanjutnya, bentukan

membrane-addressing domain menempel ke membran lisosom. Penempelan ini menyebabkan *pore-forming domain* (yang berwarna merah) membentuk sebuah lubang pada membran lisosom. Akibatnya, ion klorida (Cl^-) dari sitoplasma masuk ke dalam lumen lisosom. Keadaan ini memicu aktivitas 4,4'-diisothiocyano-2,2'-disulphonate stilbene (DIDS) menjadi aktif sehingga Cl^- dari luar masuk ke membran plasma. Aliran ion ini terjadi bersamaan dengan perpindahan kation sekunder sehingga memicu juga H_2O untuk ikut masuk ke dalam lisosom yang menyebabkan terjadinya pembesaran lumen. Kondisi ini akan terjadi secara terus menerus dan tidak terkontrol sehingga lumen lisosom mengalami pembengkakan yang luar biasa dan terus mengalami tekanan dari bagian dalam. Keadaan tersebut mengakibatkan lisosom pecah dan menyebabkan kematian *Trypanosoma* (Pays et al. 2006).

KASUS SURRA PADA MANUSIA DENGAN STATUS SERUM NORMAL

Selama ini para peneliti menyakini bahwa tidak terdapatnya Apo L-1 dalam serum darah manusia menjadi kunci jawaban terjadinya Surra pada manusia. Hal ini didukung oleh kejadian Surra yang menyerang peternak di India pada tahun 2004 (Joshi et al. 2005). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peternak tersebut tidak memiliki Apo L-1 dalam darahnya sehingga *T. evansi* mampu menginfeksi tubuhnya. Namun, konsep lain muncul ketika terjadi kasus Surra pada manusia yang menyerang seorang wanita pekerja pabrik di Vietnam (Chau et al. 2016).

Kasus Surra pada manusia yang terjadi di Vietnam mengindikasikan kejadian resistensi *T. evansi* terhadap faktor trypanolitik (Apo L-1). Hasil pemeriksaan terhadap kadar Apo L-1 dalam darah tergolong normal dengan nilai konsentrasi 3.394 ng/ml (konsentrasi manusia normal 1.056-7.400 ng/ml). Analisis sekuensing terhadap fragmen DNA Apo L-1 juga tidak menunjukkan mutasi seperti yang terjadi pada pasien di India (Chau et al. 2016).

Data menarik yang diperoleh di lapang memperlihatkan sekitar 10 peternakan sapi dan kerbau yang berjarak 0,5 km dari tempat tinggal penderita. Sebanyak 121 hewan mengelilingi tempat tinggal penderita, yaitu 35 ekor sapi, 27 ekor kerbau, 17 ekor babi, 37 ekor ayam, empat ekor anjing dan seekor kucing. Berdasarkan hasil pengujian parasitologi di bawah mikroskop menunjukkan bahwa 3 dari 22 (14%) sampel darah sapi yang diuji memberikan hasil positif terinfeksi *Trypanosoma* spp, sedangkan sampel darah yang lainnya memberikan hasil yang negatif (Chau et al. 2016). Hasil pengujian PCR menunjukkan data yang berbeda, yaitu 9 dari 22 (41%) sapi positif, sedangkan

berdasarkan uji CATT dan ELISA memberikan hasil positif sebanyak 17 dari 22 (77%) sapi yang diperiksa.

Pengujian dilanjutkan dengan membandingkan sekuen DNA *T. evansi* yang berasal dari sapi di lingkungan tersebut dengan sekuen DNA *T. evansi* yang diisolasi dari wanita tersebut. Berdasarkan hasil sekuen fragmen 18S rDNA menunjukkan bahwa kedua isolat tersebut 99,5% homolog. Hasil sekuen DNA dengan menggunakan marka RoTat 1,2 juga memberikan hasil yang positif. Hal ini mengindikasikan bahwa jenis *T. evansi* yang menginfeksi sapi dan pasien tersebut adalah tipe A yang umumnya tersebar luas di Asia (Chau et al. 2016).

Meskipun pengamatan di lapang menunjukkan penderita tidak pernah kontak langsung dengan ternak, seperti kuda, sapi, kerbau, anjing termasuk tidak pernah digigit serangga, tetapi hasil wawancara dengan beberapa peternak mengkonfirmasi bahwa gejala klinis Surra dijumpai pada empat peternakan yang terletak di sekitar rumahnya. Gejala yang nampak antara lain termenung (pandangan kosong) dan lumpuh, serta kematian yang mengindikasikan infeksi *T. evansi*.

UJI SEROLOGIS SURRA PADA MANUSIA DI INDONESIA

Uji serologis pada peternak Indonesia telah dilaporkan oleh Sawitri et al. (2018, *in press*) di Pulau Sumba tahun 2012. Investigasi ini dilakukan pada saat terjadi wabah Surra di daerah tersebut yang menyebabkan ribuan ternak mati. Pulau Sumba merupakan pulau yang belum pernah terintroduksi parasit *T. evansi* sampai tahun 2009. Penyakit ini masuk ke Pulau Sumba pada tahun 2010 yang diduga terbawa oleh seekor kuda dari Sumbawa pada acara adat pacuan kuda. Vektor lalat penghisap darah (*Tabanus* spp, *Stomoxys* spp dan *Hipobosca* spp) yang melimpah mengakibatkan parasit ini tersebar cepat ke daerah yang lain di pulau tersebut. Ternak dan peternak di pulau tersebut belum memiliki kekebalan tubuh terhadap *T. evansi*. Uji serologis tersebut ditujukan untuk mengetahui apakah peternak di Pulau Sumba juga terpapar oleh parasit darah ini.

Sebanyak 24 serum peternak yang tersebar di empat Puskesmas di daerah Sumba Barat Daya diuji dengan metode CATT/*T. evansi* dan Field ELISA (FELISA *T. evansi*). Hasil investigasi ini mampu mendeteksi 16,7% (4/24) peternak positif terhadap uji serologis *T. evansi* mengindikasikan terjadinya kontak yang relatif aktif antara peternak dengan vektor Surra, yaitu lalat penghisap darah antara lain *Tabanus* spp, *Stomoxys* spp, *Haematobia* spp atau spesies yang lainnya. Studi ini merupakan studi pertama kali yang dilakukan terkait dengan potensi Surra menjadi penyakit zoonosis baru di Indonesia (Sawitri et al. 2018, *in press*).

Menurut Brun (2005) bahwa setidaknya terdapat dua hipotesis yang dapat menjelaskan mengapa Surra mampu menginfeksi manusia atau peternak. Hipotesis pertama adalah kemungkinan terjadinya mutasi pada *T. evansi* yang mengakibatkan terjadinya resistensi parasit ini terhadap faktor trypanolitik yang terdapat dalam serum manusia normal. Xie et al. (1998) melaporkan bahwa stok isolat *T. evansi* dari Tiongkok mampu bertahan hidup pada serum manusia normal. Isolat-isolat tersebut menjadi resisten setelah ditantang dengan serum manusia normal kemudian dipasasekan secara berulang ke mencit hingga 25 kali. Pada pasase ke-20, isolat *T. evansi* diketahui telah menjadi isolat yang resisten terhadap serum darah normal, termasuk menjadi resisten terhadap Apo L-1 (faktor trypanolitik). Hasil pengamatannya menunjukkan bahwa tidak lagi dijumpai kematian *T. evansi* yang diinkubasi dalam serum manusia normal pada suhu 37°C selama dua jam (Xie et al. 1998). Kejadian spesies *Trypanosoma* yang resisten terhadap serum manusia normal juga ditemukan pada *T. congolense* (Van Xong et al. 2002). Kondisi ini sangat memungkinkan terjadi di alam, sehingga kasus Surra manusia yang terjadi akhir-akhir ini harus mendapat perhatian yang cukup serius karena parasit memiliki karakter yang mampu beradaptasi terhadap lingkungan yang sangat baik.

Kejadian resistensi ini juga dibuktikan oleh Lai et al. (2010) yang melakukan uji *in vitro* dan *in vivo* pada mencit. Sebanyak 15 stok isolat *T. evansi* yang berasal dari beberapa negara (Tiongkok, Vietnam, Kazakhstan, Filipina dan Indonesia) diinokulasikan pada mencit BALB/c dan diobati dengan injeksi serum manusia normal. Hasil studi ini menunjukkan bahwa 5 dari 15 isolat tersebut (isolat dari Tiongkok dan Vietnam) resisten secara alamiah terhadap serum manusia normal yang ditandai dengan kematian mencit mencapai 57-100% pasca-pengobatan. Sekitar 50% mencit yang diinfeksi dengan lima isolat tersebut mengalami *relaps* (menghilang sementara dari sistem peredaran darah) pada hari ke-13 hingga ke-22 setelah pengobatan dengan serum manusia normal, tetapi selanjutnya tingkat parasitemia meningkat tajam hingga 109 trypanosoma/ml dalam empat hari, kemudian mencit mengalami kematian hingga 100%. Kejadian mencit yang mati ini diduga karena pengobatan serum normal manusia tidak mampu melisis parasit *T. evansi* dalam tubuh mencit, sehingga parasit terus berkembang di dalam tubuh dan menyebabkan kematian. Sebaliknya, mencit yang hidup dan kembali sehat mengindikasikan bahwa *T. evansi* masih peka terhadap serum manusia normal yang mampu menghambat perkembangan parasit ini dalam tubuh mencit.

Hipotesis yang kedua adalah tidak teresponsnya protein faktor trypanolitik (Apo L-1) pada serum manusia akibat terjadinya mutasi pada gen tertentu dalam tubuh. Vanhollebeke et al. (2006) membuktikan

terdapatnya dua mutasi pada gen yang mengode Apo L-1 pada penderita Surra di India, yaitu pada posisi basa ke-142 dan 266. Mutasi tersebut menyebabkan Apo L-1 tidak terekspresi pada serum darahnya, sehingga tidak mampu melisis *T. evansi* ketika terjadi infeksi parasit ini. Akibatnya, parasit ini mampu berkembang cepat dalam tubuh penderita Surra.

Desquesnes et al. (2013) menambahkan bahwa ketidakberadaan Apo L-1 bukan merupakan satu-satunya faktor yang menyebabkan manusia dapat terjangkit Surra. Penderita immunosupresi dilaporkan memiliki risiko yang tinggi terhadap infeksi *T. evansi*, terutama jika mereka tinggal di daerah endemik Surra. Pernyataan ini dibenarkan oleh Wabale et al. (2015) yang melaporkan kasus trypanosomiasis yang disebabkan oleh *T. evansi* pada wanita yang sedang hamil dan menderita penyakit retroviral tuberkulosis limfadenitis di Mumbai, India. Penderita mengalami immunosupresi sehingga terjangkit Surra.

Kejadian Surra pada manusia di Vietnam juga membuktikan bahwa ketidakberadaan Apo L-1 bukan sebagai faktor utama penyebab infeksi ini (Chau et al. 2016). Penderita adalah seorang wanita pekerja pabrik yang sedang menyusui bayi. Wanita tersebut menderita demam berkepanjangan, memiliki Apo L-1 yang normal di dalam serumnya tidak berstatus immunosupresi tetapi berdasarkan uji parasitologi, serologis dan PCR dikonfirmasi positif terinfeksi *T. evansi*.

Walaupun studi yang dilakukan Sawitri et al. (2018, *in press*) telah membuktikan keberadaan seropositif Surra pada peternak di Sumba Barat Daya, namun pada penelitian ini tidak dilakukan pencatatan terhadap gejala klinis yang diderita oleh para peternak. Studi tersebut menggunakan bank serum yang dikoleksi dari beberapa puskesmas sehingga tidak dapat ditindaklanjuti dengan pengujian secara molekular untuk mengonfirmasi keberadaan parasit di dalam tubuh peternak.

Kasus Surra pada manusia telah terjadi di beberapa negara, khususnya di daerah-daerah endemik Surra. Kejadian-kejadian tersebut masih perlu dipelajari secara detail untuk menjawab beberapa hal yang belum diketahui tentang pergeseran karakter spesies *Trypanosoma* pada ternak yang mampu menginfeksi manusia. Parashar et al. (2016) mencatat beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya Surra pada manusia antara lain peternak dan dokter hewan praktisi yang kurang higienis, kegagalan dalam mendiagnosis penyakit, survei epidemiologi yang jarang dilakukan, lemahnya pengetahuan tentang mekanisme penularan penyakit dan habitat vektor penyakit, terjadinya resistensi obat, peningkatan transportasi ternak tanpa pengawasan, tidak tersedia standar pemeriksaan karantina dan perubahan lingkungan yang terjadi secara tiba-tiba. Faktor tersebut diduga menjadi pemicu timbulnya pergeseran karakter

agen penyebab penyakit hewan atau ternak menjadi bersifat infeksius terhadap manusia.

Lebih lanjut, Lun et al. (2009) menjelaskan bahwa infeksi trypanosomiasis pada manusia yang disebabkan oleh spesies *Trypanosoma* pada ternak harus diperhatikan lebih serius. Tidak hanya pada spesies *T. evansi*, tetapi juga pada spesies lainnya seperti *T. lewisi* dan *T. congolense*. Pernyataan ini juga didukung oleh studi terbaru yang membuktikan bahwa *T. evansi* mampu tumbuh dan beramplifikasi dengan baik pada monyet dengan manifestasi klinis yang menyerupai penyakit tidur pada manusia (Misra et al. 2016). Agen penyakit tersebut berpotensi sebagai bahaya laten yang dapat menimbulkan wabah sewaktu-waktu apabila diabaikan. Trypanosomiasis pada ternak harus dimonitor dan dikendalikan dengan lebih hati-hati untuk meminimalkan kejadian risiko infeksi *T. evansi* yang kemungkinan telah beradaptasi dengan serum normal manusia dan menghindari mekanisme trypanolitik pada darah. Sejauh ini belum ada vaksin yang tersedia untuk mengendalikan Surra baik pada hewan maupun pada manusia (Wabale et al. 2015). Perhatian kedua penyakit trypanosomiasis baik pada ternak dan manusia harus dilakukan oleh pihak-pihak terkait sehingga angka kejadian kedua penyakit tersebut dapat ditekan, terutama pada daerah endemik Surra seperti di kepulauan Indonesia.

KESIMPULAN

Trypanosoma evansi merupakan salah satu parasit yang memiliki daerah penyebaran yang paling luas di dunia dan mampu menginfeksi hampir semua hewan dan dilaporkan juga dapat menginfeksi manusia sehingga berpotensi sebagai zoonosis baru yang perlu mendapat perhatian. Kejadian resistensi spesies *Trypanosoma* pada hewan, seperti *T. brucei*, *T. evansi* dan *T. congolense* secara alamiah terhadap serum manusia normal juga harus diwaspadai karena berpotensi untuk menular ke manusia. Belum terdapat program pengendalian vektor Surra yang efektif, semakin meningkatkan risiko penyebaran infeksi penyakit ini menjadi luas. Keberadaan tikus liar yang menjadi reservoir dan hidup bersama di lingkungan pemukiman penduduk juga perlu mendapat perhatian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Rady A. 2008. Epidemiological studies (parasitological, serological and molecular techniques) of *Trypanosoma evansi* infection in camels (*Camelus dromedarius*) in Egypt. Vet World. 1:325-328.
- Brun R. 2005. Human asian trypanosomiasis, a new threat to human health? Am J Trop Med Hyg. 73:484.

- Chau NVV, Chau LB, Desquesnes M, Herder S, Lan NPH, Campbell JI, Cuong N Van, Yimming B, Chalermwong P, Jittapalapong S, et al. 2016. A clinical and epidemiological investigation of the first reported human infection with the zoonotic parasite *Trypanosoma evansi* in Southeast Asia. Clin Infect Dis. 62:1002-1008.
- Da Silva SA, Neto OASDA, Costa MM, Wolkmer P, Mazzantti CM, Santurio JM, Lopes STDA, Monteiro G. 2010. Tripanossomose em equinos na região sul do Brasil. Acta Sci Vet. 38:113-120.
- Desquesnes M, Bossard G, Thévenon S, Patrel D, Ravel S, Pavlovic D, Herder S, Patout O, Lepetitcolin E, Hollzmuller P, et al. 2009. Erratum to development and application of an antibody-ELISA to follow up a *Trypanosoma evansi* outbreak in a dromedary camel herd in France. Vet Parasitol. 162:214-220.
- Desquesnes M, Dargantes A, Lai DH, Lun ZR, Holzmuller P, Jittapalapong S. 2013. *Trypanosoma evansi* and Surra: A review and perspectives on transmission, epidemiology and control, impact, and zoonotic aspects. Biomed Res Int. 2013:1-20.
- Dia ML, Van Meirvenne N, Magnus E, Luckins AG, Diop C, Thiam A, Jacquet P, Hamers R. 1997. Evaluation de quatre tests de diagnostic: Frottis sanguins, CATT, IFI et ELISA-Ag dans l'étude de l'épidémiologie de la trypanosomose cameline à *Trypanosoma evansi* en Mauritanie. Rev Elev Med Vet Pays Trop. 50:29-36.
- Dobson RJ, Dargantes AP, Mercado RT, Reid SA. 2009. Models for *Trypanosoma evansi* (Surra), its control and economic impact on small-hold livestock owners in the Philippines. Int J Parasitol. 39:1115-1123.
- Foil LD, Adams WV., McManus JM, Issel CJ. 1987. Blood meal residues on mouthparts of *Tabanus fuscicostatus* (diptera: Tabanidae) and the potential for mechanical transmission of pathogens. J Med Entomol. 24:613-616.
- Gill B. 1977. Trypanosomes and Trypanosomiasis of Indian livestock, Indian Council of Agricultural Research (ICAR).
- Gutierrez C, Desquesnes M, Touratier L, Büscher P. 2010. *Trypanosoma evansi*: Recent outbreaks in Europe. Vet Parasitol. 174:26-29.
- Haridy FM, El-Metwally MT, Khalil HH, Morsy TA. 2011. *Trypanosoma evansi* in dromedary camel: with a case report of zoonosis in greater Cairo, Egypt. J Egypt Soc Parasitol. 41:65-76.
- Holland WG, Thanh NG, Do TT, Sangmaneedet S, Goddeeris B, Vercruysse J. 2005. Evaluation of diagnostic tests for *Trypanosoma evansi* in experimentally infected pigs and subsequent use in field surveys in North Vietnam and Thailand. Trop Anim Health Prod. 37:457-467.
- Joshi PP, Chaudhari A, Shegokar VR, Powar RM, Dani VS, Somalwar AM, Jannin J, Truc P. 2006. Treatment and follow-up of the first case of human trypanosomiasis caused by *Trypanosoma evansi* in India. Trans R Soc Trop Med Hyg. 100:989-991.
- Joshi PP, Shegokar VR, Powar RM, Herder S, Katti R, Salkar HR, Dani VS, Bhargava A, Jannin J, Truc P. 2005. Human trypanosomiasis caused by *Trypanosoma evansi* in India: The first case report. Am J Trop Med Hyg. 73:491-495.
- Kocher A, Desquesnes M, Yangtara S, Morand S, Jittapalapong S. 2015. Is the oriental house rat (*Rattus tanezumi*) a potential reservoir for *Trypanosoma evansi* in Thailand? J Wildl Dis. 51:719-723.
- Kumar R, Kumar S, Khurana SK, Yadav SC. 2013. Development of an antibody-ELISA for seroprevalence of *Trypanosoma evansi* in equids of North and North-Western regions of India. Vet Parasitol. 196:251-257.
- Lai DH, Wang QP, Li Z, Luckins AG, Reid SA, Lun ZR. 2010. Investigations into human serum sensitivity expressed by stocks of *Trypanosoma brucei evansi*. Int J Parasitol. 40:705-710.
- Liu B, Liu Y, Motyka SA, Agbo EEC, Englund PT. 2005. Fellowship of the rings: The replication of kinetoplast DNA. Trends Parasitol. 21:363-369.
- Luckins AG. 1994. Equine trypanosomiasis. Exotic disease series. Equine Vet Educ. 6:259-262.
- Lun ZR, Reid SA, Lai DH, Li FJ. 2009. Atypical human trypanosomiasis: A neglected disease or just an unlucky accident? Trends Parasitol. 25:107-108.
- Milocco C, Kamyngkird K, Desquesnes M, Jittapalapong S, Herbreteau V, Chaval Y, Douangboupouha B, Morand S. 2013. Molecular demonstration of *Trypanosoma evansi* and *Trypanosoma lewisi* DNA in wild rodents from Cambodia, Lao PDR and Thailand. Transbound Emerg Dis. 60:17-26.
- Misra KK, Roy S, Choudhury A. 2016. Biology of *Trypanosoma (Trypanozoon) evansi* in experimental heterologous mammalian hosts. J Parasit Dis. 40:1047-1061.
- Nguyen QD, Nguyen TT, Pham QP, Le NM, Nguyen GTT, Inoue N. 2013. Seroprevalence of *Trypanosoma evansi* infection in water buffaloes from the mountainous region of North Vietnam and effectiveness of trypanocidal drug treatment. J Vet Med Sci. 75:1267-269.
- Njiru ZK, Ouma JO, Enyaru JC, Dargantes AP. 2010. Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) test for detection of *Trypanosoma evansi* strain B. Exp Parasitol. 125:196-201.
- OIE. 2012. *Trypanosoma evansi* infection (Surra). Paris (France): OIE.
- Otto MA, Silva ASD, Gressler LT, Farret MH, Tavares KCS, Zanette RA, Miletti LC, Monteiro SG. 2010. Susceptibility of *Trypanosoma evansi* to human blood and plasma in infected mice. Vet Parasitol. 168:1-4.

- Parashar R, Singla LD, Kaur P. 2016. Is Atypical human trypanosomosis an emerging threat to human society?: A debatable one health issue to public health experts and parasitologists. *Int J Vet Sci Res.* 2:36-41.
- Pays E, Vanhollebeke B. 2008. Mutual self-defence: The trypanolytic factor story. *Microbes Infect.* 10:985-989.
- Pays E, Vanhollebeke B, Vanhamme L, Paturiaux-Hanocq F, Nolan DP, Pérez-Morga D. 2006. The trypanolytic factor of human serum. *Nat Rev Microbiol.* 4:477-486.
- Powar R, Shegokar V, Joshi P, Dani V, Tankhiwale N, Truc P, Jannin J, Bhargava A. 2006. A rare case of human trypanosomiasis caused by *Trypanosoma Evansi*. *Indian J Med Microbiol.* 24:72-74.
- Pumhom P, Pognon D, Yangtara S, Thapraphorn N, Milocco C, Douangbouphe B, Herder S, Chaval Y, Morand S, Jittapalpong S, Desquesnes M. 2014. Molecular prevalence of *Trypanosoma* spp in wild rodents of Southeast Asia: Influence of human settlement habitat. *Epidemiol Infect.* 142:1221-1230.
- Queiroz AO, Cabello PH, Jansen AM. 2000. Biological and biochemical characterization of isolates of *Trypanosoma evansi* from pantanal of Matogrosso - Brazil. *Vet Parasitol.* 92:107-118.
- Rademaker V, Herrera HM, Raffel TR, D'Andrea PS, Freitas TPT, Abreu UGP, Hudson PJ, Jansen AM. 2009. What is the role of small rodents in the transmission cycle of *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma evansi* (kinetoplastida trypanosomatidae)? A study case in the Brazilian Pantanal. *Acta Trop.* 111:102-107.
- Raina AK, Kumar R, Sridhar VSR, Singh RP. 1985. Oral transmission of *Trypanosoma evansi* infection in dogs and mice. *Vet Parasitol.* 18:67-69.
- Ravindran R, Rao J, Mishra A, Pathak K, Babu N, Sathesh C, Rahul S. 2008. *Trypanosoma evansi* in camels, donkeys and dogs in India: Comparison of PCR and light microscopy for detection-short communication. *Veternarski Arh.* 78:89-94.
- Reid SA, Husein A, Copeman DB. 2001. Evaluation and improvement of parasitological tests for *Trypanosoma evansi* infection. *Vet Parasitol.* 102:291-297.
- Rodríguez NF, Tejedor-Junco MT, Hernández-Trujillo Y, González M, Gutiérrez C. 2010. The role of wild rodents in the transmission of *Trypanosoma evansi* infection in an endemic area of the Canary Islands (Spain). *Vet Parasitol.* 174:323-327.
- Salim B, de Meeûs T, Bakheit MA, Kamau J, Nakamura I, Sugimoto C. 2011. Population genetics of *Trypanosoma evansi* from camel in the Sudan. *PLoS Negl Trop Dis.* 8:e3417.
- Sawitri DS. 2016. Studi virulensi *Trypanosoma evansi* isolat Indonesia dengan penentuan marka molekular DNA mikrosatelit dan analisis profil sitokin pada mencit (*Mus musculus*). Fakultas Kedokteran, Program Doktor Ilmu Biomedik. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Shegokar VR, Powar RM, Joshi PP, Bhargava A, Dani VS, Katti R, Zare VR, Khanande VD, Jannin J, Truc P. 2006. Short report: Human trypanosomiasis caused by *Trypanosoma evansi* in a village in India: Preliminary serologic survey of the local population. *Am J Trop Med Hyg.* 75:869-870.
- Da Silva AS, Duck MRK, Fanfa VDR, Otto MA, Nunes JTS, Tonin AA, Jaques JA, Paim FC, Duarte MMMF, Monteiro SG. 2012. Trypanocidal activity of human plasma on *Trypanosoma evansi* in mice. *Rev Bras Parasitol Veterinária.* 21:55-59.
- Da Silva AS, Wolkmer P, Tavares KCS, Gressler LT, Otto MA, Bess F, Zanette RA, Monteiro SG. 2009. Patogenicidade do um isolado de *Trypanosoma evansi* em ratos inoculados com o parasito em sangue in nature e criopreservado. *Ciência Rural.* 39:1842-1846.
- Silva RAMS, Barros ATM, Herrera HM. 1995. Trypanosomosis outbreaks due to *Trypanosoma evansi* in the Pantanal, Brazil. A preliminary approach on risk factors. *Rev D'Élevage Médecine Vétérinaire des Pays Trop.* 48:315-319.
- Sim ST, Wiwanitkit V. 2015. Emerging human trypanosomiasis in Southeast Asia: A coming new threat? *J Nat Sci.* 1:e29.
- Singla LD, Sumbria D. 2016. Human atypical trypanosomosis in Indian Subcontinent. *Veterinaria.* 4:7-10.
- Tejero F, Roschman G, Carmona A, Mercedes T, Aso P. 2008. *Trypanosoma evansi*: A quantitative approach to the understanding of the morphometry-hematology relationship throughout experimental murine infections. *Protozool Res.* 18:34-47.
- Touratier L, Das S. 2006. Confirmation et suspicion de trypanosome humaine a *Trypanosoma evansi* dans des zones a forte prevalence de Surra. In: Prem rencontre algero-francaise Parasitol. Algiers (Algeria).
- Truc P, Gibson W, Herder S. 2007. Genetic characterization of *Trypanosoma evansi* isolated from a patient in India. *Infect Genet Evol.* 7:305-307.
- Truc P, Büscher P, Cuny G, Gonzatti MI, Jannin J, Joshi P, Juyal P, Lun ZR, Mattioli R, Pays E, Simarro PP, Teixeira MM, Touratier L, Vincendeau P, Desquesnes M. 2013. Atypical human infections by animal trypanosomes. *Plos Negl Trop Dis.* 7:e2256: 1-7.
- Tuntasuvan D, Luckins A. 1998. Status Surra in livestock in Thailand. *J Protozool Res.* 8:162-170.
- Vanhollebeke B, Truc P, Poelvoorde P, Pays A, Joshi PP, Katti R, Jannin JG, Pays E. 2006. Human *Trypanosoma evansi* infection linked to a lack of apolipoprotein L-I. *N Engl J Med.* 355:2752-2756.
- Vergne T, Kamyinkird K, Desquesnes M, Jittapalpong S. 2011. Attempted transmission of *Trypanosoma evansi* to rats and mice by direct ingestion of contaminated

- blood and via engorged ticks. *Acta Protozool.* 50:133-136.
- Wabale V, Nalage P, Joshi A, Bharadwaj R, Desphande K, Chowdary A. 2015. Human asian trypanosomiasis due to *Trypanosoma evansi*: A rare case. *J Adv Parasitol.* 2:65-68.
- Warpe BM, More S V. 2014. A rare Indian case of human trypanosomiasis caused by *Trypanosoma lewisi*-like parasites. *J Biosci Technol.* 5:564-567.
- Womack S, Tarpley HL, Little SE, Latimer KS. 2006. *Trypanosoma evansi* in Horses. *Vet Clin Path Clerksh Program.* 2006:1-5.
- Xie J, Shen YL, Wang ZK. 1998. Selection of human serum resistant clone of *Trypanosoma brucei evansi*. *J Nanjing Agric Univ.* 21:98-101.
- Van Xong H, De Baetselier P, Pays E, Magez S. 2002. Selective pressure can influence the resistance of *Trypanosoma congolense* to normal human serum. *Exp Parasitol.*

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 (*ethical statement*) dan hak publikasi (*copyright transfer*) sebagaimana terlampir atau dapat diunduh di <http://medpub.litbang.pertanian.go.id/index.php/wartazoa/index>.

RUANG LINGKUP

Buletin ilmiah ini memuat tulisan hasil tinjauan, ulasan (*review*), kajian kebijakan dan gagasan serta pemikiran sistematis tentang peternakan dan veteriner. 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 5 (lima) 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 125-250 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** (apabila ada).
10. **Daftar pustaka:**
 - a. Penulisan menggunakan Program Mendeley
 - b. Minimal 25 acuan, diutamakan menggunakan pustaka 10 tahun terakhir dan minimal 80% pustaka primer. Sitasi hasil penulisan sendiri paling banyak 30% dari total acuan.
 - c. Pustaka dari internet hanya diperbolehkan dari sumber yang dapat dipertanggungjawabkan seperti jurnal, instansi pemerintah atau swasta.
 - d. 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. Komposisi kimia susu kambing, sapi dan kerbau organik

Komposisi kimia (%)	Susu kambing ^a		Susu sapi ^b		Susu kerbau ^c	
	Organik	Konvensional	Organik	Konvensional	Organik	Konvensional
Lemak	3,6	5,4	3,7	3,8	8,5	8,3
Protein	3,5	3,4	3,3	3,4	4,6	4,5
Laktosa	4,9	4,8	4,7	4,7	4,7	4,7
BKTL	7,6	6,7	td	td	10,3	10,2
Total padatan	10,7	10,9	10,1	9,0	td	td

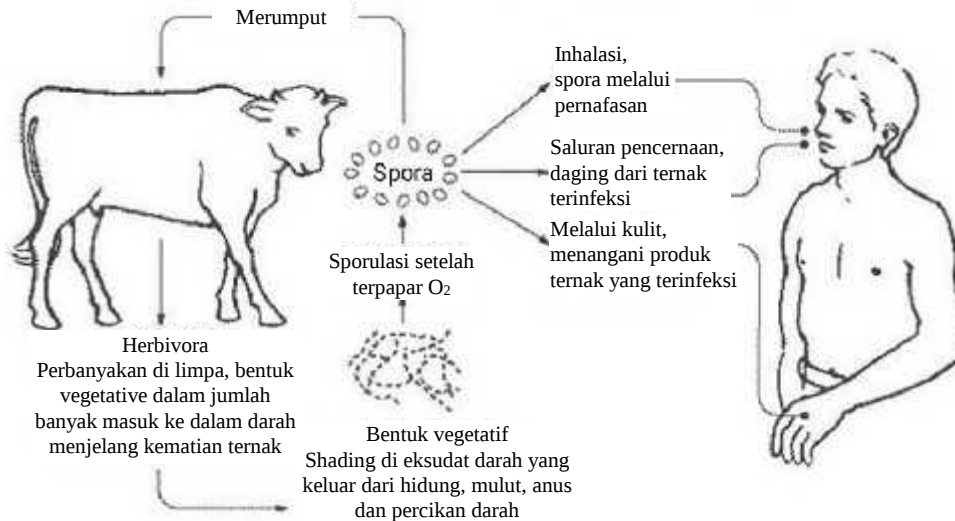
td: Data tidak tersedia; BKLT: Berat kering tanpa lemak

Sumber: ^aTsiplakou et al. (2010); ^bBattaglini et al. (2009); ^cDi Francia et al. (2007)

12. **Gambar/grafik:**

- Judul menggunakan *Times New Roman* dengan jarak 1 spasi dan font 11, berupa kalimat singkat dan jelas diletakkan di bawah gambar/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:



Gambar 1. Penularan penyakit antraks pada ternak dan manusia

Sumber: Qureshi (2012) 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 menggunakan Program Mendeley (<http://www.mendeley.com>) dengan gaya sitasi mengikuti Council of Science Editor (CSE) edisi ke-7 tahun 2006.
- Pustaka harus ditulis nama penulis terlebih dahulu, diikuti tahun, contoh: Martindah (2017) atau (Martindah 2017).
- Bila ada dua nama penulis dalam satu makalah, maka nama penulis harus ditulis semua, contoh: Putra & Indriastuti (2011) atau (Putra & Indriastuti 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: Wina et al. (2017) atau (Wina et al. 2017) dan di dalam daftar pustaka ditulis lengkap 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: (Sumanto 2012; Gunawan & Talib 2016; Wina et al. 2017).
- Pustaka dalam pustaka seperti contoh: Teleni dalam Widiawati (2012) tidak diperkenalkan.
- 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 cantumkan 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:

Widowati W, Sastiono A, Rumampuk RJ. 2008. Efek toksik logam pencegahan dan penanggulangan pencemaran. Yogyakarta (Indonesia): Penerbit Andi.

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.

Wina E. 2012. Saponins: Effect on rumen microbial ecosystem and metabolism in the rumen. In: Patra AK, editor. Dietary phytochemicals and microbes. Dordrecht (Germany): Springer. p. 311-350.

Internet:

WHO. 2017. Emergencies preparedness, response: Anthrax. World Health Organization [Internet]. [cited 12 February 2017]. Available from: <http://www.who.int/csr/disease/Anthrax/anthraxfaq/en/>

Prosiding:

Nuradji H, Adjid RMA, Nirmalasanti N, Khadijah S, Sekarwati HD, Widyasari D. 2017. Evaluasi Tiga Prosedur Penyiapan Sampel Daging untuk Deteksi Penyakit Mulut dan Kuku dengan Uji RT-PCR. Dalam: Puastuti W, Muharsini S, Inounu I, Tiesnamurti B, Kusumaningtyas E, Wina E, Herawati T, Hartati, Hutasoit R, penyunting. Teknologi Peternakan dan Veteriner Mendukung Diversifikasi Sumber Protein Asal Ternak. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 8-9 Agustus 2017. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 158-165.

Skripsi/Tesis/Disertasi:

Roza E. 2013. Pengaruh penggunaan daun singkong sebagai pakan suplemen terhadap performans, produksi dan gejala reproduksi ternak kerbau yang dipelihara secara tradisional [Tesis]. [Padang (Indonesia)]: Universitas Andalas.

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>



To:
Editorial Office of WARTAZOA
Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan
Jl. Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor 16128

ETHICAL STATEMENT

Herewith, we submit a manuscript to be published in WARTAZOA:

Name :
Institution :
Title :

We declare that the proposed manuscript is written by ourselves or team work that:

- ☐ Provide original contents without any fabrication, falsification, plagiarism, duplication, fragmentation and violation of copyrights on the data/contents
- ☐ Agree to follow in peer review process based on WARTAZOA's procedures
- ☐ Should not be or under process of publishing elsewhere.

We declare that this ethical statement has been made by ourselves with honesty and high responsibility based on the decree of Head of Indonesian Institute of Science No. 06/E/2013 about Researcher Ethics Code.

....., 2018

Submitted by:

Co-author(s):

Name	Signature



COPYRIGHT TRANSFER

Title :

Author(s) : 1.
2.
3.

Institution : 1.
2.
3.

The manuscript is guaranteed for its originality and author(s) agree to transfer copyright to WARTAZOA when manuscript is accepted for publication by the Editorial Office.

Person(s) listed as author(s) have contributed significantly to its content and intellectual property along with responsibility to public. If in any case, there should be a violation of copyright rules, then it would be author(s) responsibility not obliged to WARTAZOA Editorial Office.

The manuscript has not been published or is not being submitted for publication elsewhere.

....., 2018

Approved by,
(Author or first author)

Co-author(s):

Name	Signature

Registered in:

