

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 4
Desember 2018



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

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 28 Nomor 4 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

Ada beberapa macam penyakit arbovirus yang menyerang ternak dan *African horse sickness* (AHS) merupakan salah satu penyakit arbovirus yang penting dan fatal pada kuda serta penularannya harus melalui vektor. Penyakit ini berpotensi menyebar dengan cepat dan berdampak bagi kesehatan masyarakat dan sosial ekonomi terutama pada perdagangan internasional kuda dan produknya. Penyakit AHS menjadi salah satu penyakit yang harus diwaspadai ketika Indonesia menjadi tuan rumah Asian Games yang juga mempertandingkan olahraga berkuda.

Kebutuhan akan bahan pakan ayam semakin meningkat setiap tahunnya. Insekta menjadi salah satu bahan pakan yang diharapkan menjadi sumber protein alternatif dalam ransum ayam pedaging di masa depan, seiring dengan semakin meningkatnya harga tepung ikan, semakin besarnya penggunaan bahan pakan berbasis kedelai. Beberapa insekta memiliki kadar protein yang tinggi tetapi juga mengandung senyawa kitin dan lemak yang tinggi akan menghambat pencernaan. Proses lanjutan untuk menghilangkan senyawa penghambat akan meningkatkan pemakaian insekta di dalam pakan ayam. Produk ayam yang dihasilkan adalah daging dan telur ayam. Selain dikonsumsi sebagai sumber protein manusia, telur ayam juga memiliki sifat antibakteri yang dapat dikembangkan sebagai senyawa antibakteri. Bagian dari telur ayam yang memiliki sifat antibakteri yaitu lisozim. Lisozim merupakan salah satu protein penyusun komponen putih telur ayam yang berperan penting sebagai sistem proteksi selama proses pertumbuhan embrio. Sistem proteksi lisozim dapat diaplikasikan dalam bidang pangan dan kesehatan dengan memahami struktur protein, komponen asam amino dan urutan asam aminonya. Sistem proteksi lisozim memperlihatkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram positif sehingga banyak digunakan sebagai pengawet pangan.

Pakan ruminansia dapat dibuat dengan memanfaatkan hasil samping pertanian. Hasil samping yang dihasilkan dari tanaman perkebunan sawit dan industri minyak sawit bervariasi, baik dari jumlah maupun kualitasnya dan dapat dikategorikan menjadi limbah berserat dan tidak berserat (konsentrat). Hasil samping ini memiliki potensi kuat dalam mendukung produksi kambing dan domba meskipun ada beberapa faktor pembatas di dalamnya. Oleh sebab itu, pembatasan penggunaan bahan tersebut dalam campuran pakan juga perlu diterapkan untuk menghasilkan tingkat produksi yang tepat bagi domba dan kambing.

Usaha pembibitan sapi potong kurang diminati oleh pemodal karena secara ekonomis kurang menguntungkan dan dibutuhkan waktu pemeliharaan yang cukup panjang dibandingkan dengan usaha penggemukan. Indonesia memiliki sejumlah rumpun sapi yang memiliki keunggulan tertentu sebagai sapi penghasil daging dengan daya adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan setempat. Upaya memperatahkan kualitas genetik sapi lokal yang unggul, dapat dilakukan melalui program pembibitan sapi yang terarah dan berkesinambungan.

Semoga publikasi edisi keempat 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, Desember 2018

Ketua Dewan Penyunting

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 28 Nomor 4 (Desember 2018)

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

DAFTAR ISI

Halaman

Kewaspadaan terhadap <i>African Horse Sickness</i> sebagai Penyakit <i>Emerging Arbovirus</i> (Awareness of African Horse Sickness as an Emerging Arbovirus Disease) Atik Ratnawati, M Saepullah, I Sendow dan NLPI Dharmayanti	153-160
Pemanfaatan Insekta sebagai Bahan Pakan dalam Ransum Ayam Pedaging (The Utilization of Insects as Feedstuff in Broiler Diet) Cecep Hidayat	161-174
Lisozim dari Putih Telur Ayam sebagai Agen Antibakterial (Lysozyme from Chicken Egg White as an Antibacterial Agent) Syahrizal Nasution, E Kusumaningtyas, DN Faridah dan HD Kusumaningrum	175-188
Nutritional Support for Small Ruminant Development Based on Oil Palm By-products (Dukungan Nutrisi dalam Pengembangan Ternak Ruminansia Berbasis Hasil Samping Kelapa Sawit) Simon P Ginting, K Simanihuruk, A Tarigan, and KR Pond	189-198
Program Pembibitan Sapi Potong Lokal Indonesia (Local Beef Cattle Breeding Program in Indonesia) Endang Romjali	199-210

WARTAZOA

ISSN 0216-6461

Date of issue 2018-12-31

The descriptors given are key words. These abstract sheets may be reproduced without permission or charge

UDC 636.082.25-293.2

Praharani L (IRIAP, Bogor)

Sianturi RSG (IRIAP, Bogor)

Inbreeding Depression and Alternative Solution in Buffaloes (Orig. Ind.)

Wartazoa March 2018, Vol. 28 No. 1, p. 1-12

Buff and dairy buffaloes have an important role in farming system to produce meat, milk, and fertilizer. Their productivity and population have been decreasing due to several reasons such as inbreeding depression and lack of sires. This paper presents alternative efforts to improve genetics of buffaloes through outbreeding facilitated by artificial insemination (AI) and estrus synchronization to decrease inbreeding rates. Effort to reduce inbreeding depression is conducted by introducing new buffalo genes from distant populations known as outbreeding. Indonesian Research Institute for Animal Production has initiated an outbreeding program in buffalo through AI. The pregnancy rate varies between 40-80% using estrus synchronization with prostaglandin and fixed time AI. Outbred offsprings have higher growth performance and selling price than offsprings of natural breeding. The outbreeding program through AI in buffaloes need to be sustainably carried out to increase availability of qualified breeding stocks.

(Author)

Key words: Inbreeding, outbreeding, artificial insemination, productivity, buffaloes

UDC 637.045

Priyono (ICARD, Bogor)

Priyanti A (ICARD, Bogor)

Perspective on the Production Availability of Animal Protein Source from Livestock in Indonesia (Orig. Ind.)

Wartazoa March 2018, Vol. 28 No. 1, p. 23-32

Human Development Index (HDI) is used to measure overall performance where Indonesia's HDI is ranked 110 out of 187 countries with an index value of 0.684 in 2015. Consumption of animal protein has a relationship with life expectancy and quality of life which determines the HDI performance. The paper describes on perspective development of animal protein source from livestock in Indonesia. The production development of animal protein source in overall (meat, eggs, and milk) had a positive growth during the period of 1994-2015 with the range of 1-6%/year, except that for buffalo meat production that decreased by 1.77%/year. The animal protein availability of meat was dominated by broiler production, followed by beef, mutton and others. The broiler meat production has the highest growth rate of 6.67%/year. Meanwhile, the animal protein source of non-meat production was dominated by eggs and milk production that the growth rate were 5.98 and 4.29%/year, respectively. In the same period, the meat production share was dominated by poultry meat, the rest derived from large ruminant, small ruminant, and other meat sources. Egg and milk production share also increased significantly during the period and share availability of beef production was less than 25% where its consumer participation was decreased. This indicates that beef is not a primary consumption for the majority people of Indonesia. Development program is needed to encourage an increase of the protein source from poultry meat, large ruminants, small ruminants, and milk.

(Author)

Key words: Protein from livestock, production, share

UDC 636.082.454

Hasbi H (Hasanuddin University, Makassar)

Gustina S (West Sulawesi University, Majene)

Androgen Regulation in Spermatogenesis to Increase Male Fertility (Orig. Ind.)

Wartazoa March 2018, Vol. 28 No. 1, p. 13-22

Male fertility is affected by quantity and quality of sperm which controlled by androgens (testosterone and 5 α -dihydrotestosterone) mediated by androgen receptors (AR). Androgen receptors belong to receptor group of steroid hormone and a group of ligand-activated nuclear receptor superfamily. This paper explains androgen hormone and its regulation in spermatogenesis to increase male fertility. Regulation of androgen hormone in spermatogenesis include initiation of spermatogenesis, proliferation and maturation of Sertoli cells, germ cell development, spermatogonia, meiosis, and spermiogenesis. The role of androgen hormone in regulation of spermatogenesis is influenced by AR, luteinizing hormone (LH), and follicle stimulating hormone (FSH) levels. Disruption of spermatogenesis will cause low male fertility. However, low concentrations of AR, LH and FSH could be enhanced by exogenous gonadotrophine releasing hormone (GnRH), LH, FSH, and testosterone to increase male fertility.

(Author)

Key words: Androgen, androgen receptor, spermatogenesis, male fertility

UDC 615.371

Ariyanti T (IRCVS, Bogor)

The Use of Bacteriophage for Detection and Biocontrol of Foodborne Pathogen (Orig. Ind.)

Wartazoa March 2018, Vol. 28 No. 1, p. 33-40

Bacteriophages are viruses that have ability to attack bacterial cells in specific receptors, infect, multiply in bacterial cells and eventually lyse bacterial cells. This unique bacteriophage character is highly beneficial because it is harmless to mammalian cells and does not interfere with natural microbes. Bacteriophages are easy to obtain because they are widespread in the environment such as soil, water, animal, and farm waste or food. This paper describes the potential use of bacteriophages to detect pathogen and foodborne pathogen biocontrol. Bacteriophages are very potential to control the growth of pathogenic bacteria both in food industry and environment. Bacteriophages act as antibiotics, detection tool for pathogenic bacteria in the food chain, food biopreservative from pathogen bacteria contamination, and foodborne disease prevention. Although research on bacteriophage in Indonesia has not been widely reported, research on bacteriophage utilization is being carried on.

(Author)

Key words: Bacteriophage, foodborne disease, antibiotics, pathogenic bacteria

UDC 636.083.314 Ahmad RZ (IRCVS, Bogor) Mycoremediation to Remove Heavy Metal Pollution in Post-Mining Areas for Farmland Utilization (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> March 2018, Vol. 28 No. 1, p. 41-50 The agriculture land including farmland is decreasing, caused by conversion to industrial area and settlement, therefore post-mining area is used to be farmlands. The utilization of post-mining area causes serious health problem in animals and humans due to heavy metal waste pollution (Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, and Pb). Efforts to overcome the pollution of heavy metals on farms can be carried out by preventing and controlling waste in post-mining and industry areas. There are several mycoremediation methods to recover heavy metal polluted land such as biosorption, bioaccumulation, bioprecipitation, bioreduction, and bioleaching. Mycoremediation is a process to remove pollutants or heavy metals from soil using potential fungi (<i>Aspergillus flavus</i>, <i>Penicillium</i> sp, <i>Fusarium</i> sp, <i>Saccharomyces cerevisiae</i>). Mycoremediation is chosen due to economical cost, efficient, and environmentally friendly. (Author) Key words: Contamination, mycoremediation, farmland, heavy metal, post-mining land	UDC 636.084.52:338.436 Priyono (ICARD, Bogor) Priyanto D (IRIAP, Bogor) Partnership Program on Bali Cattle Fattening Based on Local Resources in the Suboptimal Land of East Nusa Tenggara (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> June 2018, Vol. 28 No. 2, p. 61-68 Bali cattle is one of the Indonesian germplasms that well adapted to suboptimal areas including East Nusa Tenggara (NTT). Difficulties in accessing capital became one of the factors that hamper the development of Bali cattle in larger scale. One alternative to access capital is through partnership model of Bali cattle fattening based on local resources. Partnership model of Bali cattle fattening was initiated by village cooperative centre (<i>pusat koperasi unit desa</i> = PUSKUD) since 2002 in Kupang District, South Central Timor District, North Central Timor District, and Belu District. Profit sharing in this program is 70% for farmers and 30% for PUSKUD NTT. The partnership program has been performing well and growing rapidly. On the other hand, some problems occurred such as cattle death and forced sale due to lack of feed, especially during dry season. In its development, the partnership model has resulted in empowering farmers through increasing income and employment. (Author) Key words: Partnership, Bali cattle, fattening, local resources, suboptimal area
UDC 581.522.6 Iskandar I (IRIAP, Bogor) Phenotypic Characterization and Distribution of SenSi-1 Agrinak Chicken (Orig. Eng.) <i>Wartazoa</i> June 2018, Vol. 28 No. 2, p. 51-60 The utilization of local chicken genetic resources in Indonesia is increasing after the government program to achieve food sovereignty including livestock products. In the year of 2017, the Indonesian Research Institute for Animal Production (IRIAP) released SenSi-1 Agrinak chicken breed to be used as commercial meat type of local chicken in Indonesia. This paper describes development and distribution of the SenSi-1 Agrinak. This breed was selected from the native breed of Sentul chicken, originated from Ciamis District of West Java Province. The Sentul male was selected to achieve average live weight of 1 kg/bird at 10 weeks of age, with grey (G) and black spotted white (BSW) plumage color and pea-comb type. After six generations of selection, SenSi-1 Agrinak was released as an improved local meat-type chicken breed. License to private local chicken breeders is expected to increase SenSi-1 Agrinak population and distribution. Collaboration with several Assessment Institutes for Agricultural Technology (AIAT) and implementation of BEKERJA-Ministry of Agriculture program can accelerate population and distribution of SenSi-1 Agrinak chicken to farmers throughout Indonesia. (Author) Key words: SenSi-1 Agrinak chicken, selection, production, distribution	UDC 636.01:303.442.23 Romjali E (ICARD, Bogor) Development of Beef Cattle Innovation through "Field Laboratory" Approach (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> June 2018, Vol. 28 No. 2, p. 69-80 Economic growth in rural areas can be achieved by increasing the productivity of agricultural businesses. Beef cattle breeding farm is managed by small holder farmers with limited ownership integrated with other agricultural activities. This paper aims to provide information on developing beef cattle innovation at farm level through field laboratory (FL) approach or demonstration plot and direct participation with farmers. The development of cattle farming innovation at farm level is limited, hence, it is needed to improve the competitiveness of agricultural businesses. Field laboratory is a model for accelerating technology transfer to farmers. The introduction of innovation in beef cattle through FL can be adopted by farmers resulted in increasing the productivity of beef cattle and added value of livestock businesses. For sustainability of technological application, it requires supporting facilities and infrastructure such as institutional that provide production and marketing facilities. (Author) Key words: Innovation, field laboratory, beef cattle

UDC 632.3:577.2133 Noor SM (IRCVS, Bogor) DNA Amplification Technique for Detection of Bovine Brucellosis (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> June 2018, Vol. 28 No. 2, p. 81-88 Brucellosis which is one of cattle diseases, causes a very significant economic loss and categorized as zoonotic disease. Early detection of Brucellosis in livestock is very important to prevent the spread of disease to livestock and humans. The success of Brucellosis control depends on rapid, sensitive and specific detection methods. The aim of this paper is to review several methods of Brucellosis detection in cattle. Currently, the detection of Brucellosis in Indonesia is using serological and isolation methods. The latter method is the gold standard of Brucellosis diagnosis, however, its sensitivity is low. Therefore, molecular techniques with DNA amplification have been developed and applied in many countries both in livestock and humans because they are more sensitive, specific and rapid in detecting <i>Brucella</i> sp in blood, milk and semen samples. Various DNA amplification methods for detection of Brucellosis that have been developed including polymerase chain reaction (PCR), finger printing and loop-mediated isothermal amplification (LAMP). Both PCR and LAMP are more sensitive and specific in detecting <i>Brucella</i> sp than conventional techniques. PCR technique has advantages in detecting <i>Brucella</i> sp species to serotype and biovar levels. In addition, PCR reagents are cheaper and easier to obtain than LAMP even though, LAMP procedure is simpler and faster. (Author) Key words: Brucellosis, cattle, detection, molecular, DNA	UDC 613.165:636.03 Bansi H (Maluku AIAT, Ambon) Utilization of Infrared Thermography in Cattle Production and Its Application Potency in Indonesia (Orig. Eng.) <i>Wartazoa</i> September 2018 Vol. 28 No. 3, p. 99-106 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, 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. (Author) Key words: Infrared thermography, body temperature, cattle
UDC 577.182.42:636.087.8 Kusumaningtyas E (IRCVS, Bogor) Application of Peptide for Improving Animal Health and Livestock Productivity (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> June 2018, Vol. 28 No. 2, p. 89-98 The use of antibiotics as growth promoter has been banned in Indonesia. One potential alternative antibiotic is peptide compounds. Peptides composed of several amino acid monomers that bind through peptide or amide bonds. Peptides are found in natural or synthetic forms that can be used to improve animal health and livestock productivity. This paper discusses the application of peptides in animal health and livestock productivity and the possibility of their utilization in Indonesia. Antimicrobial peptides are used to overcome bacterial infections, especially that are resistant to antibiotics and to preserve semen. Peptide vaccine can be used to replace conventional vaccines, especially for malignant viruses such as foot and mouth disease virus (FMD). Other peptides are used for infectious diseases and diabetes diagnostic tool in animals, medical treatment and animal reproduction system. Some peptides can be isolated from venom and have several benefits as an alternative fiber sutures for surgery and pain relief. Peptide-based drugs are metabolized faster than other small molecules, therefore, reducing the risk of contamination in livestock products. (Author) Key words: Peptide, animal health, livestock production	UDC 636.087.7 Hidayat C (IRIAP, Bogor) Sumiati (Bogor Agricultural University, Bogor) Wina E (IRIAP, Bogor) Jayanegara A (Bogor Agricultural University, Bogor) Synthesis of Zinc Nanoparticles Using Plant Extract for Broiler's Feed Additive (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> September 2018 Vol. 28 No. 3, p. 107-118 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. (Author) Key words: Nanoparticle, Zn, plant extract, feed additive, broiler

UDC 664.644.2 Pasaribu T (IRIAP, Bogor) Efforts to Improve the Quality of Palm Kernel Cake through Fermentation Technology and Enzyme Addition for Poultry (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> September 2018, Vol. 28 No. 3, p. 119-128 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 the use of PKC. This paper informs some 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 of PKC. 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. (Author) Key words: Palm kernel cake, microbes, performance, poultry	UDC 616.937-993 Wardhana AH (IRCVS, Bogor) Sawitri DH (IRCVS, Bogor) Surra: Trypanosomiasis in Livestock is Potential as Zoonotic Disease (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> September 2018, Vol. 28 No. 3, p. 139-151 <i>Trypanosoma evansi</i> is one of blood protozoans having the most wide distribution region compared to other <i>Trypanosome</i> species. The parasite causes trypanosomiasis known as Surra. The disease may cause mortality to the infected animals. In general <i>T. evansi</i> only attack animal and cannot infect humans due to apolipoprotein 1 (Apo L-1) in human serum. The protein possess trypanolytic activity feature against <i>T. evansi</i> 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 <i>T. evansi</i>. The human Surra case occurred in Vietnam demonstrated that person with Apo L-1 could be infected by <i>T. evansi</i>. There was resistant strain of <i>T. evansi</i> 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 pontential zoonosis threatening human health. (Author) Key words: <i>Trypanosoma evansi</i>, zoonosis, Surra, apolipoprotein, trypanosomiasis
UDC 636.082-597 Tamzil MH (Mataram University, Mataram) Genetic Resource of Muscovy Duck (<i>Cairina moschata</i>): Profile and Potential Production as Meat Producer (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> September 2018, Vol. 28 No. 3, p. 129-138 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 a superior Muscovy duck from outside to be developed by farmers and crossing the male Muscovy duck with the layer Indian Runner ducks to produce Serati ducks. (Author) Key words: Muscovy ducks, growth, meat quality, selection, Mule ducks	UDC 616-036.2:578.823 Ratnawati A (IRCVS, Bogor) Saepullah M (IRCVS, Bogor) Sendow I (IRCVS, Bogor) Dharmayanti NLPI (IRCVS, Bogor) Awareness of African Horse Sickness as an Emerging Arbovirus Disease (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> December 2018, Vol. 28 No. 4, p. 153-160 African horse sickness (AHS) is one of the important arbovirus diseases in horse. The disease is fatal and should be transmitted by vector. This disease is potential to spread rapidly and has impacts in public health and socio-economic, especially in the international trade of horses and its products. The paper describes AHS, some factors that influence the disease, how to control the disease and its current situation in Indonesia. African horse sickness has been declared as notifiable disease in OIE list, therefore, the disease becomes strategic in the country that has high horse population. Climate changes affect vector population and spreading of the disease. In order to anticipate the entering of AHS infection in Indonesia, the government needs to facilitate the research on horse diseases including the safe laboratory facilities to handle exotic diseases and provide diagnostic tool for early detection. (Author) Key words: African horse sickness, horse, disease transmission, control, diagnose

UDC 636.087.6:591.53 Hidayat C (IRIAP, Bogor) The Utilization of Insects as Feedstuff in Broiler Diet (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> December 2018, Vol. 28 No. 4, p. 161-174 Insect meal is an unconventional feedstuff and is expected to be an alternative protein source in broiler diet in the future, as an impact of high price and a limited supply of a fish meal. The objective of this paper is to describe the potency of insects as a feedstuff in broiler diet. Some types of insects, i.e., bees, flies, crickets, grasshoppers, termites, ants, and cockroaches have the potential to be a feedstuff protein source. Several studies reported that insect has high protein content (10.3-76.2%). The use of insects as feedstuffs in broiler diet is constrained by several limiting factors, i.e. the presence of chitin, high crude fat content, and the presence of contaminants. Processing insects before being used as feedstuffs is necessary. Separation of chitin and crude fat content are highly recommended before using insect as protein source feedstuff in broiler diet. The use of insects in a broiler diet ranges from 4 to 29.65% depending on the type of insect, life phase of insect and the type of processing. Research and development to increase insect utilization in broiler diet are still needed. (Author) Key words: Broiler, insect, diet	UDC 636.087 Ginting SP (GOATRES, Sei Putih) Simanihuruk K (GOATRES, Sei Putih) Tarigan A (GOATRES, Sei Putih) Pond KR (Colorado State University, Fort Collins) Nutritional Support for Small Ruminant Development Based on Oil Palm By-products (Orig. Eng.) <i>Wartazoa</i> December 2018, Vol. 28 No. 4, p. 189-198 Biomass by-products or plant residues from the plantation system would play a crucial role in animal production since the utilization of forages from the underneath tree crops would be less or minimal when the palm oil crop mature. By-products generated from the palm oil system vary, but in relation to the animal production they could be generally categorized into the fibrous by-products and the non-fibrous (concentrate) by-products. Palm oil mill effluent (POME) and palm kernel cake (PKC) are concentrate by-products produced during the processing of palm oil extraction which have great potency to support sheep and goat production, although limiting factors such as contamination of shell and high copper level in PKC need to be considered in their utilization as feed. The fibrous palm oil by-products include oil palm fronds (OPF) and oil palm trunk (OPT) generated from the palm crop trees and oil palm empty fruit bunch (OPEFB) and palm pressed fiber (PPF) generated from processing of fresh fruits to yield crude oil. These fibrous by-products cannot meet the metabolisable energy required for high growth rate and for lactation of sheep and goats due to low DM digestibility, low crude protein content, low fermentable carbohydrate and low level of intake. Limited inclusion level in ration should be applied for those by-products to yield an acceptable production level of sheep and goats. Pretreatments (physical, chemical, and biological) gave some improvement in their nutritional qualities, however additional cost of pretreatments need to be considered. In the future, there would be a great challenge for the utilization of those fibrous by-products as animal feed since bioconversion of lignocellulosic materials to products such as chemicals (bioethanol, sugar, and bioplastic), fuels, and organic fertilizers are receiving greater interest. Some comparative advantages of these natural wastes are their relatively low cost, renewable and widespread in nature for used in an industrial operation. (Author) Key words: Palm oil, by-products, nutrients, sheep, goat
UDC 612.398 Nasution S (Bogor Agricultural University, Bogor) Kusumaningtyas E (IRCVS, Bogor) Faridah DN (Bogor Agricultural University, Bogor) Kusumaningrum HD (Bogor Agricultural University, Bogor) Lysozyme from Chicken Egg White as an Antibacterial Agent (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> December 2018, Vol. 28 No. 4, p. 175-188 Lysozyme is one of the constituent proteins of chicken egg white that plays an important role in a protection system during the embryo growing process. Lysozyme protection systems can be applied in food and for health. This paper aims to describe the role of egg white lysozyme which has the antibacterial activity to improve food safety and health. Mechanism and activity of lysozyme protection can be explored by understanding the structure of proteins, type of amino acids, and the sequence of amino acids. The mechanism of lysozyme antibacterial activity against Gram positive bacteria occurs through its ability to breakdown the peptidoglycan glycosidic bonds in the bacterial cell wall membrane. The antibacterial activity of lysozyme can be increased when its normal lysozyme form was denatured/hydrolyzed through modifying the lysozyme structure by heat and enzymatic treatment. Heat treatment will reveal the active site of lysozyme after denaturation, leading to the destruction of the bacterial cell wall membrane. Enzymatic treatment through hydrolysis process of hydrolysis by protease enzymes will generate antibacterial peptides, which have the ability to inhibit the growth of Gram positive bacteria and Gram negative bacteria. Antibacterial lysozyme peptides and heat treated lysozyme are dominated by hydrophobic amino acids and positively charged to facilitate interaction between lysozyme and lipopolysaccharide which coats peptidoglycan. Antibacterial lysozyme peptide can be used as an antibiotic and a safe natural preservative compared to synthetic material and can reduce the risk of destructive bacteria and pathogenic bacteria. Lysozyme peptide is potential to protect human health since it has also other activities such as inhibition of angiotensin-converting enzyme, antihypertensive, antitumor, antioxidant, and antiviral agents. (Author) Key words: Lysozyme, egg white, chicken, peptide, antibacterial	UDC 636.082-2.034 Romjali E (ICARD, Bogor) Local Beef Cattle Breeding Program in Indonesia (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> December 2018, Vol. 28 No. 4, p. 199-210 Indonesia has a number of cattle breeds that have certain advantages as meat-producing cattle with high adaptability to the local environment. Local beef cattle breeding has now been carried out by the government through technical implementation unit. Efforts to build local cattle breeding still need to be improved to be able to meet sustainably the demands of local cattle breeding stocks for the farmers. However, beef cattle breeding business is less attractive to investors because it is economically less profitable and requires a long maintenance time compared to the fattening business. This paper aims to provide an overview of thoughts in an effort to improve the performance of local beef cattle breeding in Indonesia. In supporting the local cattle breeding program, the role of central and regional governments still has to be dominant mainly in the establishing of breeding centers as the core and policies related to the operationalization of activities involving farmers and other stakeholders. (Author) Key words: Local beef cattle, breeding, program

Kewaspadaan terhadap *African Horse Sickness* sebagai Penyakit *Emerging Arbovirus*

(Awareness of African Horse Sickness as an Emerging Arbovirus Disease)

Atik Ratnawati, M Saepullah, I Sendow dan NLPI Dharmayanti

Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata No. 30, Bogor 16114 Indonesia
atik.ratnawati@yahoo.co.id

(Diterima 22 Oktober 2018 – Direvisi 16 November 2018 – Disetujui 23 November 2018)

ABSTRACT

African horse sickness (AHS) is one of the important arbovirus diseases in horse. The disease is fatal and should be transmitted by vector. This disease is potential to spread rapidly and has impacts in public health and socio-economic, especially in the international trade of horses and its products. The paper describes AHS, some factors that influence the disease, how to control the disease and its current situation in Indonesia. African horse sickness has been declared as notifiable disease in OIE list, therefore, the disease becomes strategic in the country that has high horse population. Climate changes affect vector population and spreading of the disease. In order to anticipate the entering of AHS infection in Indonesia, the government needs to facilitate the research on horse diseases including the safe laboratory facilities to handle exotic diseases and provide diagnostic tool for early detection.

Key words: African horse sickness, horse, disease transmission, control, diagnose

ABSTRAK

African horse sickness (AHS) merupakan salah satu penyakit arbovirus yang penting dan fatal pada kuda dan penularannya harus melalui vektor. Penyakit ini berpotensi menyebar dengan cepat dan berdampak bagi kesehatan masyarakat dan sosial ekonomi terutama pada perdagangan internasional kuda dan produknya. Makalah ini menjabarkan penyakit AHS, faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap timbulnya penyakit AHS, cara pengendalian dan situasinya di Indonesia. Penyakit AHS termasuk dalam penyakit *notifiable* dalam daftar OIE sehingga merupakan penyakit strategis di negara yang mempunyai populasi kuda cukup banyak. Perubahan iklim sangat berpengaruh terhadap populasi vektor dan penyebaran penyakit. Dalam rangka mengantisipasi masuknya infeksi AHS ke Indonesia, pemerintah perlu memfasilitasi penelitian penyakit kuda termasuk peningkatan fasilitas laboratorium yang aman untuk penanganan penyakit eksotik dan penyediaan perangkat diagnostik untuk deteksi dini.

Kata kunci: *African horse sickness*, kuda, penyebaran penyakit, pengendalian, diagnosis

PENDAHULUAN

Di Indonesia, populasi kuda mencapai lebih dari 430.000 ekor di seluruh provinsi pada tahun 2016 dengan populasi kuda terbesar berada di Sulawesi Selatan mencapai 190.000 dan di Nusa Tenggara Timur (NTT) mencapai 116.000 (Bappenas 2016). Hingga saat ini, kuda belum banyak mendapat perhatian, baik dari segi kesehatan maupun pengembangbiakan -nya. Kuda memiliki beberapa kegunaan antara lain untuk dipelihara sebagai kesenangan atau hobi, ditenakkan untuk menghasilkan susu atau sebagai kuda potong untuk diambil dagingnya, tenaga kerja seperti sado dan alat transportasi, pertunjukan hiburan dan olah raga. Kuda harus diseleksi terlebih dahulu untuk menentukan kegunaan utamanya, sehingga pemilihan jenis kuda dapat ditentukan. Di daerah tertentu, daging kuda dapat

dikonsumsi sebagai sumber protein hewani sehingga kuda dapat dijadikan sebagai alternatif penyedia daging dan susu yang dipercaya sebagai obat kuat. Oleh karena itu, kesehatan kuda perlu mendapat perhatian yang serius dari pemerintah.

Di bidang kesehatan hewan, penyakit kuda belum banyak dilaporkan. Penyakit kuda telah banyak dilaporkan di beberapa negara seperti *equine infectious anemia* (EIA), *glanders*, *surra*, *Japanese encephalitis* (JE), *hendra*, *nipah*, *West Nile*, *strangles*, *equine influenza*, *vesicular stomatitis*, *equine encephalitis*, *rabies*, *African horse sickness* (AHS), *equine pyroplasmosis* and antraks (OIE 2016). Penelitian tentang penyakit kuda di Indonesia belum banyak dilakukan sedangkan data penyakit kuda di Indonesia sangat penting untuk menentukan kebijakan impor, pengadaan vaksin, pengendalian penyakit baru,

penentuan zona bebas penyakit sesuai standar OIE untuk pertandingan olah raga berkuda internasional seperti Olympic Games atau Asian Games.

Pada bulan Agustus 2018, Indonesia terpilih menjadi tuan rumah penyelenggara Asian Games ke XVIII, khusus untuk pertandingan berkuda (*equestrian*) bertaraf internasional, terdapat pemasukan kuda impor sehingga data penyakit kuda di Indonesia mutlak diperlukan. Data tersebut digunakan untuk menentukan zona bebas terhadap penyakit kuda atau *equine disease free zone* (EDFZ) sesuai dengan standar internasional (OIE 2012; 2016). Dalam penentuan zona tersebut dipersyaratkan bahwa di Indonesia harus bebas dari AHS.

African horse sickness belum pernah dilaporkan di Indonesia. Penyakit ini sangat ditakuti oleh pemilik kuda terutama kuda untuk bertanding, baik sebagai kuda pacu maupun kuda untuk ketangkasan karena dapat menyebabkan kematian. Penyakit ini mempunyai gejala klinis seperti gangguan pernafasan dan gangguan sirkulasi darah yang menimbulkan erosi serous dan hemoragi di berbagai organ dan jaringan (Mellor & Hamblin 2004).

Tulisan ini akan membahas AHS, faktor-faktor yang dapat berpengaruh terhadap timbulnya penyakit AHS, cara pengendalian dan peranannya dalam industri ternak kuda.

AFRICAN HORSE SICKNESS

Klasifikasi virus *African horse sickness*

Penyakit ini pertama kali ditemukan tahun 1327 di Yaman yang kemudian menyebar ke beberapa negara di Afrika (Sergeant et al. 2016), Eropa (Lo Iacono et al. 2013) dan Amerika (Wilson et al. 2009). *African horse sickness* merupakan salah satu penyakit *arthropod-borne* yang sangat infeksius pada kuda dan keledai, yang dapat menyebabkan kematian hingga 90%. Penyakit ini disebabkan oleh virus *African horse sickness* dari family *Reoviridae*, genus *Orbivirus*. Virus ini mempunyai diameter 55-70 nm (Guthrie et al. 2007; Hopley & Balazs 2013). Hingga saat ini, virus AHS telah terdeteksi sebanyak sembilan serotipe berdasarkan uji virus netralisasi (Brown & Torres 2008). Beberapa dari serotipe virus AHS menghasilkan reaksi silang seperti virus AHS tipe 1 dan 2, tipe 3 dan 7, tipe 5 dan 8, serta tipe 6 dan 9. Penyebaran virus AHS serotipe 1 hingga 8 lebih dominan di Afrika sedangkan serotipe 9 lebih dominan di luar Afrika. Penyakit ini ditularkan oleh vektor nyamuk *Culicoides* sp, diptera *Ceratopogonidae*. Selain pada *Culicoides* sp virus AHS juga pernah dilaporkan diisolasi dari caplak pada anjing *Rhipicephalus sanguineus sanguineus* dan caplak unta *Hyalomma dromedarii* (MacLachlan & Guthrie 2010; Carpenter et al. 2017).

Karakteristik virus *African horse sickness*

Virus AHS memiliki 10 segmen genom *double-stranded* (ds) RNA dan berbentuk ikosahedral. Virus ini tidak beramplop sehingga tahan terhadap pelarut lemak. Virion virus AHS mempunyai tujuh protein virus dan VP6 merupakan protein yang dimiliki oleh semua serotipe virus AHS (Lulla et al. 2016).

Virus AHS merupakan virus yang tahan terhadap pemanasan hingga mencapai 75°C selama 10 menit, terutama bila berada dalam protein. Pada suhu dingin, virus ini bertahan pada -70 hingga 9°C dan stabil suhu 4°C. Pada saat viraemia, penyimpanan pada suhu dingin (4°C) dalam larutan garam NaCl 10% atau media lainnya yang mengandung 10% serum, virus AHS dapat bertahan lebih dari enam bulan. Sedangkan penyimpanan dalam sodium oksalat dan gliserin, virus AHS akan bertahan selama lebih dari 20 tahun. Penyimpanan virus AHS pada suhu -70°C sedikit menurunkan titer virus, tetapi masih stabil. Namun, pada suhu -20°C akan menginaktivkan virus (OIE 2013).

Derajat keasaman yang optimal pada media yang mengandung virus AHS adalah pH 7,0 hingga 8,5. Virus akan mati pada pH di bawah 6,0. Oleh karena itu, bagi yang mengonsumsi daging kuda, proses *rigor mortis* setelah pemotongan penting untuk membunuh virus AHS, karena pada proses *rigor mortis* pH menurun drastis. Selain dengan perbedaan pH, virus ini juga dapat diinaktivasi dengan 0,1% formalin selama 48 jam, 0,4% β -propiolaktone, virkon® S 1%, sodium hipoklorit (pemutih) 3% dan asam asetat 2%. Virus AHS tidak beramplop, sehingga virus ini resisten terhadap alkohol atau pelarut lemak lainnya (OIE 2013).

Penyebaran penyakit *African horse sickness*

African horse sickness merupakan penyakit endemis di Afrika Sub-Sahara. *African horse sickness* serotipe 9 tersebar luas di wilayah endemis, sementara serotipe 1 hingga 8 terjadi di daerah yang terbatas. Keragaman virus AHS telah dilaporkan di Afrika Selatan dan Timur. Beberapa serotipe baru-baru ini menyebabkan wabah di negara-negara di mana mereka sebelumnya tidak ditemukan. Secara khusus, serotipe seperti 2, 4, 6, 7 dan 8 telah terdeteksi di daerah di mana hanya serotipe 9 yang secara umum mendominasi. Semua serotipe dapat dideteksi dengan berbagai frekuensi di Afrika bagian Selatan, sedangkan serotipe yang umum bersirkulasi saat ini di Afrika bagian Utara adalah serotipe 2, 4 dan 9. Serotipe 3, 4 dan 9 telah dilaporkan bersirkulasi di luar Afrika. Wabah AHS telah terjadi di luar Afrika seperti di Timur Tengah, wilayah Mediterania Eropa dan

sebagian Asia, misalnya di subkontinen India. Hingga saat ini, meskipun semua daerah yang tertular wabah AHS sudah dilakukan eradikasi, virus AHS mampu bertahan selama bertahun-tahun di beberapa daerah (Quan et al. 2004; MacLachlan & Guthrie 2010).

Menurut MacLachlan & Guthrie (2010), pada tahun 1989 terjadi wabah AHS serotipe 9 di Arab Saudi. *African horse sickness* juga dilaporkan di Arab Saudi dan Yaman pada tahun 1997 dan di Kepulauan Verde pada tahun 1999. Pada tahun 2003, AHS serotipe 6 dan 9 berhasil diisolasi dari sampel kuda dari di Ethiopia. Pada tahun 2008, AHS serotipe 2 telah mengakibatkan kematian sekitar 2.000 kuda di Ethiopia. *African horse sickness* serotipe 2 dan 7 berhasil diisolasi di Senegal pada tahun 2007, pada tahun yang sama, AHS serotipe 2 juga berhasil diisolasi di Nigeria. *African horse sickness* juga dilaporkan di Gambia pada tahun 2007. Masa inkubasi virus AHS ikut berperan dalam proses penyebaran penyakit akibat proses translokasi baik darat, laut maupun udara. Penyebaran AHS juga dapat terjadi sebagai akibat penyebaran vektor yang terinfeksi yang disebabkan oleh angin (*wind-borne*).

Vektor dan cara transmisi

Virus AHS termasuk virus Arbo, yang penularannya harus melalui vektor nyamuk, caplak dan lalat. Spesies nyamuk yang telah dilaporkan sebagai potensial vektor virus AHS yaitu *Culicoides* sp, *Culex* sp, *Anopheles* sp dan *Aedes* sp. Selain pada nyamuk, penularan virus AHS juga terjadi melalui caplak (*ticks*) *Hyalomma*, *Rhipicephalus* dan lalat *Stomoxys* dan *Tabanus* (Fall et al. 2015; Carpenter et al. 2017).

Masing-masing negara mempunyai spesies spesifik yang bertindak sebagai vektor virus AHS yaitu spesies *Culicoides imicola* dan *Culicoides bolitinos*. *Culicoides imicola* merupakan vektor virus AHS potensial di Eropa, sedangkan di Amerika Utara dan Selatan, *C. variipennis* merupakan vektor yang efisien. Secara eksperimen di laboratorium, *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* dan *Culex pipiens* dapat menularkan dan mengamplifikasi virus AHS (Wilson et al. 2009). Selain itu, *Culicoides herero* dan *Culicoides schultzei* diduga berperan dalam penyebaran infeksi AHS di Namibia (Venter et al. 2015; Liebenberg et al. 2016a). *Culicoides oxystoma* sebagai vektor potensial AHS di Senegal, Afrika (Fall et al. 2015). Di Australia, *C. brevitarsis* diduga berperan sebagai vektor AHS (Mellor & Hamblin 2004).

Di negara yang dinyatakan bebas penyakit AHS, belum tentu bahwa vektor penular virus AHS tidak ada, tetapi vektor potensial AHS belum dilaporkan. Di Eropa, *C. imicola* merupakan vektor potensial virus AHS, sedangkan di Indonesia, spesies ini tidak ditemukan sehingga tidak menutup kemungkinan

spesies lain yang ada di Indonesia dapat bertindak sebagai vektor terduga. Infeksi AHS di suatu negara yang telah dinyatakan bebas AHS dapat terjadi melalui lalu lintas kuda yang positif AHS masuk ke negara/daerah yang bebas AHS, yang kemudian menyebar melalui vektor lokal di negara pengimpor kuda. Persyaratan pemasukan kuda impor ke negara yang bebas AHS perlu ditaati dan karantina yang ketat perlu dilakukan.

Vektor penyakit Orbivirus selain AHS banyak ditemukan di Indonesia, misalnya vektor *Bluetongue* (Sendow et al. 1992). Meskipun vektor AHS belum terdeteksi di Indonesia, namun spesies *Culicoides* sp terdapat di Indonesia, yang kemungkinan dapat bertindak sebagai potensial vektor AHS, sehingga tidak menutup kemungkinan terjadinya AHS di Indonesia bila tidak diantisipasi lebih awal. Dalam kasus pemasukan kuda impor yang berasal dari negara yang bebas AHS seperti Eropa, dalam rangka pelaksanaan Asian Games XVIII penempatan kuda dalam kompartemen yang baik untuk meminimalkan kontak dengan vektor perlu dilakukan. Manajemen sistem penempatan kuda dan penanganan kuda yang baru datang perlu diantisipasi agar tidak menularkan penyakit baru di Indonesia dan juga tidak terpapar penyakit lainnya asal Indonesia. Untuk itu, sertifikat kesehatan kuda yang akan masuk ke Indonesia perlu dipersiapkan dan disesuaikan dengan peraturan pemasukan kuda ke Indonesia.

Faktor lain yang berpengaruh dalam penyebaran infeksi AHS antara lain penggunaan vaksin yang kurang tepat atau penyimpanan vaksin dan pergerakan zebra yang diketahui sebagai reservoir AHS. Antibodi ditemukan pada unta, gajah Afrika dan badak, tetapi peran mereka dalam epidemiologi tampaknya tidak signifikan (Becker et al. 2013; European Commission 2013).

Induk semang

Virus AHS dapat menginfeksi bangsa kuda (*Equidae*), yaitu kuda, bagal, keledai dan zebra, namun kuda lebih sensitif terhadap penyakit AHS dibandingkan dengan keledai Afrika dan zebra (Guthrie & Quan 2009). Zebra telah diketahui sebagai induk semang reservoir, oleh karena itu gejala klinis dan kematian pada zebra jarang ditemukan. Selain menyerang genus *Equidae*, antibodi terhadap AHS dapat ditemukan pada unta, kambing, domba, gajah dan badak. Antibodi terhadap virus AHS juga ditemukan pada hewan karnivora liar seperti hiena (*Crocuta crocuta*), citah (*Acinonyx jubatus*), singa (*Panthera leo*) dan anjing liar Afrika (*Lycaon pictus*). Hewan karnivora liar tersebut diduga memakan zebra yang telah terinfeksi virus AHS. Anjing dapat terinfeksi secara akut setelah makan daging kuda yang terinfeksi,

bahkan berakibat fatal, namun anjing tidak tampak berperan sebagai penular dan anjing bukan induk semang yang disenangi oleh *Culicoides* sp (Miller et al. 2011; Carpenter et al. 2017). Anjing Afrika dapat menunjukkan gejala klinis akut terhadap infeksi AHS seperti *acute respiratory distress syndrome* atau kematian mendadak, dikonfirmasi dengan uji histopatologis dan terdeteksinya antibodi terhadap virus AHS dan terdeteksi virus AHS dengan menggunakan uji qRT-PCR. Namun, anjing tersebut tidak diketahui apakah telah memakan daging yang telah terinfeksi AHS (O'Dell et al. 2018).

Peranan iklim

Perubahan iklim sangat berperan pada kasus AHS dan penyakit arbovirus lainnya seperti *Japanese encephalitis*, *Bluetongue* dan *West Nile*. Perubahan suhu lingkungan akan mempengaruhi media perkembangbiakan vektor. Suhu yang hangat dan lembap paling disenangi oleh vektor tersebut sehingga penyakit AHS dan penyakit Arbovirus lainnya lebih banyak ditemukan di daerah tropis dan sub-tropis.

Munculnya penyakit Arbovirus termasuk penyakit AHS di daerah yang bukan sub-tropis, biasanya disebabkan oleh perubahan iklim misalnya saat terjadi peningkatan kecepatan angin (badai, *typhoon* atau *hurricanes*) yang dapat menyebabkan perpindahan vektor yang terinfeksi virus AHS ke daerah lain. Hal ini menimbulkan penyakit eksotik baru di suatu negara atau tipe virus yang baru di daerah tersebut. Hal ini terlihat pada kasus *Bluetongue* dari Afrika Utara ke daratan Eropa Selatan yang terbawa oleh angin. Sebagai contoh, angin yang kencang akan membawa nyamuk tersebut terbang mencapai 700 km di atas permukaan air dan 150 km di atas daratan (Gloster et al. 2008).

Beberapa faktor predisposisi untuk penularan AHS diantaranya populasi vektor yang meningkat dan kepadatan induk semang di sekitar vektor. Meskipun beberapa spesies vektor tidak menyenangi spesies induk semang, namun karena banyaknya jumlah vektor dan sedikitnya populasi induk semang, maka vektor akan menggigit induk semang tersebut meskipun tidak disenangi (Lo Iacono et al. 2013).

Gejala klinis

Menurut Thompson et al. (2012), gejala klinis infeksi AHS pada kuda yang umumnya tampak antara lain terjadi pembengkakan di sekitar mata dan muka (Gambar 1), terdapat ingus atau leleran dari nostril (Gambar 2) yang disertai demam tinggi, nafas pendek dan berat serta batuk. Terdapat dua bentuk klinis penyakit AHS, yaitu bentuk gangguan paru-paru dan bentuk gangguan jantung, namun tidak menutup

kemungkinan terjadi campuran kedua bentuk klinis tersebut.



Gambar 1. Kuda mengalami pendarahan petekhi serta pembengkakan pada konjungtiva dan orbitalis



Gambar 2. Gejala klinis AHS pada kuda terlihat menderita gangguan pernapasan yang parah

Sumber: Thompson et al. (2012)

Tipe/bentuk gangguan paru-paru biasanya terjadi sangat cepat. Gejala yang ditimbulkan antara lain demam, depresi dan gangguan pernafasan yang parah seperti sesak nafas, batuk dan disertai dengan berkeringat. Mortalitas tipe paru-paru sangat tinggi yaitu dapat mencapai 95%. Sedangkan bentuk gangguan jantung umumnya tidak nampak jelas dan masa inkubasinya lebih lama dari bentuk gangguan paru-paru. Gejala yang ditimbulkan antara lain demam, pembengkakan pada daerah kepala hingga leher dan kemerahan akibat perdarahan petekhi di sekitar kulit, perdarahan ekhimosis pada lidah dan dapat terjadi kolik. Mortalitas dapat mencapai lebih dari 50% (Thompson et al. 2012). Campuran infeksi kedua bentuk gangguan tersebut sering ditemukan pada kuda, yang menyebabkan mortalitas cukup tinggi, berkisar antara 50-90%. Kematian sering terjadi antara 3-6 hari setelah infeksi.

Pada bagal, mortalitasnya sekitar 50%. Keledai Eropa dan Asia mempunyai mortalitas hingga 10%, tetapi keledai Afrika dan zebra mortalitasnya sangat kecil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa morbiditas dan mortalitas penyakit AHS tergantung pada spesies hewan, daerah atau negara asal, sistem kekebalan yang dimiliki dan bentuk/tipe penyakit yang dihasilkan. Hewan yang sembuh dari infeksi AHS akan menghasilkan imunitas yang baik dan memberikan proteksi terhadap serotipe virus AHS yang lainnya. Tidak semua hewan yang terinfeksi virus AHS menimbulkan gejala klinis. Sebagian hewan tidak menimbulkan gejala yang khas, tetapi hanya berupa

demam mencapai 40,5°C. Biasanya bentuk subklinis infeksi AHS tidak menimbulkan kematian.

DIAGNOSIS PENYAKIT

Penyakit ini sering dikelirukan dengan penyakit lain seperti anthraks, *equine viral arteritis*, hendra, *equine encephalosis*, *equine infectious anaemia*, piroplasmosis, *purpura haemorrhagica* dan trypanosomosis. Oleh karena itu, diagnosis dapat ditegakkan dengan melihat gejala klinis dan pemeriksaan laboratorium. Pengambilan sampel dan transportasi sampel menjadi penting untuk konfirmasi diagnosis AHS. Pengetahuan tentang sifat virus AHS dan saat terjadinya viraemia pada infeksi AHS perlu diketahui sebelum pengambilan sampel.

Spesimen yang diduga mengandung virus AHS sebaiknya disimpan pada suhu dingin dan ditambahkan serum 10% sebagai *stabilizer*. Berdasarkan sifat virus AHS, maka pengiriman spesimen dari lapang juga memerlukan sistem *cold chain* sesuai sifat virus AHS, disertai penambahan transpor media dan *stabilizer*, sehingga spesimen dapat diproses dan mendapatkan hasil yang lebih baik.

Sampel yang baik untuk pemeriksaan AHS yaitu limpa, darah, semen, urin dan sekresi lainnya pada saat hewan mengalami viraemia. Viraemia pada kuda berkisar 4-8 hari dan maksimal 21 hari. Sedangkan pada zebra, dapat mencapai 40 hari. Antibodi dapat dideteksi 8-12 hari pasca-infeksi. Tidak ada laporan bahwa kuda yang telah sembuh dari infeksi AHS dapat menjadi karier, namun antibodi yang dihasilkan dapat memberikan proteksi silang dengan virus AHS serotipe lainnya (OIE 2012; Thompson et al. 2012).

Pemeriksaan serologis dapat dilakukan dengan uji *enzyme-linked immunosorbent assay* (ELISA), *agar gel immunodiffusion test* (AGID), uji *complement fixation* (CF) dan netralisasi serum. Uji netralisasi serum masih dianggap sebagai *gold standard* untuk pengujian AHS. Meskipun demikian, reaksi silang antar virus AHS biasanya terjadi antara AHS serotipe 1 dan 2, 3 dan 7, 5 dan 8, serta 6 dan 9. Oleh karena itu, pada pengujian uji *screening* sering digunakan uji ELISA yang dapat mendeteksi beberapa serotipe (Brown & Torres 2008; OIE 2012).

Pemeriksaan virologis dapat dilakukan pada sampel limpa dan darah dalam antikoagulan yang diambil pada saat demam tinggi atau pada fase akut yang menyebabkan kematian kuda dan disimpan pada suhu 4°C. Beberapa uji untuk pemeriksaan deteksi antigen antara lain uji *group-specific reverse-transcriptase polymerase chain reaction* (RT-PCR), *realtime PCR* (qPCR) (Bachanek-Bankowska et al. 2014; Weyer et al. 2017) atau deteksi antigen ELISA (Guthrie et al. 2013; de Waal et al. 2016). *Polymerase chain reaction* dan qPCR merupakan uji yang sensitif

dan spesifik. Metode diagnosis cepat untuk AHS telah dikembangkan dengan menggunakan uji *reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay* (RT-LAMP). Metode ini lebih sederhana, mudah digunakan dan dapat diaplikasikan di lapang, cepat, sensitif dan spesifik (Fowler et al. 2016). Hasil positif pada PCR dapat dilanjutkan dengan sekuensing dengan menggunakan gen AHS lengkap untuk mengetahui originalitas *strain* isolat yang diperoleh dan serotipe virus AHS (Bachanek-Bankowska et al. 2014; Potgieter et al. 2015).

Isolasi virus dapat dilakukan dengan menginokulasikan sampel hewan terinfeksi AHS pada biakan jaringan. Beberapa jenis biakan jaringan yang dapat digunakan diantaranya biakan jaringan lestari (*cell line*) *baby hamster kidney-21* (BHK-21), *monkey stable* (MS), *African green monkey kidney* (Vero) atau *insect cells* (KC). Selain pada biakan jaringan, inokulasi dapat pula dilakukan pada telur embrio tertunas secara intravenus dan pada bayi tikus putih umur dua hari secara intraserebral (Potgieter et al. 2015).

Pencegahan dan pengendalian

Pengobatan penyakit ini tidak ada, antibiotik hanya diberikan untuk mencegah terjadinya infeksi sekunder. Hingga saat ini, vaksin AHS yang beredar yaitu diantaranya vaksin hidup yang telah diatenuasi dan polivalen vaksin (Weyer et al. 2017). Vaksin hidup ini mempunyai efek samping karena virus masih dapat bereplikasi pada induk semangnya, sehingga dapat menimbulkan penyakit, maka vaksin rekombinan telah dikembangkan dengan memproduksi partikel virus yang mirip AHS serotipe 5 pada bakteri tanaman seperti *Agrobacterium tumefaciens* yang merupakan *mediated transient expression* dari semua empat protein *capsid* di *Nicotiana benthamiana* menggunakan HyperTrans berbasis virus *Cowpea mosaic* (CPMV-HT) (Dennis et al. 2018). Proses produksinya mudah, cepat, terukur ekonomis dan mampu menetralkan virus hidup secara *in vitro*.

Penggunaan vaksin rekayasa genetika dari protein virus AHS telah banyak dikembangkan dan dinilai efektif dan aman. Hal ini terlihat dari penelitian Lulla et al. (2016) yang melaporkan bahwa vaksin yang menggunakan VP6 dari virus AHS tipe 1 dan memberikan proteksi terhadap homologus virus AHS, serta dinilai aman, stabil dan efektif dalam pencegahan infeksi AHS. Penggunaan vaksin rekombinan dari VP2 *strain* virus AHS tipe 4 dan 9, dinilai sangat efektif dan berhasil menghambat terjadinya gejala klinis saat ditantang dengan virus AHS virulen (Alberca et al. 2014). Vaksin rekombinan tersebut juga dapat digunakan untuk menghasilkan antiserum pada tikus dengan titer yang tinggi untuk mereduksi viraemia,

sehingga dapat digunakan untuk mengurangi penyebaran penyakit atau pengobatan AHS (Calvo-Pinilla et al. 2015).

Hal ini sejalan dengan laporan Weyer et al. (2013) yang menyatakan bahwa virus AHS dapat diisolasi dari kuda yang menunjukkan gejala klinis dan gejala asimtomatis dari kuda yang telah divaksin dengan vaksin hidup yang telah dilemahkan. Oleh karena itu, pada kasus AHS di daerah non-endemis vaksin hidup tidak dianjurkan. Sebagai alternatif, digunakan beberapa cara seperti *stamping out* yang dikombinasikan dengan kontrol pergerakan/lalu lintas kuda, kontrol vektor atau dengan menggunakan vaksin inaktif (OIE 2013). Hal ini didukung oleh penelitian Oura et al. (2012), yang menyatakan bahwa sekuen isolat virus AHS yang diperoleh dari kasus AHS di Gambia, Afrika, berasal dari strain vaksin hidup yang diatenuasi.

Penggunaan vaksin hidup yang dilemahkan masih dapat berpotensi menghasilkan *transient infection*, walaupun belum tentu dapat menularkan ke kuda lainnya. Selain itu, vaksin hidup tersebut dapat meningkatkan virulensi virus AHS yang berpotensi menimbulkan wabah baru. Untuk daerah baru yang terinfeksi virus AHS, penggunaan vaksin rekombinan atau sub-unit vaksin lebih efektif. Sistem karantina yang ketat bagi pemasukan kuda, persyaratan vaksinasi kuda sebelum dimasukkan ke daerah bebas AHS dan status imunologis terhadap AHS pada kuda yang akan masuk ke suatu daerah perlu dilakukan. Sistem karantina tersebut telah terbukti dapat menekan kasus AHS dan penyakit Orbivirus lainnya di Afrika (Carpenter et al. 2009).

Menurut de Vos et al. (2012), perpindahan kuda dari satu negara ke negara lain, terutama dari negara yang tidak bebas AHS mempunyai risiko masuknya infeksi AHS di negara pengimpor. Hal ini banyak terjadi di negara yang menyelenggarakan pertandingan internasional berkuda. Beberapa faktor yang perlu menjadi pertimbangan adalah penentuan daerah mana yang paling berisiko tertular, risiko musim penyakit AHS (saat pertandingan berkuda) dan cara mengontrol penyakit. Sergeant et al. (2016) mengemukakan bahwa diperlukan *risk assessment* pada pemasukan kuda hidup dari daerah endemis AHS seperti di Afrika ke daerah bebas. Hal ini disebabkan karena kemungkinan pada saat di karantina sebelum pemberangkatan, antibodi belum terdeteksi padahal kuda tersebut sudah terinfeksi oleh vektor mekanis seperti *Culicoides* sp. Vektor mekanis AHS di Afrika banyak dijumpai dan sebagian besar kuda di Afrika mengandung antibodi terhadap virus AHS. Selain itu, peluang kuda impor asal negara endemis AHS untuk menularkan infeksi AHS ke kuda di negara pengimpor menjadi lebih besar. Di sinilah peran pemerintah untuk memberikan persyaratan untuk pemasukan kuda impor.

Penyebaran penyakit ini melalui gigitan vektor *Culicoides* sp yang sudah terinfeksi. Oleh karena itu, pengendalian penyakit juga dilakukan dengan mengaratinakan hewan yang sakit agar tidak berdekatan dengan hewan sehat dan mengurangi kontak dengan gigitan nyamuk, atau pembuatan asap di sekitar kandang. Di Namibia dan Afrika Selatan dimana AHS merupakan daerah endemis, pencegahan terhadap vektor dilakukan dengan pemberian *repellent* kimia dan mengandangkan kuda pagi dan sore hari, disamping pemberian vaksinasi (Liebenberg et al. 2016b). Pengandangan tersebut bertujuan untuk menghindari gigitan nyamuk vektor yang biasanya aktif pada saat matahari terbit dan terbenam. Lebih lanjut, Liebenberg et al. (2016b) juga membuktikan bahwa pergerakan kuda yang tinggi berkorelasi dengan jumlah kasus AHS di Afrika Selatan. Oleh karena itu, faktor lingkungan dan sosial perlu dipertimbangkan untuk menghasilkan strategi manajemen yang efektif.

Di Indonesia, bila AHS sampai muncul, maka pengendalian terbaik adalah dengan cara *stamping out* agar penyebaran tidak meluas. Disamping itu, monitoring secara serologis perlu dilakukan pada kuda yang berdekatan atau berkontak dengan kuda sakit agar penyebaran penyakit AHS tidak cepat meluas. Pembatasan lalu lintas ternak, baik untuk konsumsi, olah raga maupun kuda pekerja harus dibatasi dari dan ke daerah tertular, sedangkan pengendalian vektor sulit untuk dilakukan. Pembatasan lalu lintas kuda tidak mudah diterapkan, terlebih bila berhubungan dengan pendapatan peternak kuda. Koordinasi dengan instansi terkait dan sosialisasi dengan masyarakat/atau pemilik kuda perlu dilakukan agar program pengendalian penyakit AHS dapat dilakukan dengan arif.

KERUGIAN EKONOMI PENYAKIT

Meskipun penyakit ini hanya menyerang kuda atau hewan *Euquide*, namun dampak yang ditimbulkan cukup signifikan berupa kerugian ekonomi termasuk kematian ternak kuda, kebutuhan vaksin, pembatasan lalu lintas kuda baik secara regional maupun internasional dan pembatalan pertandingan berkuda internasional. Kuda pacu mempunyai nilai ekonomis yang sangat tinggi, dimana di daerah tertentu kuda pacu sering dijadikan bahan untuk berjudi, disamping sebagai hobi atau kesenangan pemilik.

Jika kasus AHS muncul di suatu negara maka introduksi vaksin sebagai pencegahan penyakit akan terjadi, sehingga akan menambah biaya pemeliharaan kesehatan kuda. Jika populasi kuda tidak terlalu banyak, maka pemberian vaksinasi pada kuda akan membebani pemilik kuda. Bila suatu negara telah terjangkit penyakit ini maka penyelenggaraan pertandingan berkuda internasional dapat terhambat dan terancam batal, karena kuda yang masuk ke daerah

tersebut akan tertular, baik di negara tempat diadakannya pertandingan maupun di negara domisili kuda tersebut. Pembatalan keikutsertaan pertandingan atau pembatalan cabang olah raga berkuda memiliki konsekuensi ekonomi yang signifikan.

SITUASI DI INDONESIA

Infeksi AHS hingga saat ini belum pernah dilaporkan di Indonesia, namun dengan berlangsungnya Asian Games XVII tahun 2018 untuk cabang *equestrian* di Jakarta, maka pemerintah telah menginventarisasi penyakit kuda di sekitar lokasi pertandingan. Sampel darah dari kuda-kuda yang berasal dari Sumbawa, Jakarta dan Bogor telah dikumpulkan dan dianalisis termasuk keberadaan infeksi AHS. Hasil penelitian sementara yang dilakukan di BBLitvet menunjukkan bahwa tidak satupun sampel kuda yang diperiksa di daerah Jabodetabek mengandung antibodi terhadap virus AHS. Data tersebut menunjukkan bahwa Indonesia masih bebas terhadap infeksi AHS. Dalam rangka mengantisipasi masuknya infeksi AHS ke Indonesia, pemerintah perlu memfasilitasi penelitian penyakit kuda termasuk peningkatan fasilitas laboratorium yang aman untuk penanganan penyakit eksotik dan penyediaan perangkat diagnostik untuk deteksi dini.

KESIMPULAN

Penyakit AHS termasuk penyakit fatal, menyebar dengan cepat, sehingga pencegahan dan pengendalian penyakit AHS perlu dilakukan secara serius oleh pemangku kebijakan. Hingga saat ini, Indonesia masih berstatus bebas terhadap infeksi AHS. Faktor lingkungan dan sosial perlu dipertimbangkan untuk menghasilkan strategi manajemen yang efektif yang melibatkan seluruh *stakeholder* terkait termasuk monitoring terhadap lalu lintas kuda. Selain itu, ketersediaan dokter hewan ahli penyakit kuda perlu ditingkatkan melalui pelatihan cara mendiagnosis dan penanganan penyakit kuda.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberca B, Bachanek-Bankowska K, Cabana M, Calvo-Pinilla E, Viaplana E, Frost L, Gubbins S, Urniza A, Mertens P, Castillo-Olivares J. 2014. Vaccination of horses with a recombinant modified vaccinia Ankara virus (MVA) expressing African horse sickness (AHS) virus major capsid protein VP2 provides complete clinical protection against challenge. *Vaccine*. 32:3670-3674.
- Bachanek-Bankowska K, Maan S, Olivares JC, Manning NM, Maan NS, Potgieter AC, Di Nardo A, Sutton G, Batten C, Mertens PPC. 2014. Real time RT-PCR assays for detection and typing of African horse sickness virus. *PLoS One*. 9:e104665.
- Bappenas. 2016. Populasi kuda menurut provinsi, 2000-2016. Jakarta (Indonesia): Bappenas.
- Becker E, Venter GJ, Labuschagne K, Greyling T, van Hamburg H. 2013. The effect of anthropogenic activity on the occurrence of *Culicoides* species in the South-Western Khomas Region, Namibia. *Vet Ital*. 49:277-284.
- Brown C, Torres A. 2008. USAHA foreign animal diseases. 7th Ed. Saint Joseph (US): Committee of Foreign and Emerging Diseases of the US Animal Health Association.
- Calvo-Pinilla E, de la Poza F, Gubbins S, Mertens PP, Ortego J, Castillo-Olivares J. 2015. Antiserum from mice vaccinated with modified vaccinia Ankara virus expressing African horse sickness virus (AHSV) VP2 provides protection when it is administered 48h before, or 48h after challenge. *Antiviral Res*. 116:27-33.
- Carpenter S, Philip S, Mellor PS, Fall AG, Garros C, Venter GJ. 2017. African horse sickness virus: History, transmission, and current status. *Annu Rev Entomol*. 62:343-358.
- Carpenter S, Wilson A, Mellor PS. 2009. *Culicoides* and the emergence of bluetongue virus in Northern Europe. *Trends Microbiol*. 17:172-178.
- de Vos CJ, Hoek CA, Nodelijk G. 2012. Risk of introducing African horse sickness virus into the Netherlands by international equine movements. *Prev Vet Med*. 106:108-122.
- de Waal T, Liebenberg D, Venter GJ, Mienie CMS, van Hamburg H. 2016. Detection of African horse sickness virus in *Culicoides imicola* pools using RT-qPCR. *J Vector Ecol*. 41:179-185.
- Dennis SJ, Meyers AE, Guthrie AJ, Hitzeroth II, Rybicki EP. 2018. Immunogenicity of plant produced African horse sickness virus like particles: Implications for a novel vaccine. *Plant Biotechnol J*. 16:442-450.
- European Commission. 2013. Final report of an audit carried out in South Africa from 20 to 29 May 2013 in order to evaluate the animal health controls in place in relation to export of Equidae to the EU, with particular reference to African horse sickness. Brussels (Belgium): European Commission.
- Fall M, Diarra M, Fall AG, Balenghien T, Seck MT, Bouyer J, Garros C, Gimonneau G, Allène X, Mall I, Delécolle JC, Rakotoarivony I, Bakhoun MT, Dusom AM, Ndao M, Konaté L, Faye O, Baldet T. 2015. *Culicoides* (Diptera: Ceratopogonidae) midges, the vectors of African horse sickness virus: A host/vector contact study in the Niayes area of Senegal. *Parasit Vectors* 8:39.
- Fowler VL, Howson E, Flannery J, Romito M, Lubisi A, Agüero M, Mertens P, Batten CA, Warren HR, Castillo-Olivares J. 2016. Development of a novel

- reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay for the rapid detection of African horse sickness virus. *Transboundary and Emerging Diseases*. 64:1579-1588.
- Gloster J, Burgin L, Witham C, Athanassiadou M, Mellor PS. 2008. Bluetongue in the United Kingdom and Northern Europe in 2007 and key issues for 2008. *Vet Rec*. 162:298-302.
- Guthrie AJ, MacLachlan NJ, Joone C, Lourens CW, Weyer CT, Quan M, Monyai MS, Gardner IA. 2013. Diagnostic accuracy of a duplex real-time reverse transcription quantitative PCR assay for detection of African horse sickness virus. *J Virol Methods*. 189:30-5.
- Guthrie AJ, MacLachlan NJ, Joone C, Lourens CW, Weyer CT, Quan M, Monyai MS, Guthrie AJ. 2007. African horse sickness. In: Sellon DC, Long M, editors. *Equine Infect Dis*. Missouri (US): Saunders Elsevier; p. 164-170.
- Guthrie AJ, Quan M. 2009. African horse sickness. In: Mair TS, Hutchinson RE, editors. *Infectious diseases of the horse*. Cambridgeshire (UK): Equine Veterinary Journal.
- Hopley R, Balazs T. 2013. Equine disease surveillance focus on: African horse sickness. *Vet Rec*. 173:13-14.
- Liebenberg D, Piketh S, van Hamburg H. 2016a. A web-based survey of horse owners' perceptions and network analysis of horse movements relating to African horse sickness distribution in Namibia and South Africa. *Acta Trop*. 158:201-207.
- Liebenberg D, Piketh S, Labuschagne K, Venter G, Greyling T, Mienie C, de Waal T, van Hamburg H. 2016b. *Culicoides* species composition and environmental factors influencing African horse sickness distribution at three sites in Namibia. *Acta Trop*. 163:70-79.
- Lo Iacono G, Robin CA, Newton JR, Gubbins S, Wood JLN. 2013. Where are the horses? With the sheep or cows? Uncertain host location, vector-feeding preferences and the risk of African horse sickness transmission in Great Britain. *J R Soc Interface*. 10.
- Lulla V, Lulla A, Wernike K, Aebischer A, Beer M, Roy P. 2016. Assembly of replication-incompetent African horse sickness virus particles: rational design of vaccines for all serotypes. *J Virol*. 90:7405-7414.
- MacLachlan NJ, Guthrie AJ. 2010. Re-emergence of Bluetongue, African horse sickness, and other Orbivirus diseases. *Vet Res*. 41:35.
- Mellor PS, Hamblin C. 2004. African horse sickness. *Vet Res*. 35:445-466.
- Miller M, Buss P, Joubert J, Maseko N, Hofmeyr M, Gerdes T. 2011. Serosurvey for selected viral agents in white rhinoceros (*Ceratotherium simum*) in Kruger National Park. *J Zoo Wildl Med*. 42:29-32.
- O'Dell N, Arnot L, Janisch CE, Steyl JC. 2018. Clinical presentation and pathology of suspected vector transmitted African horse sickness in South African domestic dogs from 2006 to 2017. *Vet Rec*. 182:175.
- OIE. 2012. African horse sickness. In: *Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals*. Paris (France): OIE Terrestrial Animal Health Code.
- OIE. 2013. African horse sickness. In: *Technical disease cards*. Paris (France): OIE Terrestrial Animal Health Code.
- OIE. 2016. *Hand book for the management of high health, high performance horses*. Paris (France): OIE Terrestrial Animal Health Code.
- Oura CA, Ivens PA, Bachanek-Bankowska K, Bin-Tarif A, Jallow DB, Sailleau C, Maan S, Mertens PC, Batten CA. 2012. African horse sickness in the Gambia: Circulation of a live-attenuated vaccine-derived strain. *Epidemiol Infect*. 140:462-465.
- Potgieter AC, Wright IM, van Dijk AA. 2015. Consensus sequence of 27 African horse sickness virus genomes from viruses collected over a 76-year period (1933 to 2009). *Genome Announc*. 3:e00921-15.
- Quan M, Coetzer JAW, Guthrie AJ. 2004. African horse sickness, in infectious diseases of livestock. Coetzer JAW, Tustin RC, editors. Cape Town (South Africa).
- Sendow I, Daniels PW, Soleha E, Sukarsih. 1992. Epidemiologic studies of Bluetongue viral infections in Indonesia livestock. In: Walton TE, Osburn BI, editors. *Proceedings of the Second International Symposium: Bluetongue, African Horse Sickness, and Related Orbiviruses*. Florida (US): CRC Press. p. 147-154.
- Sergeant ES, Grewar JD, Weyer CT, Guthrie AJ. 2016. Quantitative risk assessment for African horse sickness in live horses exported from South Africa. *PLoS One*. 11:e0151757.
- Thompson GM, Jess S, Murchie AK. 2012. A review of African horse sickness and its implications for Ireland. *Irish Vet J*. 65:1-8.
- Venter GJ, Labuschagne K, Majatladi D, Boikanyo SN, Lourens C, Ebersohn K, Venter EH. 2015. *Culicoides* species abundance and potential over-wintering of African horse sickness virus in the Onderstepoort area, Gauteng, South Africa. *J S Afr Vet Assoc*. 85:e1-e6.
- Weyer CT, Grewar JD, Burger P, Joone C, Lourens C, MacLachlan NJ, Guthrie AJ. 2017. Dynamics of African horse sickness virus nucleic acid and antibody in horses following immunization with a commercial polyvalent live attenuated vaccine. *Vaccine*. 35:2504-2510.
- Weyer CT, Quan M, Joone C, Lourens CW, MacLachlan NJ, Guthrie AJ. 2013. African horse sickness in naturally infected, immunised horses. *Equine Vet J*. 45:117-119.
- Wilson A, Mellor PS, Szmaragd C, Mertens PPC. 2009. Adaptive strategies of African horse sickness virus to facilitate vector transmission. *Vet Rec*. 40:16.

Pemanfaatan Insekta sebagai Bahan Pakan dalam Ransum Ayam Pedaging

(The Utilization of Insects as Feedstuff in Broiler Diet)

Cecep Hidayat

*Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16720 Indonesia
hidayat_c2p@yahoo.com*

(Diterima 7 September 2018 – Direvisi 15 November 2018 – Disetujui 23 November 2018)

ABSTRACT

Insect meal is an unconventional feedstuff and is expected to be an alternative protein source in broiler diet in the future, as an impact of high price and a limited supply of a fish meal. The objective of this paper is to describe the potency of insects as a feedstuff in broiler diet. Some types of insects, i.e., bees, flies, crickets, grasshoppers, termites, ants, and cockroaches have the potential to be a feedstuff protein source. Several studies reported that insect has high protein content (10.3-76.2%). The use of insects as feedstuffs in broiler diet is constrained by several limiting factors, i.e. the presence of chitin, high crude fat content, and the presence of contaminants. Processing insects before being used as feedstuffs is necessary. Separation of chitin and crude fat content are highly recommended before using insect as protein source feedstuff in broiler diet. The use of insects in a broiler diet ranges from 4 to 29.65% depending on the type of insect, life phase of insect and the type of processing. Research and development to increase insect utilization in broiler diet are still needed.

Key words: Broiler, insect, diet

ABSTRAK

Tepung insekta adalah bahan baku tidak konvensional dan diharapkan menjadi sumber protein alternatif dalam ransum ayam pedaging di masa depan, seiring dengan semakin meningkatnya harga tepung ikan. Tujuan penulisan makalah ini untuk menguraikan potensi penggunaan insekta sebagai bahan pakan dalam ransum ayam pedaging. Beberapa jenis insekta antara lain lebah, lalat, jangkrik, belalang, rayap, semut dan kecoa berpotensi sebagai sumber protein karena mengandung kadar protein yang tinggi (10,3-76,2%). Penggunaan insekta sebagai bahan pakan sumber protein dalam ransum ayam pedaging terkendala oleh beberapa faktor pembatas, yaitu terdapatnya kitin, kandungan lemak kasar yang tinggi dan adanya kontaminan berbahaya. Pengolahan insekta sebelum dimanfaatkan sebagai bahan pakan sangat diperlukan. Pemisahan kitin dan penurunan kadar lemak kasar insekta direkomendasikan, sebelum insekta digunakan sebagai bahan pakan untuk ternak ayam pedaging. Penggunaan insekta dalam ransum ayam pedaging berkisar 4 hingga 29,65% tergantung jenis, fase hidup insekta dan pengolahannya. Penelitian dan pengembangan untuk meningkatkan penggunaan tepung insekta dalam ransum ayam pedaging masih perlu dilakukan.

Kata kunci: Ayam pedaging, insekta, ransum

PENDAHULUAN

Ketersediaan pakan menjadi syarat utama dalam mendukung keberhasilan pembangunan peternakan. Pembangunan peternakan di Indonesia sebagai upaya pemenuhan kebutuhan protein hewani akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Atas dasar tersebut, maka menjadi suatu keniscayaan bahwa dukungan ketersediaan pakan akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan terhadap protein hewani, terutama yang berasal dari produk hasil ternak. Hal tersebut berlaku pula pada subsektor peternakan ayam pedaging. Peternakan ayam pedaging menjadi pemasok kebutuhan daging utama nasional. Tingkat produksi daging ayam ras pedaging di Indonesia terus meningkat

setiap tahunnya dan dari tahun 2013 hingga tahun 2016 mengalami peningkatan berturut-turut sebesar 3,10; 5,43; 17,02% (Ditjen PKH 2017). Sampai saat ini, penggunaan bahan pakan sumber protein hewani dan nabati dalam formulasi ransum ayam pedaging masih didominasi oleh tepung daging dan tulang, tepung ikan, serta bungkil kedelai, meskipun Indonesia masih harus mengimpor dari negara lain.

Secara global, pencarian bahan pakan sumber protein alternatif pengganti tepung ikan dan bungkil kedelai menjadi suatu topik utama dalam penelitian bidang pakan dan nutrisi ternak. Veldkamp & Bosch (2015) menyatakan bahwa insekta banyak dipromosikan sebagai sumber alternatif protein hewani dengan kualitas yang tinggi, efisien dan dapat disediakan secara berkelanjutan. Pemanfaatan insekta

sebagai bahan pakan sumber protein hewani pada ransum ayam pedaging didasari oleh beberapa hal. Pertama, insekta kaya dengan kandungan nutrisi, yaitu protein (Makkar et al. 2014), vitamin, mineral (kalsium), energi dan lemak (van Huis et al. 2013). Kedua, insekta mampu menjadi *bioconverter* limbah organik sekaligus digunakan sebagai substrat atau media tumbuh insekta, sehingga pemanfaatan dan pengembangan insekta sebagai pakan dapat memanfaatkan limbah organik sebagai substrat pembiakan insekta, dimana akan diperoleh dua manfaat sekaligus, kebersihan lingkungan dan produksi insekta, yang dapat digunakan sebagai bahan pakan (Mutafela 2015). Ketiga, pada pemeliharaan ayam secara ekstensif, secara alami ternak ayam sudah terbiasa mengonsumsi insekta pada berbagai siklus hidup insekta dari alam bebas (Bovera et al. 2015). Keempat, produksi protein hewani dari insekta terbilang murah, karena cepat tumbuh dan mudah bereproduksi, serta memiliki efisiensi penggunaan pakan/substrat yang tinggi (Jayaprakash et al. 2016). Kelima, akan selalu ada kebutuhan bahan pakan sumber protein hewani di dalam ransum ayam pedaging, karena komposisi asam amino dari protein hewani lebih baik dibandingkan dengan bahan pakan sumber protein nabati, khususnya dalam hal kandungan asam amino esensial yang mengandung sulfur. Hal inilah yang menyebabkan bahan pakan sumber protein hewani, seperti tepung ikan, selalu digunakan dalam ransum ayam pedaging. Akan tetapi, karena tepung ikan telah menjadi sumber daya yang sangat terbatas, yang tercermin dari terus meningkatnya harga tepung ikan di pasaran, menyebabkan sumber protein hewani lain sangat dibutuhkan untuk menjaga agar produksi ayam pedaging tetap optimal di masa depan. Untuk membahas potensi penggunaan insekta sebagai bahan pakan dalam ransum ayam pedaging, maka makalah ini disusun, sehingga diharapkan dapat memaksimalkan kelebihan dan menangani kekurangan insekta, ketika digunakan sebagai komponen bahan pakan dalam menyusun ransum ayam pedaging. Selain itu, sebagai upaya dalam mendukung pengembangan insekta sebagai bahan pakan sumber protein dalam ransum ayam pedaging di masa yang akan datang.

JENIS-JENIS INSEKTA YANG POTENSIAL UNTUK DIGUNAKAN SEBAGAI BAHAN PAKAN

Footitt & Adler (2009) mengatakan bahwa sekitar 20% saja dari 80 juta jenis insekta yang ada di dunia, yang sudah diidentifikasi dan diberi nama. Hossain & Blair (2007) menjelaskan bahwa untuk mengembangkan jenis insekta sebagai bahan pakan sumber protein, maka yang perlu diperhatikan adalah, pertama, jenis insekta tersebut harus memiliki siklus

reproduksi yang pendek, sehingga dapat diperoleh produksi insekta yang besar dalam jangka waktu yang pendek. Kedua, jenis insekta yang dipilih harus memiliki kandungan gizi yang tinggi, terutama protein dan asam amino mengandung sulfur. Sebagaimana tepung ikan, keunggulan dari bahan pakan sumber protein hewani dibandingkan dengan bahan pakan sumber protein nabati adalah ketersediaan asam amino mengandung sulfur. Ketiga, jenis insekta tersebut juga harus mudah dibudidayakan secara intensif, sehingga memungkinkan untuk diproduksi secara berkelanjutan. Keempat, jenis insekta yang dipilih tidak menimbulkan efek alergi atau keracunan pada ternak inang.

Beberapa peneliti (Bosch et al. 2014; van Huis et al. 2013; Veldkamp et al. 2012) telah melaporkan bahwa terdapat beberapa jenis insekta yang potensial untuk dikembangkan sebagai bahan pakan sumber protein, yaitu lebah (*Anthophila*), tawon (*Apocrita*), lalat tentara hitam (*black soldier fly*/BSF, *Hermetia illuscens*), lalat (*Musca domestica*, *Calliphora vicina*), jangkrik (*Acheta domestica*, *Anabrus simplex*, *Acheta domestica*, *Gryllus bimaculatus*), ulat Hongkong (*Tenebrio molitor*), belalang (*Ruspolia differens*, *Ruspolia nitidula*, *Acanthacris ruficornis ruficornis*), kecoa (*Blatta orientalis*, *Periplaneta americana*), rayap (*Kaloterms flavicollis*, *Macrotermes subhyalinus*), kutu (*Pediculus humanus capitis*), tonggeret (*Cicadidae*), ulat (*Bombyx mori*, *Samia cynthia ricini*), semut dan kumbang (*Alphitobius diaperinus*, *Tribolium castaneum*).

KANDUNGAN NUTRIEN INSEKTA

Insekta dilaporkan kaya dengan kandungan nutrisi, baik makronutrien (protein dan energi) maupun mikronutrien (vitamin dan mineral) (Bovera et al. 2015). Józefiak et al. (2016) melaporkan bahwa kandungan nutrisi yang terkandung pada insekta sangat tergantung kepada kandungan nutrisi substrat atau media tumbuh yang digunakan dalam membudidayakan insekta tersebut, *species*, manajemen budidaya dan fase siklus hidup (Jintasataporn 2012). Insekta dalam siklus hidupnya mengalami metamorfosis (perubahan bentuk). Sebagai contoh, insekta jenis BSF memiliki siklus hidup sebagai berikut, larva (18 hari), kemudian fase pupa (14 hari) dan berakhir sebagai spesies dewasa (Wardhana 2016). Beberapa laporan terkait kandungan nutrisi beberapa spesies insekta telah dilaporkan oleh beberapa peneliti, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa beberapa insekta sangat potensial untuk dijadikan sebagai bahan pakan sumber protein, karena mengandung protein kasar yang tinggi dan sebanding dengan kualitas gizi dari tepung ikan maupun bungkil kedelai kualitas mutu 1 menurut SNI (BSN 2013). Kandungan protein kasar dari

Tabel 1. Kandungan makronutrien beberapa insekta

Jenis insekta	Spesies	Siklus hidup	Kadar air (% bahan segar)	Protein kasar	Lemak kasar	Serat kasar	Abu	Pustaka
				----- % BK -----				
Lebah	<i>Apis mellifera ligustica</i>	Larva	74,40	35,30	14,50	nd	4,10	Ghosh et al. (2016)
		Pupa	79,30	45,90	16,00	nd	3,80	
		Dewasa	65,60	51,00	6,90	nd	11,50	
Jangkrik	<i>Grylloides sigillatus</i>	Dewasa	nd	70,00	18,20	3,60	4,70	Zielińska et al. (2015)
	<i>Acheta domesticus</i>	Dewasa		64,40-70,80	18,50-22,80	nd	3,60-5,10	Rumpold & Schluter (2013)
Ulat Hongkong	<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	nd	52,40	24,70	1,90	3,60	Zielińska et al. (2015)
	<i>Tenebrio molitor</i>	Dewasa		63,30	7,50	19,90	3,60	Ravzanaadii et al. (2012)
Belalang	<i>Schistocerca gregaria</i>	Dewasa	nd	76,00	12,90	2,50	3,30	Zielińska et al. (2015)
	<i>Ruspolia differens</i>	Dewasa		44,30	46,20	4,90	2,60	Rumpold & Schluter (2013)
<i>Black soldier fly</i>	<i>Hermetia illucens</i>	Prepupa	61,30	41,20	33,60	nd	10,00	Spranghers et al. (2016)
		Larva	74,20	17,50	5,30	23,20	11,50	
Kumbang	<i>Rhynchophorus phoenicis</i>	Larva	nd	10,30-41,70	19,50-69,80	2,80-25,10	2,50-5,70	Rumpold & Schluter (2013)
Kupu-kupu	<i>Bombxy mori</i>	Pupa	nd	48,70-58,00	30,10-35,00	2,00	4,00-8,60	Rumpold & Schluter (2013)
	<i>Cirina forda</i> Westwood	Larva	nd	20,20-74,40	5,30-14,30	1,80-9,40	1,50-11,51	
Lalat	<i>Musca domestica</i>	Larva	nd	60,40	14,10	8,60	10,70	Pieterse & Pretorius (2014)
		Pupa	nd	76,20	14,40	15,70	7,70	
Tepung ikan (mutu 1)*			<10	>66	<11,10	<1,60	nd	BSN (2013)
Bungkil kedelai (mutu 1)*			<12	>52,20	nd	<2,20	<6,80	BSN (2013)

nd: Tidak ada data; BK: Bahan kering; *: Digunakan sebagai pembanding

beberapa insekta yang sudah dilaporkan (Tabel 1) bervariasi antara 10-76% dari bahan kering. Perlu diperhatikan dalam membaca kandungan protein kasar insekta adalah bahwa terdapatnya beberapa senyawa nitrogen non-protein (bukan protein) dalam insekta, yaitu kitin, asam nukleat, fosfolipid dan produk ekskresi seperti amonia,. Atas dasar tersebut, maka nilai kandungan protein kasar insekta perlu dikoreksi dalam perhitungannya pada saat mengkonversi nitrogen terhadap protein. Untuk mengukur kandungan protein kasar yang tepat pada insekta, Lakemond (2017) merekomendasikan perubahan nilai faktor konversi nitrogen terhadap protein yang biasa digunakan dalam pengukuran kadar protein kasar, yaitu 6,25 menjadi 4,76 untuk insekta dalam bentuk larva dan 5,60 untuk insekta dalam bentuk ekstrak protein.

Kandungan lemak kasar beberapa insekta dilaporkan bervariasi antara 5-33% bahan kering. Kandungan lemak kasar insekta bervariasi antar spesies dan siklus hidup (Tabel 1). Amza & Tamiru (2017) mengatakan bahwa kandungan lemak kasar insekta sangat ditentukan oleh tipe media/substrat yang digunakan dalam membudidayakan insekta tersebut. Sebagian besar, lemak yang terdapat dalam tubuh insekta adalah trigliserida, yang disintesis dari karbohidrat, asam lemak atau protein. Konversi karbohidrat yang ada pada substrat/media tumbuh menjadi lemak tubuh insekta disebabkan karena kapasitas lemak untuk sintesis dari karbohidrat lebih tinggi daripada sintesis glikogen, hal inilah yang menyebabkan kandungan lemak insekta lebih tinggi daripada kandungan glikogen (Arrese & Soulages 2010). Paul et al. (2017) melaporkan bahwa kualitas lemak insekta sangat baik, hal ini terlihat dari rasio asam lemak tidak jenuh terhadap asam lemak jenuh (P/S rasio atau *polyunsaturated/saturated ratio*) beberapa insekta, yaitu *Acheta domesticus*, *Chorthippus parallelus*, *Conocephalus discolor* adalah 1,32; 1,80 dan 2,75. Hal ini menunjukkan bahwa asam lemak tidak jenuh pada insekta tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan asam lemak jenuhnya. Dengan kandungan lemak tinggi, insekta memiliki potensi digunakan dalam ransum ayam pedaging tidak hanya sebagai sumber protein, akan tetapi juga sebagai sumber energi.

Kandungan serat kasar beberapa insekta ada pada kisaran 1,9-25% bahan kering (Tabel 1). Finke (2007) mengatakan bahwa serat kasar pada insekta merepresentasikan kandungan kitin, karena kitin (linear polimer unit b-(1-4) N-acetyl-D-glucosamine) memiliki struktur yang mirip dengan selulosa (polimer linier unit b-(1-4)-D-glucopyranose) dan pada fraksi *acid detergent fiber* (ADF) insekta terbukti mengandung nitrogen. Kitin berfungsi untuk memperkuat struktur dari organisme tersebut. Atas dasar tersebut maka kitin dianggap sebagai bagian dari serat kasar. Kitin tidak

dapat dicerna oleh hewan monogastrik. Keberadaan gugus nitrogen pada kitin, menyebabkan molekul kitin memiliki kemampuan untuk bergabung dengan makromolekul lainnya dan menyebabkan terbentuknya ikatan dengan jenis dan sifat fisikokimia baru. Misalnya, ikatan kovalen antara kitin dan protein yang terbentuk antara N-asetil dari kitin, bereaksi dengan α -asam amino (terutama tirosin) dan protein kutikular, akan membentuk kompleks yang stabil namun mudah terdisosiasi setelah pH berubah (Longvah et al. 2011). Ternak ayam dilaporkan memiliki kitinase dalam saluran pencernaannya, akan tetapi kemampuannya sangat terbatas dalam memanfaatkan kitin (Sanchez-Muros et al. 2014). Atas dasar tersebut, maka direkomendasikan dilakukan proses pemisahan kitin dari insekta ketika insekta akan digunakan sebagai bahan pakan sumber protein dalam ransum ayam pedaging.

Kandungan asam amino beberapa insekta dari beberapa laporan ditunjukkan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 ditunjukkan pula kandungan asam amino tepung ikan (Sitompul 2004), sebagai pembanding untuk melihat kandungan asam amino dari beberapa jenis insekta. Kandungan asam amino yang terkandung dalam tubuh insekta ditentukan oleh spesies, siklus hidup dan media tumbuh yang digunakan dalam budidaya insekta. Jenis asam amino esensial yang tinggi pada beberapa jenis insekta yang ditunjukkan pada Tabel 2 adalah arginin, leusin, lisin, treonin, isoleusin dan valin. Tetapi leusin merupakan asam amino esensial yang paling tinggi. Sementara itu, jenis asam amino non-esensial yang tinggi pada beberapa insekta yang tertera pada Tabel 2 adalah asam glutamat, asam aspartat, serin dan alanin. Asam glutamat sebagai asam amino non-esensial yang paling tinggi di semua fase pertumbuhan insekta. Kandungan asam amino esensial dan non-esensial yang tinggi pada insekta tersebut sama dengan yang terkandung pada tepung ikan (INRA-CIRAD-AFZ 2018a) dan bungkil kedelai (INRA-CIRAD-AFZ 2018b).

KECERNAAN ZAT GIZI INSEKTA PADA AYAM PEDAGING

Informasi nilai pencernaan dari jenis-jenis insekta pada ayam pedaging masih sangat terbatas. Beberapa peneliti melaporkan bahwa secara umum insekta mudah dicerna (Bosch et al. 2014; De Marco et al. 2015) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Persentase tingkat pencernaan zat gizi insekta menunjukkan seberapa besar zat gizi yang mampu dimanfaatkan oleh tubuh ayam pedaging dari total zat gizi yang terkandung dalam insekta tersebut. Tingkat pencernaan zat gizi insekta pada ayam pedaging bervariasi dan ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu spesies insekta, siklus hidup dan pengolahan

Tabel 2. Kandungan asam amino beberapa insekta

Asam amino (% protein)	Jenis insekta											Tepung ikan ^{10*}
	Lebah			Jangkrik		Ulat Hongkong		Belalang (<i>S. gregaria</i> , dewasa) ⁶	BSF (<i>H. illucens</i> , prepupa) ⁷	Kumbang (<i>R. phoenic</i> , larva) ⁸	Kupu-kupu (<i>B. mori</i> , pupa) ⁹	
	<i>A. mellifera ligustica</i> ¹			<i>G. sigillatus</i> (dewasa) ²	<i>A. domesticus</i> (dewasa) ³	<i>T. molitor</i> (larva) ⁴	<i>T. molitor</i> (dewasa) ⁵					
	Larva	Pupa	Dewasa									
Esensial												
Metionin	3,30	nd	nd	1,59	2,19	0,96	0,55	0,82	4,74	2,18	3,40	1,80
Valin	4,82	5,23	5,29	4,70	4,84-5,22	3,97	3,37	5,66	5,85	4,10-5,49	4,70-5,22	5,93
Isoleusin	4,53	5,01	4,31	2,66	3,64-4,59	2,14	3,92	2,82	4,17	2,40-7,75	3,40-4,61	4,30
Leusin	7,08	6,97	7,45	5,78	6,67-10,00	4,58	5,17	7,77	6,94	4,70-5,89	6,20-7,06	7,24
Lisin	5,38	6,54	5,10	3,84	5,11-5,37	2,67	2,23	3,51	5,68	4,20-6,39	6,10-7,72	5,12
Treonin	4,53	4,14	4,12	3,68	3,11-3,61	2,61	2,15	3,55	3,98	2,86-2,90	3,90-4,53	4,25
Fenilalanin	0,57	0,44	0,78	2,20	nd	1,61	1,54	1,87	4,13	nd	nd	4,30
Histidin	1,98	2,40	1,96	1,72	2,27-2,34	1,61	1,71	2,06	3,30	1,10	2,70-3,54	1,42
Triptofan	nd	nd	0,02	nd	0,63-0,76	nd	nd	nd	1,63	0,51	1,50-1,90	nd
Arginin	4,53	5,01	4,51	4,66	nd	2,56	2,63	3,98	4,93	nd	nd	6,80
Non-esensial												
Tirosin	4,25	4,36	3,53	3,18	nd	2,88	1,64	3,31	nd	nd	nd	2,89
Asam aspartat	7,37	7,63	6,27	7,28	nd	5,05	3,59	6,61	9,17	nd	nd	8,00
Serin	3,97	4,36	4,51	4,04	nd	2,88	2,20	3,37	4,03	nd	nd	6,80
Asam glutamat	14,16	18,30	11,76	10,66	nd	7,97	5,24	10,75	10,17	nd	nd	12,79
Glisin	3,97	5,45	5,88	4,07	nd	3,18	5,44	4,94	5,49	nd	nd	6,95
Alanin	4,53	6,32	7,61	5,80	nd	4,43	4,79	8,88	6,12	nd	nd	5,66
Sistein	0,85	0,87	1,37	1,11	nd	0,55	0,59	0,36	0,61	nd	nd	1,14

nd: Tidak ada data; *: Digunakan sebagai pembanding; BSF: *Black soldier fly*

Sumber: ¹Ghosh et al. (2016); ¹Jie et al. (2016); ^{2,4,6}Zielińska et al. (2015); ²Hackewitz (2018); ^{3,8,9}Rumpold & Schluter (2013); ^{4,5}Ravzanaadii et al. (2012); ⁷Sprangers et al. (2016); ⁷Al-Qazzaz et al. (2016); ⁸Okunowo et al. (2017); ¹⁰Sitompul (2004)

penghilangan kandungan lemak, serta kandungan kitin (De Marco et al. 2015; Schiavone et al. 2017).

Tabel 3 menunjukkan bahwa tingkat pencernaan bahan kering beberapa insekta berkisar pada angka 53-81%. Sementara itu, tingkat pencernaan bahan organik sebesar 66%. Hal tersebut menunjukkan bahwa komponen organik insekta sebagian besar dapat dimanfaatkan oleh tubuh ayam pedaging. Tingkat pencernaan protein kasar beberapa insekta bervariasi antara 51-69%. Variasi pencernaan protein kasar diduga disebabkan karena pertama, adanya komponen nitrogen non-protein dalam insekta yang terukur sebagai protein kasar saat dianalisis di laboratorium, akan tetapi tidak dapat dimanfaatkan oleh tubuh ayam pedaging. Kedua, keberadaan kitin yang mampu membentuk ikatan kompleks dengan protein menyebabkan protein menjadi tidak mampu dicerna dalam saluran pencernaan ayam pedaging. Tingkat pencernaan lemak kasar insekta oleh tubuh ayam pedaging cukup tinggi (88-99%). Tingkat pencernaan yang tinggi akan mengakibatkan nilai energi metabolis insekta juga akan tinggi. Seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Tingkat energi metabolis insekta untuk metode pengukuran *apparent metabolizable energy* (AME) ada pada angka 2758-4151 Kal/kg. Sementara itu, pada metode pengukuran energi metabolis AMEn (pengukuran AME yang dikoreksi dengan retensi nitrogen) ada pada angka 2357-3965 Kal/kg. Nilai energi metabolis insekta berkaitan dengan nilai pencernaan energi kasar insekta. Bovera et al. (2015) mengatakan bahwa kandungan energi metabolis insekta bervariasi sebagaimana kandungan kitin dan lemak di dalamnya.

Persentase pencernaan asam amino beberapa larva insekta (*T. molitor*, *H. illucen* dan *M. domestica*) pada ayam pedaging ditunjukkan pada Tabel 4. Tingkat pencernaan asam amino larva insekta cukup tinggi, terutama untuk asam amino esensial. Persentase pencernaan asam amino metionin bervariasi antara 80-88%, lisin (80-87%), arginin (79-90%), histidin (64-85%), isoleusin (80-83%), leusin (82-84%), fenilalanin (82-91%), treonin (73-80%) dan valin (81-90%). Sementara itu, persentase pencernaan asam amino non-esensial dari ketiga larva insekta bervariasi pada tingkat pencernaan berikut, alanin (85-93%), serin (71-89%), asam glutamat (81-88%), asam aspartat (82-89%), prolin (69-84%), tirosin (83-92%), sistein (44-82%) dan glisin (66-89%). Apabila dibandingkan antara *apparent ileal digestibility* (AID) asam amino (esensial atau non-esensial) insekta dengan tepung ikan atau bungkil kedelai (Tabel 4), terlihat bahwa tingkat pencernaan asam amino insekta tidak kalah apabila dibandingkan dengan tepung ikan dan bungkil kedelai, bahkan secara umum tingkat pencernaan asam amino dari *T. molitor* lebih tinggi dibandingkan dengan tepung ikan atau bungkil kedelai.

Tabel 3. Persentase pencernaan zat gizi dan nilai energi metabolis beberapa larva insekta pada ayam pedaging dengan menggunakan metode *total tract digestibility*

Kecernaan	<i>T. molitor</i> ¹	<i>H. illucens</i> ²	<i>M. domestica</i> ³
Bahan kering (%)	60	53	81
Bahan organik (%)	66	66	nd
Protein kasar (%)	60	51	69
Lemak kasar (%)	88	99	94
Abu (%)	nd	nd	83
Energi kasar (%)	64	69	nd
Serat kasar (%)	nd	nd	62
AME (Kal/kg)	4027	4151	3398
AMEn (Kal/kg)	3826	3965	nd

AME: *Apparent metabolizable energy*; AMEn: AME dikoreksi atas keseimbangan nitrogen; nd: Tidak ada data

Sumber: ^{1,2}De Marco et al. (2015); ¹Bovera et al. (2015); ²Schiavone et al. (2017); ³Hall et al. (2018)

PENGHAMBAT PENGGUNAAN INSEKTA DALAM RANSUM AYAM PEDAGING

Kandungan nutrisi serta tingkat pencernaan zat gizi insekta masih belum cukup untuk melihat sejauh mana tingkat potensi pemanfaatan insekta dalam ransum ayam pedaging. Hal yang perlu diperhatikan dalam menilai suatu bahan pakan yang masih belum umum digunakan lainnya adalah tingkat keamanan penggunaannya. Yen (2010) mengatakan bahwa tidak semua insekta aman digunakan dalam pakan ternak, dimana dilaporkan bahwa beberapa insekta, dilaporkan dapat menyebabkan reaksi alergi, botulisme (penyakit yang bersifat neuromuscular (melumpuhkan syaraf)), parasit dan keracunan. Nishimune et al. (2000) memberikan contoh, bahwa pupa dari ulat sutera Afrika (*Anaphevenata*) mengandung *thiaminase* dan dapat menyebabkan defisiensi tiamin. Akan tetapi, Schabel (2010) memberikan solusi bahwa risiko negatif terhadap kesehatan ternak yang diakibatkan oleh insekta dapat dikendalikan dengan menggunakan substrat media yang bebas polutan dan menggunakan teknis pemanenan, penanganan pascapanen, serta teknis penyimpanan yang tepat, yang sesuai dengan rekomendasi hasil penelitian. Penggunaan insekta sebagai bahan pakan perlu memperhatikan serta mengendalikan risiko bahaya unsur kimia dan mikrobiologi yang terkandung di dalamnya. Substrat atau media tumbuh insekta dilaporkan mempengaruhi unsur kimia dan mikrobiologi insekta, sebagai akibat transfer dan

Tabel 4. Persentase pencernaan asam amino dari beberapa larva insekta pada ayam pedaging menggunakan metode pengujian *apparent ileal digestibility* (AID)

Kecernaan asam amino (%)	<i>T. molitor</i> ¹	<i>H. illucen</i> ²	<i>M. domestica</i> ³	Tepung ikan ^{4*}	Bungkil kedelai ^{5*}
Esensial					
Arginin	90	79	88	79	88
Histidin	85	64	85	76	80
Isoleusin	82	83	80	81	77
Leusin	82	84	83	83	89
Lisin	85	80	87	84	85
Metionin	80	83	88	83	89
Fenilalanin	91	82	88	81	92
Treonin	80	73	78	76	76
Valin	82	90	81	82	87
Non-esensial					
Alanin	93	92	85	79	83
Serin	89	71	82	74	82
Asam glutamat	88	81	86	80	89
Asam aspartat	89	82	86	75	80
Prolin	84	65	69	nd	nd
Tirosin	83	92	91	77	92
Sistein	84	44	82	57	66
Glisin	89	66	77	71	74

*: Digunakan sebagai pembanding

Sumber: ¹De Marco et al. (2015); ²Schiavone et al. (2017); ³Hall et al. (2018); ³Pieterse & Pretorius (2014); ⁴Ravindran et al. (2005); ⁵De Coca Sinova et al. (2008)

bioakumulasi dari substrat atau senyawa racun yang diproduksi oleh insekta sendiri untuk alat pertahanan diri, serta hadirnya berbagai kontaminan antara lain prion, residu obat hewan dan pestisida, mikotoksin, racun tanaman, logam berat, serta dioksin yang ditimbulkan selama proses budidaya dengan menggunakan media tumbuh yang terkontaminasi (Veldkamp et al. 2012; Belluco et al. 2013; Charlton et al. 2015; Finke et al. 2015).

Pembatas penggunaan insekta dalam ransum ayam pedaging lainnya adalah keberadaan kitin (Ijaiya & Eko 2009). Kitin sebagian besar tidak bisa dicerna dalam saluran pencernaan ayam pedaging dan mengakibatkan tidak tercernanya zat gizi lain, terutama protein, karena kitin mempunyai kemampuan membentuk ikatan kompleks dengan zat gizi lain, terutama protein, sehingga menjadikan protein tidak dapat dicerna dalam saluran pencernaan.

Kandungan lemak kasar insekta yang tinggi diperhitungkan akan membatasi tingkat penggunaan insekta sebagai sumber protein dalam ransum ayam pedaging, sehingga akan menekan jumlah persentase penggunaan insekta dalam formulasi ransum ayam pedaging. Hal ini dikarenakan, umumnya tingkat

kebutuhan ayam pedaging dalam berbagai umur dibatasi kebutuhannya terhadap lemak kasar (maksimum 10%) (Jafarnejad & Sadegh 2011). Beberapa laporan penelitian penggunaan insekta dalam ransum ayam pedaging tanpa dilakukan pemisahan lemak dan kitin menyebabkan tingkat penggunaan tepung insekta dalam ransum ayam pedaging menjadi rendah. Mohammed et al. (2017) menggunakan tepung *black soldier fly* sebesar 4% dalam ransum. Ijaiya & Eko (2009) menggunakan tepung *Anaphe infracta* maksimum 7,33% dalam ransum. Brah et al. (2018) merekomendasikan penggunaan tepung *Ornithocris cavroisi* maksimum 6,5% dalam ransum *starter* dan 5,5% dalam ransum *grower*. Ullah et al. (2017) menggunakan tepung *Bombyx mori* maksimum 8% dalam ransum *finisher*.

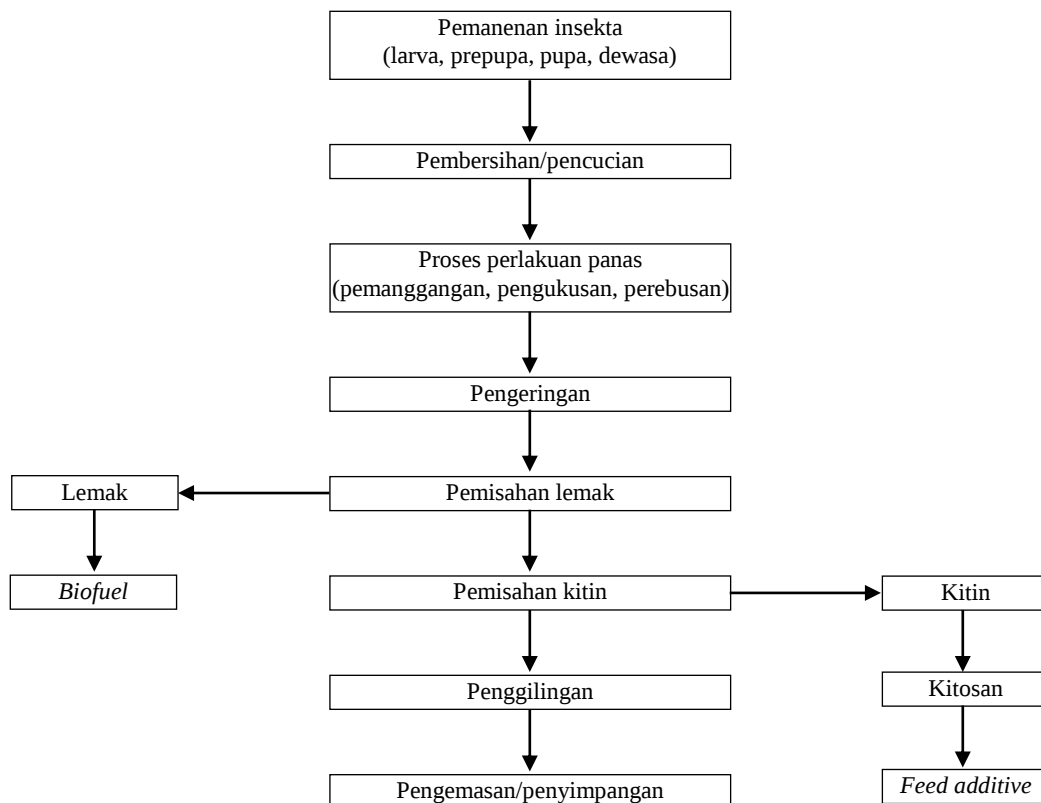
Lemak kasar yang tinggi juga akan merangsang terjadinya oksidasi lemak selama masa penyimpanan pakan yang mengakibatkan pakan menjadi mudah mengalami ketengikan, sehingga menurunkan kualitas gizi dan palatabilitas pakan. Oleh karena itu, untuk menangani hal tersebut, maka direkomendasikan agar insekta sebelum digunakan sebagai bahan pakan sumber protein dalam ransum ayam pedaging, perlu

dilakukan penanganan berupa pemisahan kitin dan lemak. Pemisahan kitin dan lemak akan secara langsung meningkatkan kandungan protein kasar dan tingkat pencernaan protein kasar tepung insekta dalam saluran pencernaan ayam pedaging. Schiavone et al. (2017) melaporkan perbandingan kandungan nutrisi tepung *black soldier fly* yang telah dipisahkan kandungan lemaknya dengan menggunakan teknik mekanik (fisik) tanpa menggunakan larutan kimiawi, dengan dua perlakuan pemisahan lemak, yaitu pemisahan lemak tingkat sedang dan tinggi, menghasilkan kandungan nutrisi yang dihitung berdasarkan bahan kering berturut-turut 18,6 vs 4,6% lemak kasar; 55,3 vs 65,5% protein kasar; 24,4 vs 21,2 MJ/kg *gross energy*; 5 vs 6,9% kitin; 90,1 vs 90,7% bahan organik; dan 94,2 vs 98,5% bahan kering.

Tantangan ke depan, penggunaan tepung insekta dalam ransum ayam pedaging lainnya adalah bagaimana menjamin produksi insekta secara konstan dengan harga produksi yang murah, sehingga dapat bersaing dengan bahan pakan sumber protein lainnya (tepung ikan, bungkil kedelai, tepung daging dan tulang). Untuk produksi insekta sebagai bahan pakan sumber protein, maka perlu ditentukan spesies insekta yang paling cocok untuk dikembangkan dalam skala industri (Rumpold & Schluter 2013).

PROSES PENANGANAN INSEKTA UNTUK DIJADIKAN BAHAN PAKAN DALAM RANSUM AYAM PEDAGING

Untuk menekan terjadinya efek negatif yang ditimbulkan dalam penggunaan insekta sebagai bahan pakan dalam ransum ayam pedaging, maka insekta perlu diberi penanganan terlebih dahulu sebelum digunakan dalam ransum ayam pedaging (Gambar 1). Setelah insekta dipanen, maka penanganan pertama adalah pembersihan dengan pencucian. Hal ini dilakukan sebagai upaya sanitasi untuk mencegah kontaminasi dengan bakteri patogen, logam berat dan pestisida yang mungkin terdapat dalam insekta akibat terbawa dari substrat/media tumbuh yang digunakan, terutama ketika menggunakan substrat dari limbah organik. Langkah penanganan berikutnya adalah pemberian perlakuan panas. Perlakuan panas diperlukan untuk membebaskan insekta dari bakteri patogen seperti *Salmonella* yang mungkin terbawa dari substrat (Fink-Gremmels 2012). Jenis perlakuan panas insekta akan mempengaruhi kandungan protein kasar yang terkandung dalam produk tepung insekta yang dihasilkan. Teknik perlakuan panas bisa dilakukan dengan pemanggangan, pengukusan atau perebusan. Selcuk et al. (2010) menjelaskan bahwa jenis perlakuan



Gambar 1. Proses penanganan insekta untuk dijadikan sebagai bahan pakan sumber protein dalam ransum ayam pedaging

Sumber: Ssepuuya et al. (2017) yang dimodifikasi

panas insekta dengan perebusan dapat menyebabkan protein ikut hilang bersama dengan air yang keluar dari bahan, seperti halnya protein yang larut dalam air antara lain protamin, histon, pepeton dan proteosa (Erkan & Ozden 2011). Studi Utami (2018) melaporkan larva insekta jenis ulat Hongkong (*T. molitor* L) dan *black soldier fly* (*H. illucens*) yang diolah dengan cara pengukusan dan perebusan, merekomendasikan bahwa pengolahan yang tepat, dengan memperhatikan kualitas fisik dan kimiawi produk tepung insekta yang dihasilkan adalah dengan pengukusan pada suhu 98°C selama 45 menit.

Insekta selanjutnya dikeringkan, hal ini dilakukan untuk mencegah aktivitas mikroba selama penyimpanan (Grau et al. 2017). Penanganan berikutnya adalah pemisahan lemak (*defatting*) dan kitin. Teknik pemisahan lemak dapat dilakukan dengan metode fisik/mekanik (*pressing*), pengukusan (*steaming*) atau kimiawi menggunakan ekstraksi. Pemisahan lemak dari insekta dapat dilakukan dengan metode mekanik dengan menggunakan alat yang memberikan tekanan kepada insekta yang sudah dibuat mati sebelumnya (proses pematian insekta bisa dilakukan dengan memasukkan kepada *freezer*/alat pendingin atau diberikan perlakuan panas), sehingga menyebabkan terjadinya pengeluaran komponen lemak intraseluler (Kroeckel et al. 2012). Metode *defatting* dengan *pressing* dapat menurunkan kandungan lemak bahan hingga kurang lebih 5% (Harlystiarini 2017). Pemisahan lemak insekta juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode kimiawi, yaitu menggunakan ekstraksi larutan eter atau heksana (Fasakin et al. 2003). Metode *defatting* dengan ekstraksi menggunakan larutan eter atau heksana dapat menurunkan kandungan lemak kasar pada bahan yang diberi perlakuan *defatting* hingga kurang lebih 2% (Harlystiarini 2017). Pemisahan lemak dengan dua metode di atas membutuhkan alat dan biaya yang tidak sedikit. Metode *defatting* lainnya yang sederhana adalah dengan pengukusan. Harlystiarini (2017) melaporkan bahwa metode pengukusan mampu menurunkan kandungan lemak tepung larva insekta jenis *black soldier fly* kurang lebih 10% (37,56 vs 27,36%).

Pemisahan kitin dari insekta dapat dilakukan dengan beberapa teknik, diantaranya adalah dengan ekstraksi menggunakan alkali dan menggunakan enzim yang dapat melepaskan kitin dari ikatan kompleks kitin-protein (enzim kitinase) (Kroeckel et al. 2012; Lin et al. 2012). Kitin yang diperoleh dari insekta dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan kitosan. Kitosan dapat digunakan sebagai *feed additive* pada ransum ayam pedaging yang berfungsi sebagai antimikroba alami.

Penanganan terakhir sebelum digunakan sebagai bahan pakan adalah pengemasan. Pengemasan dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan selama

proses penyimpanan. Proses penyimpanan insekta untuk mencegah terjadinya kerusakan zat gizi akibat proses oksidasi adalah dengan mengemasnya pada kondisi *anaerob*, lalu untuk disimpan dalam jangka panjang, perlu disimpan pada ruangan dengan suhu di bawah 20°C, sehingga akan menekan terjadinya kerusakan akibat aktivitas mikroba di dalamnya.

Pengembangan insekta sebagai sumber bahan pakan mulai banyak dikembangkan di Indonesia. Jenis insekta yang umum dibudidayakan adalah dari jenis ulat Hongkong (*T. molitor* L) dan *black soldier fly* (*H. illucens*). Rachmawati et al. (2010) melaporkan bahwa bobot *H. illucens* yang dibudidayakan pada media bungkil kelapa sawit pada umur 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; dan 24 hari berturut-turut adalah sebagai berikut 10; 60; 100; 120; 140; 160; 170; 180; 180 mg/ekor. Morales-Ramos & Rojas (2015) melaporkan bahwa pertambahan bobot hidup larva *T. molitor* selama 12 minggu untuk setiap gram pakan yang dikonsumsi bervariasi antara 181-227 mg. Fauzi & Sari (2018) melaporkan bahwa budidaya *black soldier fly* yang dilakukan dengan 100 kg bahan baku media tumbuh, dapat menghasilkan larva sebanyak 60-70 kg larva. Pemanenan larva *black soldier fly* dilakukan sebelum umur 37 hari, umur dimana larva akan berubah menjadi lalat. Rachmawati et al. (2010) mengatakan bahwa rata-rata bahan kering larva *black soldier fly* pada berbagai umur adalah 36,28%, sehingga dapat diperhitungkan dari 100 kg bahan baku media tumbuh, dapat menghasilkan larva sebesar 21,8–25,4 kg bahan kering larva. Kandungan lemak kasar pada larva *black soldier fly* dipengaruhi oleh media tumbuh yang digunakan. Kandungan lemak kasar *black soldier fly* yang ditumbuhkan pada media bungkil kelapa sawit adalah 19,8% (Rachmawati et al. 2010). Sementara itu, Liland et al. (2017) melaporkan bahwa kandungan total lemak *black soldier fly* yang ditumbuhkan pada media tumbuh berupa tepung gandum menghasilkan total lemak 33,8%, sedangkan *black soldier fly* yang ditumbuhkan pada media tumbuh kombinasi tepung gandum dengan tanaman alga (50:50) menghasilkan kandungan total lemak *black soldier fly* sebesar 22,2%, *black soldier fly* yang ditumbuhkan pada media tumbuh 100% alga, memiliki kandungan total lemak sebesar 8,1%.

Upaya pemisahan lemak dengan mengacu kepada standar kandungan lemak tepung ikan, yaitu 9,99%, maka besaran lemak kasar yang perlu dikeluarkan dari insekta di atas sekitar 10% (dari 19,8% menjadi 9,99%). Upaya selanjutnya adalah pemisahan kitin. Caligiani et al. (2017) mengatakan bahwa kandungan kitin dalam *black soldier fly* adalah 9%, sehingga ada sekitar 9% dari bobot *black soldier fly*, yaitu berupa kitin yang perlu dipisahkan. Hal ini menunjukkan bahwa apabila dijumlahkan, pemisahan lemak dan kitin akan mengurangi berat produk tepung *black soldier fly* yang dihasilkan sekitar 19% dari berat kering yang

telah dihasilkan. Apabila mengacu kepada data produksi *black soldier fly* yang dilaporkan Rachmawati et al. (2010), maka akan diperoleh hasil perhitungan, bahwa dari 100 kg bahan baku media tumbuh, dapat menghasilkan tepung larva *black soldier fly* yang telah diturunkan kandungan lemak kasar (10%) dan kitin (9%) adalah sekitar 17,1-20,57 kg bahan kering tepung larva *black soldier fly*.

UJI BIOLOGIS PENGGUNAAN INSEKTA DALAM RANSUM AYAM PEDAGING

Beberapa jenis insekta dilaporkan telah digunakan sebagai bahan pakan sumber protein dalam ransum ayam pedaging, seperti ditunjukkan pada Tabel 5. Penggunaan insekta dalam ransum ayam pedaging, baik itu digunakan sebagai pengganti tepung ikan

Tabel 5. Penggunaan beberapa jenis insekta dalam ransum ayam pedaging dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan efisiensi penggunaan pakan

Jenis insekta	Spesies	Penanganan insekta/ keterangan	Perlakuan	Dampak
Lalat	<i>Black soldier fly</i> (BSF, <i>H. illucens</i>) ¹	Larva dipanen, dipanaskan, dikeringkan dan digiling	Menggantikan 33% tepung ikan pada ransum <i>grower</i> (umur 21-49 hari). Tingkat penggunaan BSF 4% dalam ransum	Bobot hidup akhir 2157 vs 2193 (kontrol) g/ekor; efisiensi pakan 0,354 vs 0,352 (kontrol)
	Lalat rumah (<i>M. domestica</i>) ²	Dipanen, dibuat mati dan dikeringkan dengan oven pada suhu 45°C	Menggantikan 0 (kontrol), 40, 50 dan 60% untuk substitusi bungkil kedelai dengan umur pemeliharaan 0-28 hari. Tingkat penggunaan <i>M. domestica</i> dalam ransum 0, 4, 5, 6%.	Meningkatkan bobot hidup akhir 5,5; 6,7; 9,5%. Memperbaiki konversi pakan 7,2; 9,6; 16,3%. Hasil uji organoleptik daging tidak berbeda untuk semua perlakuan
Belalang	<i>O. cavroisi</i> ³		Menggantikan 0, 25, 50, 75, 100% tepung ikan dalam ransum pada umur pemeliharaan 0-49 hari. Tingkat penggunaan <i>O. cavroisi</i> dalam pakan <i>starter</i> adalah 0; 3,25; 6,50; 9,75; 13% dan pakan <i>grower</i> 0; 2,75; 5,5; 8,25; 11%	Menurunkan bobot hidup akhir 10,25; 14,17; 39,89; 19,34%. Meningkatkan FCR 10,73; 8,47; 26,55; 16,38%
Ulat Hongkong	<i>T. molitor</i>	Larva (lemak tidak dikeluarkan) ⁴	Tingkat penggunaan 0, 5, 10, 15%, selama 0-53 hari	Menurunkan bobot hidup akhir 11,69; 6,23; 3,47%. Meningkatkan nilai FCR 17,71; 18,75; 28,13%
		Larva ⁵	Larva menggantikan 100% bungkil kedelai. Pemeliharaan 30-62 hari, tingkat penggunaan <i>T. molitor</i> 29,65% dalam ransum	Meningkatkan 2,97% bobot hidup akhir dan menurunkan FCR 12,35%
Kupu-kupu	<i>B. mori</i> ⁶	Dikeringkan, digiling dan dikeluarkan kitinnya, larva digunakan dalam pakan berbentuk pellet	Mengganti bungkil kedelai dengan persentase 0, 25, 50, 75, 100% dalam ransum. Pemeliharaan umur 22-42 hari. Tingkat penggunaan <i>B. mori</i> 0, 2, 4, 6, 8% dalam ransum	Perbedaan bobot hidup akhir vs kontrol -2,29; -3,15; 2,44; -4,25%. Meningkatkan nilai FCR terhadap kontrol 1,89; 2,83; 0,47; 4,25%
	<i>A. infracta</i> ⁷	Ulat dimasukkan ke dalam air panas, dikeringkan dengan sinar matahari 3-5 hari dan digiling	Mengganti tepung ikan dengan persentase 0, 25, 50, 75, 100% dalam ransum. Umur pemeliharaan 5-9 minggu. Tingkat penggunaan <i>A. infracta</i> 0; 1,74; 3,53; 5,42; 7,33% dalam ransum	Perbedaan bobot hidup akhir dengan kontrol -0,26; -2,73; -2,58; -2,84%. Meningkatkan nilai FCR terhadap kontrol 0,51; 0,51; 0,51; 5,05%

Sumber: ¹Mohammed et al. (2017); ²Khan et al. (2018); ³Brah et al. (2018); ⁴Biasato et al. (2018); ⁵Bovera et al. (2016); ⁶Ullah et al. (2017); ⁷Ijaiya & Eko (2009)

maupun pengganti bungkil kedelai, masih menunjukkan hasil yang berbeda-beda terhadap kinerja pertumbuhan, maupun efisiensi penggunaan pakan. Penggunaan insekta ada yang memberikan hasil yang positif, seperti yang ditunjukkan oleh Mohammed et al. (2017), yang melaporkan bahwa penggunaan *H. illucens* dapat menggantikan 33% tepung ikan dengan tingkat penggunaan *H. illucens* sebesar 4% dalam ransum, memberikan respon kinerja produksi ayam pedaging yang tidak berbeda dengan ketika diberi bahan pakan sumber protein 100% dari tepung ikan dengan tingkat penggunaan tepung ikan sebesar 12% dalam ransum. Khan et al. (2018) juga melaporkan bahwa *M. domestica* dapat menggantikan 60% bungkil kedelai dalam ransum ayam pedaging atau setara dengan tingkat penggunaan *M. domestica* sebesar 6% dalam ransum. Sementara itu, *T. molitor* dilaporkan dapat menggantikan 100% bungkil kedelai dengan tingkat penggunaan *T. molitor* sebesar 29,65% dalam ransum ayam pedaging tanpa mengurangi kinerja pertumbuhan dan efisiensi penggunaan pakan (Bovera et al. 2016). Sebaliknya, terdapat laporan berbeda, dimana dilaporkan bahwa penggunaan insekta sebagai pengganti tepung ikan atau bungkil kedelai dalam ransum ayam pedaging, mengakibatkan penurunan kinerja pertumbuhan dan efisiensi penggunaan pakan, seperti yang dilaporkan oleh Brah et al. (2018), yang melaporkan bahwa penggunaan *Ornithacris cavouri* belum dapat menggantikan posisi tepung ikan (25-100%), karena menyebabkan penurunan kinerja pertumbuhan dan efisiensi penggunaan pakan pada ayam pedaging. Hal tersebut terjadi akibat tidak dilakukannya proses pemisahan kitin. Penggunaan *O. cavouri* yang tidak dipisahkan kitinnya, meningkatkan kandungan kitin dalam ransum (Brah et al. 2018). Kitin tersebut selanjutnya menyebabkan terhambatnya proses pencernaan dan penyerapan zat gizi ransum, terutama protein. Protein merupakan zat gizi utama yang dibutuhkan dalam proses pembentukan jaringan tubuh. Hal yang sama juga ditunjukkan pada penggunaan *T. molitor*, yang juga belum mampu menggantikan peran tepung ikan (Biasato et al. 2018). Ullah et al. (2017) melaporkan bahwa *Bombyx mori* belum mampu menggantikan bungkil kedelai dalam menghasilkan tingkat kinerja pertumbuhan dan efisiensi penggunaan pakan seperti yang dicapai oleh penggunaan bungkil kedelai. Penggunaan *Anaphe infracta* juga dilaporkan belum mampu menghasilkan kinerja pertumbuhan dan efisiensi penggunaan pakan yang dicapai oleh penggunaan tepung ikan (Ijaiya & Eko 2009).

KESIMPULAN

Beberapa jenis insekta berdasarkan kandungan protein (10,3-76,2%) dan tingkat pencernaan zat gizinya, sangat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan pakan sumber protein untuk ransum ayam pedaging. Pemanfaatan insekta dalam ransum ayam pedaging perlu memperhatikan tingginya lemak, keberadaan kitin dan kontaminan. Sebelum digunakan sebagai bahan pakan, insekta perlu diberikan beberapa tahapan penanganan terlebih dahulu. Penggunaan insekta sebagai pengganti tepung ikan dan bungkil kedelai dalam ransum ayam pedaging berkisar 4-29,65%, tergantung jenis, fase insekta dan pengolahannya. Perlu dilakukan penelitian untuk pemanfaatan insekta sebagai bahan pakan sumber protein alternatif dalam ransum ayam pedaging di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Qazzaz MFA, Ismail D, Akit H, Idris LH. 2016. Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. *R Bras Zootec.* 45:518-523.
- Amza N, Tamiru M. 2017. Insects as an option to conventional protein sources in animal feed: A review paper. *Glob J Sci Front Res D Agric Vet.* 17:12.
- Arrese EL, Soulages JL. 2010. Insect fat body: Energy, metabolism, and regulation. *Annu Rev Entomol.* 55:207-225.
- Belluco S, Losasso M, Alonzi CC, Paoletti MG, Ricci A. 2013. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 12:296-313.
- Biasato I, Gasco L, De Marco M, Renna M, Rotolo L, Dabbou S, Capucchio MT, Biasibetti E, Tarantola M, Sterpone L, et al. 2018. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in diets for male broiler chickens: Effects on growth performance, gut morphology, and histological findings. *Poult Sci.* 97:540-548.
- Bosch G, Zhang S, Oonincx DGAB, Hendriks WH. 2014. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *J Nut Sci.* 3:1-4.
- Bovera F, Loponte R, Marono S, Piccolo G, Parisi G, Iaconisi V, Gaco L, Nizza A. 2016. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. *J Anim Sci.* 94:639-647.

- Bovera F, Piccolo G, Gasco L, Marono S, Loponte R, Vassalotti G, Mastellone V, Lombardi P, Attia YA, Nizza A. 2015. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L) as possible alternative to soybean meal in broiler diets. *Br Poult Sci.* 56:569-575.
- Brah N, Houndonougbo FM, Issa S. 2018. Grasshopper meal (*Ornithacris cavroisi*) in broiler diets in Niger: Bioeconomic performance. *Int J Poult Sci.* 17:126-133.
- BSN. 2013. Standar nasional Indonesia 2013. Jakarta (Indonesia): Badan Standar Nasional.
- Caligiani A, Marseglia A, Leni G, Baldassarre S, Maistrello L, Dossena A, Sforza S. 2017. Composition of black soldier fly prepupae and systematic approaches for extraction and fractionation of proteins, lipids and chitin. *Food Res Int.* 105:812-820.
- Charlton, Dickinson M, Wakefield ME, Fitches E, Kenis M, Han R, Zhu F, Kone N, Grant M, Devic E, et al. 2015. Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *J Insects Food Feed.* 1:7-16.
- De Coca Sinova A, Valencia DG, Jimenez-Moreno E, Lazaro R, Mateos GG. 2008. Apparent ileal digestibility of energy, nitrogen, and amino acids of soybean meals of different origin in broilers. *Poult Sci.* 87:2613-2623.
- De Marco M, Martinez S, Hernandez F, Madrid J, Gai F, Rotolo L, Belforti M, Bergero D, Katz H, Dabbou S, et al. 2015. Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Anim Feed Sci Technol.* 209:211-218.
- Ditjen PKH. 2017. Statistik peternakan dan kesehatan hewan 2017. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- Erkan N, Ozden O. 2011. A preliminary study of amino acid and mineral profiles of important and estimable 21 seafood species. *Br Food J.* 4:457-569.
- Fasakin EA, Balogun AM, Ajayi OO. 2003. Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquac Res.* 34:733-738.
- Fauzi RUA, Sari ERN. 2018. Analisis usaha budidaya maggot sebagai alternatif pakan lele. *J Teknol Manaj Agroindustri.* 7:39-46.
- Fink-Gremmels J. 2012. Animal feed contamination: Effects on livestock and food safety. 1st ed. Cambridge (UK): Woodhead Publishing.
- Finke MD. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biol.* 26:105-115.
- Finke MD, Rojo S, Roos N, van Huis A, Yen AL. 2015. The European food safety authority scientific opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *J Insects Food Feed.* 1:245-247.
- Footitt RG, Adler PH. 2009. Insect biodiversity: Science and society. New Jersey (US): Wiley-Blackwell.
- Ghosh S, Jung C, Meyer-Rochow VB. 2016. Nutritional value and chemical composition of larvae, pupae, and adults of worker honey bee. *Apis mellifera ligustica* as a sustainable food source. *J Asia-Pacific Entomol.* 19:487-495.
- Grau T, Vilcinskas A, Joop G. 2017. Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Z Naturforsch C.* 72:337-349.
- Hackewitz L V. 2018. The house cricket *Acheta domestica*, a potential source of protein for human consumption. Uppsala (Sweden): Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences. Sveriges lantbruksuniversitet Swedish University of Agricultural Sciences.
- Hall HN, Masey O 'Neill H V, Scholey D, Burton E, Dickinson M, Fitches EC. 2018. Amino acid digestibility of larval meal (*Musca domestica*) for broiler chickens. *Poult Sci.* 97:1290-1297.
- Harlystiarini. 2017. Pemanfaatan tepung larva black soldier fly (*Hermetia illucens*) sebagai sumber protein pengganti tepung ikan pada ransum puyuh petelur (*Cortunix cortunix japonica*) [Thesis]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Hossain M, Blair R. 2007. Chitin utilisation by broilers and its effect on body composition and blood metabolites. *Brit Poult Sci.* 48:33-38.
- Ijaiya AT, Eko EO. 2009. Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Anaphe infracta*) caterpillar meal on performance, carcass characteristics and haematological parameters of finishing broiler chicken. *Pak J Nut.* 8:850-855.
- INRA-CIRAD-AFZ. 2018a. Fish meal, protein 62%. [internet]. [cited 03 Nov 2018]. Available from: <https://www.feedtables.com/content/fish-meal-rotein-62>.
- INRA-CIRAD-AFZ. 2018b. Soybean meal, protein 46%. [internet]. [cited 03 Nov 2018]. Available from: <https://www.feedtables.com/content/soybean-meal-oil-5-46-protein-oil>.
- Jafarnejad S, Sadegh M. 2011. The effects of different levels of dietary protein, energy and using fat on the performance of broiler chicks at the end of the third weeks. *Asian J Poul Sci.* 5:35-40.
- Jayaprakash G, Sathiyabarathi M, Arokia-Robert M. 2016. Insects-a natural source for poultry nutrition. *Int J Sci Environ Technol.* 5:733-736.
- Jie H, Li PM, Zhao GJ, Feng XL, Zeng DJ, Zhang CL, Lei MY, Yu M, Chen Q. 2016. Amino acid composition of royal jelly harvested at different times after larval transfer. *Genet Mol Res.* 15:1-10.

- Jintasataporn O. 2012. Production performance of broiler chickens fed with silkworm pupa (*Bombyx mori*). J Agric Sci Technol A. 2:505-510.
- Józefiak D, Józefiak A, Kierończyk B, Rawski M, Świątkiewicz S, Długosz J, Engberg RM. 2016. Insects – A natural nutrient source for poultry – A review. Ann Anim Sci. 16:297-313.
- Khan M, Chand N, Khan S, Khan RU, Sultan A. 2018. Utilizing the house fly (*Musca Domestica*) larva as an alternative to soybean meal in broiler ration during the starter phase. Brazilian J Poultry Sci. 20:9-14.
- Kroeckel S, Harjes AGE, Roth I, Katz H, Wuertz S, Susenbeth A, Schulz C. 2012. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute - Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). Aquaculture. 364-365:345-352.
- Lakemond CMM. 2017. Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. J Agric Food Chem. 65:2275-2278.
- Liland NS, Biancarosa I, Araujo P, Bieman D, Bruckner CG, Waagbo R, Torstensen BE, Lock EJ. 2017. Modulation of nutrient composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae by feeding seaweed-enriched media. PLoS One. 12:e0183188.
- Lin SM, Mao SH, Guan Y, Lin X, Luo L. 2012. Dietary administration of chitooligosaccharides to enhance growth, innate immune response and disease resistance of *Trachinotus ovatus*. Fish Shellfish Immunol. 32:909-913.
- Longvah T, Mangthya K, Ramulu P. 2011. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. Food Chem. 128:400-403.
- Makkar HPS, Tran G, Heuze V, Ankers P. 2014. State of the art on use of insects as animal feed. Anim Feed Sci Tech. 197:1-33.
- Mohammed A, Laryea TE, Ganiyu A, Adongo T. 2017. Effects of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal on the growth performance of broiler chickens. UDS Int J Dev. 4:35-41.
- Morales-Ramos JA, Rojas MG. 2015. Effect of larval density on food utilization efficiency of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). J Econ Entomol. 108:2259-2267.
- Mutafela RN. 2015. High value organic waste treatment via black soldier fly bioconversion. Diva-portal [Internet]. Available from: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:868277/FULLTEXT02>
- Nishimune T, Watanabe Y, Okazaki H, Akai H. 2000. Thiamin is decomposed due to Anaphe spp entomophagy in seasonal ataxia patients in Nigeria. J Nutr. 130:1625-1628.
- Okunowo WO, Olagboye AM, Afolabi LO, Oyedeji AO. 2017. Nutritional value of *Rhynchophorus phoenicis* (F) larvae, an edible insect in Nigeria. African Entomol. 25:156-163.
- Paul A, Frederich CM, Megido RC, Alabi T, Malim P, Uyttenbroeck R, Francis F, Blecker C, Haubruge E, Lognay G, Danthine S. 2017. Insect fatty acids: A comparison of lipids from three *Orthopterans* and *Tenebrio molitor* L. larvae. J Asia Pac Entomol. 20:337-340.
- Pieterse E, Pretorius Q. 2014. Nutritional evaluation of dried larvae and pupae meal of the housefly (*Musca domestica*) using chemical and broiler-based biological assays. Anim Prod Sci. 54:347-355.
- Rachmawati, Buchori D, Hidayat P, Hem S, Fahmi MR. 2010. Perkembangan dan kandungan nutrisi larva *Hermetia illucens* (Linnaeus) (Diptera: *Stratiomyidae*) pada bungkil kelapa sawit. J Entomol Indones. 7:28-41.
- Ravindran V, Hew LI, Ravindran G, Bryden WL. 2005. Apparent ileal digestibility of amino acids in dietary ingredients for broiler chickens. Anim Sci. 81:85-97.
- Ravzanaadii N, Kim SH, Choi WH, Hong SJ, Kim NJ. 2012. Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. Int J Indust Entomol. 25:93-98.
- Rumpold BA, Schluter OK. 2013. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. Innov Food Sci Emerg Technol. 17:1-11.
- Sanchez-Muros MJ, Barroso FG, Manzano-Agugliaro F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review. J Clean Prod. 65:16-27.
- Schabel HG. 2010. Forest insects as food: A global review. In: Durst PB, Johnson D V, Leslie RL, Shono K, editors. Forest insects as food: Humans bite back. Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their Potential for Development. Rome (Italy): FAO.
- Schiavone A, De Marco M, Martínez S, Dabbou S, Renna M, Madrid J, Gasco L. 2017. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. J Anim Sci Biotechnol. 8:51.
- Selcuk Z, Tiril SU, Alagil F, Belen V, Salman M. 2010. Effects of dietary L-carnitine and chromium picolinate supplementations on performance and some serum parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquac Int. 18:213-221.
- Sitompul S. 2004. Analisis asam amino dalam tepung ikan dan bungkil kedelai. Buletin Teknik Pertanian. 9:33-37.
- Sprangers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Oryn A, Deboosere S, De Meulenaer B, Michiels J, Eeckhout M, De Clercq P, De Smet S. 2016. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae

- reared on different organic waste substrates. J Sci Food Agric. 97:2594-2600.
- Ssepuuya G, Namulawa V, Mbabazi D, Mugerwa S, Fuuna P, Nampijja Z, Ekesi S, Fiaboe KKM, Nakimbugwe D. 2017. Use of insects for fish and poultry compound feed in sub-Saharan Africa – A systematic review. J Insects Food Feed. 1:1-14.
- Ullah R, Khan S, Hafeez A, Asad S, Nazir AK, Naila C, Naseer A. 2017. Silkworm (*Bombyx mori*) meal as alternate protein ingredient in broiler finisher ration. Pak J Zool. 49:1463-1470.
- Utami U. 2018. Evaluasi kualitas ulat Hongkong (*Tenebrio molitor* L) dan maggot (*Hermetia illucens*) sebagai sumber protein hewani dengan pengolahan berbeda [Skripsi]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- van Huis A, van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security [Internet]. Rome (Italy): FAO Forestry. Available from: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>
- Veldkamp T, Bosch G. 2015. Insects: A protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. Anim Front. 5:45-50.
- Veldkamp T, van Duinkerken G, van Huis A, Lakemond CMM, Ottevanger E, Bosch G, van Boekel MAJS. 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - A feasibility study [Internet]. Lelystad (Netherlands): Wageningen UR Livestock Research. Available from: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/234247>
- Wardhana AH. 2016. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) sebagai sumber protein alternatif untuk pakan ternak. Wartazoa. 26:69-78.
- Yen AL. 2010. Edible insects and other invertebrates in Australia: Future prospects. In: Durst PB, Johnson D V, Leslie RL, Shono K, editors. Forest insects as food: Humans bite back. Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their Potential for Development. Rome (Italy): FAO.
- Zielińska E, Baraniak B, Karaś M, Rybczyńska K, Jakubczyk A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition [Internet]. Amsterdam (Netherlands): Elsevier. Available from: <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/selected-species-of-edible-insects-as-a-source-of-nutrient-composition-LxUWE7plqE>

Lisozim dari Putih Telur Ayam sebagai Agen Antibakterial (Lysozyme from Chicken Egg White as an Antibacterial Agent)

Syahrizal Nasution¹, E Kusumaningtyas², DN Faridah³ dan HD Kusumaningrum³

¹Program Studi Ilmu Pangan, Sekolah Pascasarjana

Institut Pertanian Bogor, Jl Darmaga PO Box 220 Bogor, 16002

²Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl RE Martadinata No. 30, Bogor 16114

³Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor, Jl Darmaga PO Box 220 Bogor, 16002

harsikusumaningrum@yahoo.com

(Diterima 10 September 2018 – Direvisi 8 November 2018 – Disetujui 23 November 2018)

ABSTRACT

Lysozyme is one of the constituent proteins of chicken egg white that plays an important role in a protection system during the embryo growing process. Lysozyme protection systems can be applied in food and for health. This paper aims to describe the role of egg white lysozyme which has the antibacterial activity to improve food safety and health. Mechanism and activity of lysozyme protection can be explored by understanding the structure of proteins, type of amino acids, and the sequence of amino acids. The mechanism of lysozyme antibacterial activity against Gram positive bacteria occurs through its ability to breakdown the peptidoglycan glycosidic bonds in the bacterial cell wall membrane. The antibacterial activity of lysozyme can be increased when its normal lysozyme form was denatured/hydrolyzed through modifying the lysozyme structure by heat and enzymatic treatment. Heat treatment will reveal the active site of lysozyme after denaturation, leading to the destruction of the bacterial cell wall membrane. Enzymatic treatment through hydrolysis process of hydrolysis by protease enzymes will generate antibacterial peptides, which have the ability to inhibit the growth of Gram positive bacteria and Gram negative bacteria. Antibacterial lysozyme peptides and heat treated lysozyme are dominated by hydrophobic amino acids and positively charged to facilitate interaction between lysozyme and lipopolysaccharide which coats peptidoglycan. Antibacterial lysozyme peptide can be used as an antibiotic and a safe natural preservative compared to synthetic material and can reduce the risk of destructive bacteria and pathogenic bacteria. Lysozyme peptide is potential to protect human health since it has also other activities such as inhibition of angiotensin-converting enzyme, antihypertensive, antitumor, antioxidant, and antiviral agents.

Key words: Lysozyme, egg white, chicken, peptide, antibacterial

ABSTRAK

Lisozim merupakan salah satu protein penyusun komponen putih telur ayam yang berperan penting sebagai sistem proteksi selama proses pertumbuhan embrio. Sistem proteksi lisozim dapat diaplikasikan dalam bidang pangan dan kesehatan. Makalah ini bertujuan menguraikan peran lisozim dari putih telur yang memiliki aktivitas antibakteri dalam meningkatkan keamanan pangan dan kesehatan. Mekanisme dan aktivitas sistem proteksi lisozim dapat dipelajari dengan memahami struktur protein, jenis asam amino dan urutan asam aminonya. Mekanisme aktivitas antibakteri lisozim terhadap bakteri Gram positif terjadi melalui kemampuannya memutus ikatan glikosidik peptidoglikan pada membran dinding sel bakteri. Aktivitas antibakteri lisozim dapat ditingkatkan ketika bentuk lisozim normal didenaturasi/dihidrolisis melalui modifikasi struktur lisozim dengan perlakuan panas dan enzimatis. Perlakuan panas memunculkan sisi aktif lisozim setelah denaturasi sehingga memicu kerusakan membran dinding sel bakteri. Perlakuan enzimatis melalui proses hidrolisis oleh enzim protease menghasilkan peptida-peptida antibakteri yang memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif maupun bakteri Gram negatif. Peptida antibakteri lisozim dan lisozim hasil perlakuan panas didominasi oleh asam amino hidrofobik dan bermuatan positif yang memudahkan interaksi antara lisozim dan lipopolisakarida yang melapisi peptidoglikan. Peptida antibakteri lisozim dapat dimanfaatkan sebagai antibiotik dan pengawet alami yang aman dibandingkan dengan bahan sintesis serta dapat menurunkan risiko bakteri perusak dan bakteri patogen. Peptida lisozim juga berpotensi menjaga kesehatan manusia karena memiliki aktivitas lainnya seperti penghambatan *angiotensin-converting enzyme*, antihipertensi, antitumor, antioksidan dan antivirus.

Kata kunci: Lisozim, putih telur, ayam, peptida, antibakteri

PENDAHULUAN

Telur ayam merupakan produk peternakan yang banyak digunakan dalam bidang pangan. Telur ayam

memiliki rasa yang enak dan disukai, gizi yang lengkap seperti protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitamin, serta karakter fungsional (emulsifikasi, *gelling* dan *foaming*) yang penting dalam produk pangan

(Soekarto 2013). Penggunaan telur dalam bidang pangan didukung oleh produksi telur ayam yang tinggi dan tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia dengan harga relatif murah dan dapat dijangkau semua masyarakat sebagai sumber protein (PDSIP 2017).

Telur ayam dapat digunakan sebagai bahan utama pangan atau sebagai lauk pauk menggunakan seluruh isi telur seperti telur asin, telur pindang dan telur dadar. Telur ayam dapat juga dipakai sebagai bahan tambahan dalam pembuatan produk di industri pangan seperti produk roti, *cake* dan *bakery* (Susanto 2012). Industri pangan biasanya hanya menggunakan bagian kuning telur, sedangkan putih telur yang masih mengandung komponen bioaktif tidak dipakai (Huopalahti et al. 2007) sehingga dapat dimanfaatkan menjadi produk lain seperti produk kosmetik (*masker*).

Lisozim (*lysozyme*) merupakan salah satu protein putih telur (Gyawali & Ibrahim 2014) yang bermanfaat dan dapat dipisahkan, salah satunya menggunakan metode *chromatography* (Carrillo et al. 2016). Lisozim dari putih telur berjumlah sekitar 3,5% (Lesnierowski & Stangierski 2018). Lisozim dapat digunakan sebagai pengawet dan antibakteri alami yang bersifat aman (Carrillo et al. 2016) pada berbagai produk pangan (Herath et al. 2015; Asmaa et al. 2017; Valdes et al. 2017). Aktivitas antibakteri lisozim berguna untuk mencegah kerusakan pangan dari bakteri perusak (Lesnierowski et al. 2001) dan mencegah tumbuhnya bakteri patogen (Rawdkuen et al. 2012; Cegielska-Radziejewska & Tomasz 2014; Wulandari et al. 2015).

Aktivitas antibakteri lisozim normal lebih aktif terhadap bakteri Gram positif melalui mekanisme merusak peptidoglikan pada membran dinding sel (Callewaert et al. 2012; Susanto et al. 2013) sehingga masih perlu dicari alternatif agar lisozim tetap dapat bekerja efektif terhadap kemungkinan kontaminasi dari selain bakteri Gram positif. Penggunaan lisozim normal dengan penambahan bahan lain sebagai alternatif untuk menghasilkan sinergisitas dalam menghambat atau membunuh bakteri-bakteri dalam pangan masih kurang efisien (Rao et al. 2008; Ko et al. 2009; Herath et al. 2015). Modifikasi lisozim perlu dilakukan sebagai alternatif yaitu dengan perlakuan kimia, termokimia, ultrafiltrasi dan teknologi lainnya (Cegielska-Radziejewska et al. 2009a; 2010; Lesnierowski 2009; Lesnierowski et al. 2009; Tribst et al. 2017).

Alternatif sederhana lain yang dapat dilakukan untuk meningkatkan aktivitas antibakteri lisozim yaitu melalui perlakuan panas dan enzimatis (Aminlari et al. 2014). Perlakuan ini lebih aman dibandingkan dengan modifikasi secara tidak alami (Gonzalez et al. 2010; Alhazmi et al. 2014). Oleh karena itu, perlu pemahaman terkait struktur protein, komponen asam amino, serta urutannya sehingga dapat diperoleh

perlakuan yang menghasilkan aktivitas antibakteri lisozim yang sesuai.

Lisozim juga digunakan dalam bidang farmasi dan pakan ternak, selain dalam bidang pangan. Putih telur banyak dipilih sebagai sumber lisozim oleh industri karena menghasilkan jumlah paling banyak dan lebih mudah ditangani untuk tujuan aplikasi dibandingkan dengan sumber lainnya. Lisozim sebagai pengawet pangan dapat diaplikasikan secara langsung, dikombinasi dengan antimikroba lain, maupun ditambahkan dalam kemasan *edibel* (Mangalassary et al. 2008; Wulandari et al. 2015; Valdes et al. 2017) seperti pada keju (Sinigagli et al. 2008), sayuran, daging (Cannarsi et al. 2008; Radziejewska & Szablewski 2013), ikan dan susu. Makalah ini bertujuan untuk menguraikan peran lisozim putih telur sebagai antibakteri dan manfaatnya untuk meningkatkan keamanan pangan dan kesehatan.

KOMPONEN BIOAKTIF PUTIH TELUR

Telur atau ovum pada dasarnya memiliki fungsi sebagai alat reproduksi. Berbeda dengan ovum mamalia yang berukuran sangat kecil, telur ayam berukuran besar dan dilapisi oleh kulit telur yang cukup kuat sebagai pelindung isi telur (Lesnierowski & Stangierski 2018). Selain itu, bagian kuning dan embrio sebagai isi telur yang fertil juga dilapisi oleh putih telur yang berfungsi sebagai pelindung. Fungsi putih telur sebagai pelindung dapat dimanfaatkan karena mengandung protein-protein yang memiliki aktivitas biologis (Lesnierowski & Stangierski 2018) dan dapat menghasilkan peptida-peptida bioaktif hasil hidrolisis (Eckert et al. 2013).

Komponen protein penyusun putih telur dapat dibedakan berdasarkan berat molekul dan titik isoelektriknya (Tabel 1). Komponen protein penyusun putih telur memiliki perbedaan urutan dan komposisi asam amino sehingga menghasilkan protein yang memiliki muatan dan hidrofobisitas yang berbeda serta mempengaruhi aktivitas biologis dan antimikrobanya (Huopalahti et al. 2007). Aktivitas antimikroba yang dimiliki putih telur berkaitan dengan fungsinya sebagai pelindung embrio. Berdasarkan fungsi tersebut, putih telur dapat dijadikan sebagai agen antibakteri yang dapat dimanfaatkan pada berbagai bidang seperti kesehatan, pangan, pakan, farmasi dan kosmetik (Abeyratne et al. 2013a; Lesnierowski & Stangierski 2018).

Ovalbumin merupakan *phosphoglycoprotein* yang jumlahnya mencapai 61,6% dari protein putih telur dengan berat molekul 45 kD, titik isoelektrik 4,5 dan tersusun dari 385 asam amino. *Ovalbumin* adalah protein terbanyak putih telur. Protein terbanyak kedua

Tabel 1. Protein penyusun putih telur

Nama protein	Beral molekul (kDa)*	Komposisi (% protein putih telur)*	Fungsi	Sumber
<i>Ovalbumin</i>	45,0	61,60	<i>Serine proteinase inhibitor</i>	Lechevalier et al. (2007)
<i>Ovotransferin</i>	76,0	14,30	Fortifikasi besi pada pangan	Superti et al. (2007)
<i>Ovomucoid</i>	28,0	12,60	<i>Protease inhibitor</i>	Rehault (2007)
<i>Ovomucin</i>	210,0	4,00	Agen pembentukan gel	Hiidenhovi (2007)
<i>Lysozyme</i>	14,3	3,50-3,90	Antibakteri dan pengawet pangan	
<i>Ovoinhibitor</i>	49,0	1,70	<i>Serine protease inhibitor</i>	Rehault (2007)
<i>Ovostatin</i>	780,0	0,50	<i>Antiprotease, serine protease dan aspartyl protease</i>	Rehault (2007)
<i>Avidin</i>	68,3	0,06	Teknologi biotin-avidin	Nau et al. (2007)
<i>Cystatin</i>	12,7	0,05	<i>Antiprotease</i>	Rehault (2007)

Sumber: *Lesniewski & Stangierski (2018)

yaitu *ovotransferin* yang berjumlah sekitar 14,3% protein putih telur. *Ovotransferin* berfungsi dalam mentransfer ion besi dari saluran ovidak pada embrio telur. *Ovotransferin* memiliki aktivitas antimikroba, antivirus dan antioksidan (Superti et al. 2007).

Protein putih telur dengan jumlah terbanyak ketiga dan keempat adalah *ovomucoid* dan *ovomucin*. *Ovomucoid* berjumlah 12,6% dengan berat molekul 28 kD dan titik isoelektrik 4,1. Protein *ovomucoid* berbeda dengan *ovomucin*. *Ovomucin* dikenal sebagai agen pembentukan gel yang berjumlah mencapai 4% dari protein putih telur. *Ovomucin* merupakan *glycoprotein* yang memiliki berat molekul 0,21 kD dan titik isoelektrik sekitar 4,5 serta terdiri dari 2087 asam amino. *Ovomucin* diteliti memiliki aktivitas antitumor terhadap sel tumor, aktivitas antivirus terhadap berbagai virus (*influenza*, *bovine rotavirus*, *newcastle disease virus*), aktivitas immunopotentiator dan aktivitas antibakteri (Hiidenhovi 2007).

Protein lisozim akan banyak diulas dalam tulisan ini. Lisozim berjumlah 3,5% dari protein putih telur dengan berat molekul 14,3 kD dan titik isoelektrik 10,7. Lisozim memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram positif dan dapat diaplikasikan sebagai pengawet dalam bidang pangan (Silvetti et al. 2017). Selain itu, lisozim memiliki aktivitas lain seperti antihipertensi, antioksidan dan penghambat *angiotensin-converting enzyme* (Lesniewski & Kijowski 2007).

Protein *ovoinhibitor* memiliki aktivitas *serine protease inhibitor* terhadap *trypsin*, *chymotrypsin* dan *elastase* (Rehault 2007). *Ovostatin* merupakan *macroglobulin* dengan aktivitas sebagai antiprotease pada *metalloprotease* seperti *stromelysin*, *collagenase* dan *thermolysin*; *serine protease* seperti *chymotrypsin*, *trypsin* dan *neutrophil elastase*; *cysteine proteases* seperti *papain*; serta *aspartyl protease* seperti *pepsin*

dan *renin* (Rehault 2007). Protein dengan jumlah terendah adalah *avidin* dan *cystatin*. Protein *avidin* dimanfaatkan pada teknologi biotin-avidin dalam bidang biokimia (Nau et al. 2007), sedangkan *cystatin* memiliki aktivitas antiprotease (Rehault 2007).

PENGUNAAN LISOZIM DAN PEPTIDA LISOZIM SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERIAL

Resistensi bakteri terhadap bahan sintesis menjadi alasan perlu dicarinya alternatif baru antibakteri alami dalam bidang pangan dan kesehatan. Bahan sintesis antibakteri seperti bahan pengawet pangan sintesis harus dihindari karena berbahaya bagi kesehatan tubuh (Lucera et al. 2012). Lisozim dan peptida lisozim sebagai antibakteri alami dapat digunakan sebagai pengganti pengawet pangan sintesis misalnya pengganti pengawet nitrat atau nitrit pada produk sosis (Herath et al. 2015). Peptida lisozim dan hasil modifikasi dapat digunakan tanpa penambahan bahan sintesis lain sebagai antibakteri untuk mencegah pertumbuhan bakteri pada pangan karena aktivitas antibakteri peptida lisozim meningkat pada bakteri Gram positif dan Gram negatif dibandingkan dengan lisozim normal yang hanya pada bakteri Gram positif.

Peptida lisozim sebagai antibiotik juga dapat digunakan dalam mengatasi masalah resistensi bakteri terhadap antibiotik sintesis. Peptida lisozim dapat diperoleh secara alami melalui hidrolisis enzim seperti pepsin, tripsin dan papain. Peptida sebagai antibiotik memiliki kelebihan yaitu lebih mudah didegradasi oleh tubuh sehingga kontaminasi dan akumulasi pada tubuh dapat dikurangi (Kusumaningtyas 2018). Mudahnnya degradasi peptida oleh tubuh dapat menurunkan risiko bahaya pada manusia dan residu antibiotik sintesis pada produk pangan hasil hewan ternak. Walaupun demikian, peptida sebagai antibiotik juga dapat

diperoleh dari putih telur yang jumlahnya melimpah. Penggunaan peptida diharapkan dapat berguna sebagai antibiotik untuk keperluan manusia maupun hewan ternak.

MEKANISME LISOZIM SEBAGAI ANTIBAKTERIAL

Lisozim pertama kali ditemukan oleh Alexander Fleming. Lisozim (E.C.3.2.17, 1,4- β -N-acetyl-muramic-hydrolase) disekresikan oleh *polymorphonuclear leukosit* (Ibrahim et al. 2005). Lisozim tergolong enzim bakteriolitik yang merupakan enzim hidrolase dan dikenal sebagai *muramidase* atau *N-acetylmuramoylhydrolase* (Dekina et al. 2015). Lisozim termasuk kelompok *ovo-antimicrobial* asal hewan yang berdasarkan sumber hewannya dibagi menjadi tiga tipe yaitu tipe C (tipe konvensional atau ayam), tipe G (tipe angsa) dan tipe I (tipe invertebrata) (Callewaert & Michiels 2010).

Lisozim ditemukan sebagai rantai polipeptida tunggal yang terdiri dari 129 asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptida kovalen. Lisozim memiliki asam amino ujung N berupa lisin dengan gugus amin bebas serta asam amino ujung C berupa leusin dengan gugus karboksil bebas. Molekul lisozim memiliki empat jembatan disulfida (S-S) bersama dengan enam bagian *helix* yang menjaga stabilitas lisozim terhadap panas. Molekul lisozim merupakan molekul kompleks yang tersusun padat dan memiliki bentuk yang menyerupai *ellipsoid* dengan dimensi 4,5×3,0×3,0 nm (Cegielska-Radziejewska et al. 2008). Sisi aktif pada struktur lisozim yang memiliki aktivitas antibakteri yaitu asam glutamat 35 (Glu₃₅) dan asam aspartat (Asp₅₂) (Gambar 1).

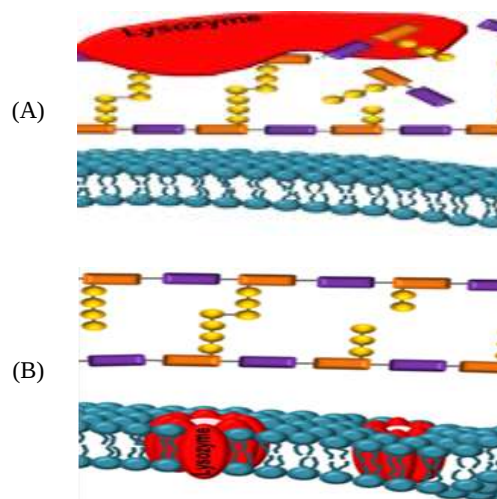


Gambar 1. Sisi aktif lisozim

Sumber: Held & Smaalen (2014)

Aktivitas antibakteri lisozim terhadap bakteri Gram positif terjadi melalui hidrolisis ikatan glikosidik β 1-4 karbon homopolimer *N-acetylglucosamine* (NAG) dan karbon heteropolimer *N-acetylmuramic acid* (NAM) dari peptidoglikan pada dinding sel bakteri yang diilustrasikan pada Gambar 2A (Susanto et al. 2012). Aktivitas lisozim lebih aktif pada bakteri

Gram positif dibandingkan pada bakteri Gram negatif karena Gram negatif memiliki komponen membran luar seperti lipopolisakarda sebagai perlindungan (Wulandari et al. 2015) serta komponen membran dalam sel bakteri yang terdiri dari lapisan-lapisan sehingga lebih sulit dirusak (Lesnierowski et al. 2001). Gambar 2B memperlihatkan mekanisme penyisipan lisozim melalui membran sehingga terbentuk lubang.



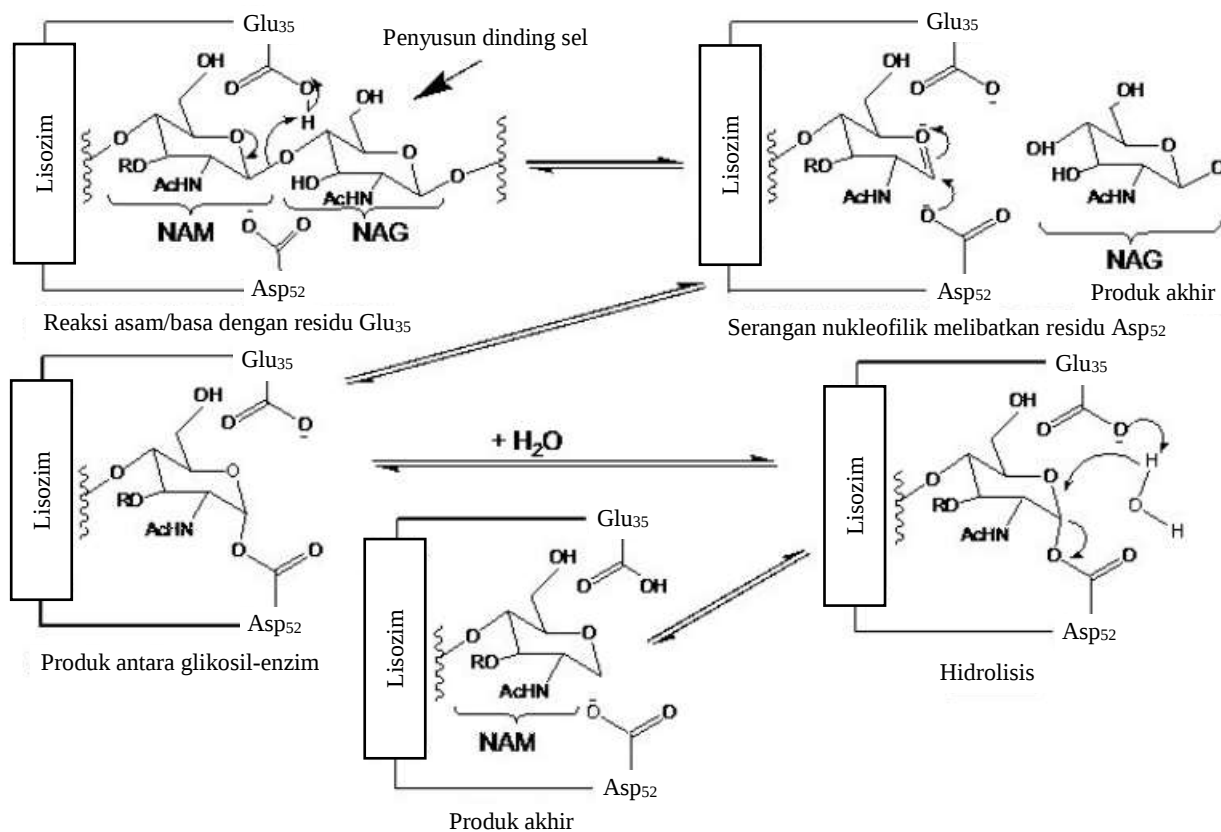
(A) Pemutusan ikatan glikosidik; (B) Penyisipan lisozim pada membran

Gambar 2. Aksi lisozim pada membran bakteri

Sumber: Stephanie & Alson (2017)

Mekanisme pemotongan ikatan glikosidik dinding sel bakteri dijelaskan berdasarkan reaksi mekanisme Philips yang melibatkan residu Glu₃₅ dan Asp₅₂ sebagai sisi aktif (Gambar 3). Proton terminal Glu₃₅ ditransfer ke atom O dari ikatan glikosidik antara NAG dan NAM yang memicu pemutusan ikatan glikosidik dan pembentukan ion carbonium. Muatan positif dari ion carbonium akan stabil karena muatan negatif dari Asp₅₂ selama ion hidroksil terikat pada atom C positif dan terjadi reprotonisasi. Strynadka & James (1991) menjelaskan bahwa pada mekanisme Philips, daerah Glu₃₅ dan Asp₅₂ yang dibangun oleh ikatan hidrogen memicu katalis ikatan glikosidik. Muatan negatif Asp₅₂ dibutuhkan untuk terjadinya reaksi enzimatik yang menstabilisasi pembentukan ion carbonium setelah ikatan glikosidik putus (Held & Smaalen 2014). Reaksi ini melibatkan *glycosyl-enzyme intermediate* yang substratnya secara kovalen terikat oleh Asp₅₂ sehingga mekanisme katalis lisozim melibatkan kompleks *intermediate* yang di salah satu cincin karbonnya terikat secara kovalen oleh Asp₅₂ (Callewaert & Michiels 2012).

Aktivitas antibakteri lisozim pada bakteri dapat dipengaruhi oleh perbedaan penyusun membran dinding sel bakteri (Joao et al. 2016). Komponen



Gambar 3. Mekanisme aksi lisozim pada substrat peptidoglikan

Sumber: Benkerroum (2008)

penyusun dinding sel bakteri Gram positif mengandung sekitar 40-90% peptidoglikan sedangkan Gram negatif hanya mengandung 10% (Islam et al. 2006) dan dilapisi oleh lipopolisakarida. Aktivitas antibakteri lisozim putih telur juga akan dipengaruhi oleh faktor lain seperti sistem manajemen ayam petelur, modifikasi pakan yang diberikan, penyimpanan telur dan genetik induk. Faktor-faktor tersebut menunjukkan bahwa sumber lisozim dan penanganan telur yang berbeda akan menghasilkan aktivitas antibakteri yang berbeda.

ISOLASI LISOZIM ASAL PUTIH TELUR AYAM

Isolasi lisozim putih telur dapat dilakukan dengan berbagai metode. Metode isolasi lisozim yang berkembang hingga saat ini meliputi metode presipitasi, *aqueous two-phase*, kromatografi penukar kation, kromatografi afinitas, ultrafiltrasi serta kombinasi (Chiu et al. 2012; Kose & Denizli 2013; Brand et al. 2016; Mol et al. 2017; Shahmohammad 2017; Carrillo et al. 2018). Lisozim pertama kali diisolasi dengan amonium sulfat namun karakter lisozim yang dihasilkan masih berubah berdasarkan pH dan garam (Hamzah et al. 2014; 2015). Metode yang

paling banyak digunakan adalah kromatografi penukar kation menggunakan resin dengan prinsip perbedaan muatan karena lisozim memiliki titik isoelektrik (pI) yang lebih tinggi. Resin *carboxyl methyl cellulose* (CMC) dalam kromatografi kolom pertama kali digunakan untuk mengisolasi lisozim namun ukurannya kecil, sulit digunakan dan memiliki laju yang rendah. Isolasi *magnetic cation exchange* (Safarik et al. 2007) dapat digunakan memakai reduktan seperti β -mercaptoethanol dan ultrafiltrasi tetapi metode ini tidak bisa untuk menghasilkan jumlah lisozim yang banyak dan β -mercaptoethanol tidak dapat digunakan dalam pangan.

Jumlah dan kemurnian lisozim yang dihasilkan telur ayam akan dipengaruhi oleh metode dan berat protein putih telur yang dipakai. Berat protein awal putih telur yang lebih tinggi akan menghasilkan jumlah lisozim yang lebih banyak. Selain itu, resin penukar kation dan larutan buffer untuk elusi lisozim dari kolom dalam metode isolasi lisozim juga akan mempengaruhi jumlah dan kemurnian lisozim yang diperoleh (Wulandari 2018). Metode isolasi tersebut dapat dibedakan menjadi metode analitik dan metode preparatif. Metode preparatif akan menghasilkan jumlah dan kemurnian lisozim yang lebih tinggi. Selain

itu, metode isolasi dapat dilakukan dengan proses *batch* secara langsung maupun proses *continuous* atau dengan kolom. Proses *batch* lebih baik untuk isolasi lisozim untuk tujuan aplikasi karena jumlah yang dihasilkan lebih banyak (Abeyrathne et al. 2013b).

Resin yang dapat digunakan dalam metode kromatografi penukar kation dapat berupa CMC, CM-toyopearl 650M dan resin *amberlite* FPC 3500 (Abeyrathne et al. 2014). Wulandari (2018) melaporkan bahwa resin *amberlite* FPC 3500 mampu mengikat lisozim lebih kuat dibandingkan dengan CMC karena gugus karboksil resin *amberlite* bersifat lebih asam. Stabilitas resin *amberlite* pada pH basa lebih tinggi dibandingkan dengan CMC. Resin *amberlite* pada pH basa memungkinkan seluruh gugus karboksilnya terionisasi dan berikatan secara kuat dengan molekul lain yang berlawanan muatan. Nilai pH 9,3 yang digunakan sebagai pH optimum (pH putih telur normal) akan mempengaruhi resin yang mengakibatkan gugus karboksil mengalami deprotonasi sehingga mengakibatkan resin bermuatan negatif. Selain pH optimum resin, pH sebesar 9,3 dipilih karena resin harus memiliki nilai lebih rendah 1-2 poin di bawah titik isoelektrik lisozim. Lisozim dalam kondisi ini bermuatan positif karena titik isoelektriknya 10,7. Perbedaan muatan tersebut menyebabkan lisozim akan terikat resin secara ionik. Hasil lisozim yang dihasilkan menggunakan metode preparatif dengan resin *amberlite* mencapai 69% dan kemurnian mencapai 68,62%. Berdasarkan Abeyrathne et al. (2013a), lisozim yang diperoleh dengan resin *amberlite* lebih dari 97,7% dengan kemurnian lebih dari 97%. Hasil dan kemurnian yang lebih tinggi dapat dipengaruhi oleh larutan buffer saat elusi yang tidak melepas lisozim dari resin karena lisozim dapat juga terikat secara fisik.

Resin *amberlite* aman dan cocok digunakan untuk keperluan manusia karena tidak ada penambahan bahan kimia sehingga tidak menyebabkan perubahan fisik dan kimia. Resin *amberlite* lebih baik dibandingkan dengan CMC karena hanya sedikit lisozim yang terikat oleh resin CMC dan masih tersisa pada putih telur. Selain itu, CMC memiliki ukuran yang kecil (diameter 25-60 μ l) sehingga akan terbawa cairan elusi dan hilang bersama resin saat pencucian. CMC akan sulit digunakan pada proses *batch* dan memiliki laju lambat pada proses dengan kolom. Resin *amberlite* memiliki ukuran yang lebih besar (diameter 0,3-1,18 mm) sehingga lebih mudah digunakan dan memiliki kapasitas *ion exchange* yang lebih besar ($>2,6$ mEq/ml) sedangkan kapasitas CMC hanya 1,0 mEq/ml. Resin lain seperti CM-Toyopearl 650M juga memiliki ukuran kecil dan kapasitas *ion exchange* yang lebih kecil (0,24 mEq/ml). Resin *amberlite* selain mudah, cepat dan lebih murah, resin ini mampu menghasilkan kemurnian dan jumlah yang lebih tinggi sehingga dapat digunakan untuk

sekala yang besar sedangkan CMC lebih mahal dan kurang efisien (Abeyrathne et al. 2014).

Pemurnian lisozim dapat dilakukan dengan prinsip kromatografi penukar kation (Tankrathok et al. 2009) karena lisozim memiliki pI 10,7 yang berbeda dengan protein putih telur lainnya ($<6,5$), hanya avidin yang memiliki pI (10,0) yang mendekati lisozim sehingga secara prinsip untuk memurnikannya dapat dilakukan pada pH 10. Seluruh protein putih telur pada pH ini akan bermuatan negatif kecuali protein lisozim dan avidin karena memiliki pI yang lebih tinggi dibandingkan dengan pH lingkungan. Lisozim akan bermuatan positif karena memiliki pI yang lebih tinggi dibandingkan dengan pH lingkungan, sedangkan avidin bermuatan netral karena memiliki pI yang sama dengan pH lingkungan (Wulandari 2018). Resin akan memiliki pH yang lebih rendah dari pH lingkungan sehingga akan bermuatan negatif dan menyebabkan partikel resin akan mengikat lisozim. Lisozim diperoleh dengan cara mengelusi lisozim yang terikat pada resin dengan larutan buffer sehingga diperoleh lisozim murni.

PEPTIDA LISOZIM HASIL HIDROLISIS MENGUNAKAN ENZIM PROTEASE DAN MEKANISME AKTIVITAS ANTIBAKTERINYA

Beberapa penelitian memperlihatkan proses hidrolisis lisozim oleh beberapa enzim protease menghasilkan hidrolisat berupa peptida-peptida bioaktif sebagai antibakteri (Shahidi & Zhong 2008; Thammasirak et al. 2010; Asodeh et al. 2012). Hasil hidrolisis lisozim putih telur secara enzimatis dilaporkan menghasilkan peptida dengan berat molekul $1753,98 \pm 0,5$ Da yang memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram negatif *Escherichia coli* dan bakteri Gram positif *Leuconostoc mesenteroides* dengan MIC sebesar $355,64 \pm 2,2$ μ g/ml dan $442,25 \pm 2,8$ μ g/ml secara berurutan (Memarpoor-Yazdi et al. 2012). Penelitian Abdou et al. (2007) menunjukkan bahwa hasil hidrolisis lisozim dengan enzim pepsin menghasilkan peptida dengan aktivitas antibakteri terhadap sel vegetatif dan spora spesies *Bacillus*.

Penelitian hidrolisis lisozim untuk menghasilkan peptida bioaktif sebagai antibakteri kebanyakan menggunakan enzim asal hewan berupa pepsin (Mine et al. 2004; Ibrahim et al. 2005; Abdou et al. 2007; Carrillo et al. 2014; Carrillo & Ramos 2018). Enzim protease asal bakteri belum digunakan pada penelitian tersebut sedangkan enzim protease asal hewan dan asal tumbuhan sudah digunakan. Hal ini berbeda dengan penelitian peptida antibakteri pada susu di Indonesia yang menggunakan enzim asal tumbuhan dan asal bakteri yaitu *Bacillus thuringiensis* protease, bromelain (Kusumaningtyas, et al. 2015a; 2015b; 2016a; 2016b) serta papain (Lestari & Soesilo 2017).

Penelitian-penelitian lain menunjukkan bahwa hasil hidrolisis lisozim dengan clostripain (Pellegrini et al. 1997), tripsin dan papain (Memarpoor-Yazdi et al. 2012) dapat menghasilkan peptida bioaktif antibakteri dengan aktivitas yang berbeda. Perbedaan aktivitas antibakteri terjadi karena perbedaan komponen asam amino peptida. Komponen asam amino yang berpengaruh terhadap aktivitas peptida antibakteri dari lisozim berupa asam amino lisin, arginin, triptofan dan tirosin (Carrillo & Ramos 2018). Peptida yang dihasilkan secara enzimatik ini akan lebih aman dibandingkan dengan peptida yang diproduksi secara sintesis (Almsned 2017; Kusumaningtyas 2018). Adapun beberapa penelitian peptida antibakteri lisozim hasil perlakuan enzimatik dapat dilihat pada Tabel 2.

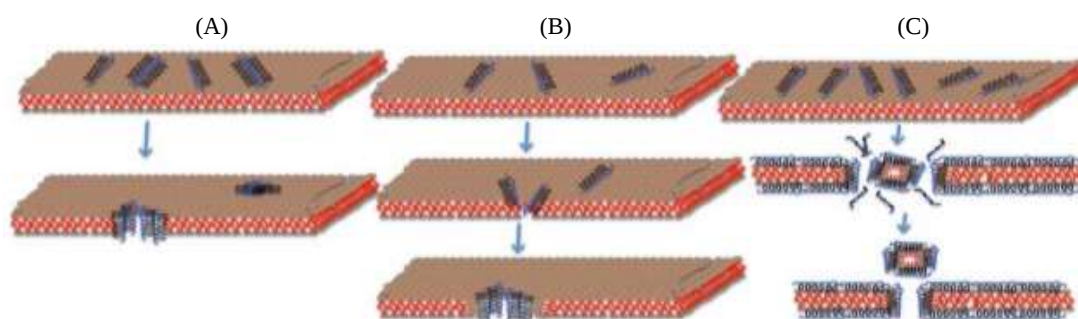
Khursid et al. (2016) menjelaskan kemungkinan aktivitas antibakteri peptida dapat terjadi melalui tiga model yaitu model *barrel-stave*, model *toroidal* dan model *carpet* (Gambar 4). Mekanisme aktivitas antibakteri dari peptida-peptida lisozim antibakteri berbeda-beda sesuai dengan susunan, muatan, polaritas dan berat molekul asam aminonya. Mekanisme antibakteri tersebut juga dapat terjadi melalui perusakan membran, penghambatan sintesis biopolimer ekstraseluler dan perusakan fungsi intraseluler bakteri (Andersson et al. 2016; Khursid et al. 2016; Lee et al. 2016; Lohner & Hilpert 2016).

Carrillo et al. (2018) menyebutkan bentuk *amphiphilic* dan muatan positif dari peptida lisozim memicu interaksi peptida dengan permukaan membran dan kemudian menyebabkan membran bakteri Gram positif berlubang. Peptida bermuatan positif dapat menghambat bakteri Gram negatif melalui interaksi antara lipopolisakarida dan elektrostatis dengan muatan negatif lipid membran bakteri yang memicu kerusakan. Carrillo & Ramos (2018) menambahkan mekanisme antibakteri peptida lisozim semakin tinggi apabila peptida didominasi asam amino bermuatan positif, hidrofobik dan *amphiphilic helical*.

MODIFIKASI AKTIVITAS ANTIBAKTERI LISOZIM DENGAN PERLAKUAN PANAS

Lisozim di alam ditemukan sebagai monomer dan dimer yang reversibel, namun diketahui bentuk dimer dan polimer lebih aktif. Bentuk lisozim tersebut dapat dipengaruhi oleh pH, konsentrasi dan suhu yang tergantung fase transisi molekul. Lisozim ditemukan dalam dua bentuk konformasi diantara suhu 20-30°C, dengan titik transisi pada suhu 25°C dan secara normal berada dalam bentuk dimer yang reversibel diantara pH 5 dan 9 (Cegielska-Radziejewska et al. 2008; Onuma & Inaka 2008). Modifikasi lisozim dengan perlakuan panas menyebabkan denaturasi irreversibel lisozim dengan suhu denaturasi di atas 75°C (Belitz et al. 2009) sehingga mengakibatkan terjadinya akumulasi reaksi kimia seperti isomerisasi, imidisasi, deamidisasi dan rasemisasi dari asam amino (Cegielska-Radziejewska et al. 2008) yang meningkatkan aktivitas antibakterinya.

Penelitian menunjukkan peningkatan aktivitas antibakteri lisozim melalui perlakuan panas dipicu oleh perubahan konformasi dari molekul lisozim yang membentuk polimer. Perlakuan panas dapat secara signifikan meningkatkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram negatif dibandingkan dengan lisozim normal (Susanto et al. 2013). Lisozim hasil perlakuan panas juga tetap mempertahankan aktivitas bakteristatik terhadap bakteri Gram positif, yang merupakan karakteristik lisozim sebagai monomer sebelum diberikan perlakuan. Lisozim dapat merusak dan menembus bakteri Gram negatif karena lisozim berinteraksi dengan membran bakteri dan menempel pada bagian lipopolisakarida yang diperkuat oleh komposisi asam amino hidrofobik pada permukaan lisozim akibat perlakuan panas yang menyebabkan perubahan struktur lisozim (Cegielska-Radziejewska et al. 2008). Perlakuan panas terhadap lisozim memperlihatkan aktivitas bakterisidal yang kuat terhadap bakteri *Escherichia coli* (Susanto et al. 2013).



(A) Model *barrel-stave*; (B) Model *toroidal*; (C) Model *carpet*

Gambar 4. Aksi peptida merusak membran bakteri

Sumber: Khursid et al. (2016)

Tabel 2. Aktivitas antibakteri peptida hasil hidrolisis lisozim dengan enzim protease

Enzim (waktu/pH/suhu)	Peptida/sumber (negara)	Bakteri target/Gram bakteri (+/-)	Sumber
Pepsin (1 jam/1,2/37°C)	Hidrolisat/PTA (USA)	<i>Staphylococcus carnosus</i> CECT 4491T (+) <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (-)	Carrillo & Ramos (2018)
Pepsin (1 jam/1,2/37°C)	Hidrolisat/PTA (Spanyol)	<i>Oenococcus oeni</i> CIAL-91 (+)	Carrillo et al. (2014)
Papain dan tripsin (2 Jam/7,5/37°C)	NTDGSTTDYGILQINSR/lisozim PTA Merck kgAa Co (Jerman)	<i>E. coli</i> HP101BA-7601c (-) <i>Leuconostoc mesenteroides</i> ATCC108309 (+)	Memarpoor-Yazdi et al. (2012)
Pepsin*	Hidrolisat/bubuk lisozim Pharma Food International (Jepang)	<i>Spora Bacillus subtilis</i> NBRC (+) <i>B. subtilis</i> NBRC (+) <i>Bacillus subtilis</i> NBRC-3013 (+) <i>Bacillus licheniformis</i> NBRC-12197 (+) <i>Bacillus pumilus</i> NBRC-12088 (+) <i>Bacillus mycoides</i> NBRC-3039 (+) <i>Bacillus coagulans</i> NBRC- 12583 (+) <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> NBRC-15535 (+) <i>Bacillus megaterium</i> NBRC-15308 (+)	Abdou et al. (2007)
Pepsin (2, 4 atau 24 jam/ 4/37°C)	Hidrolisat/PTA (Jepang)	<i>S. aureus</i> (+) <i>S. epidermidis</i> (+) <i>B. subtilis</i> (+) <i>Micrococcus luteus</i> (+) <i>E. coli</i> K-12 (-) <i>B. bronchiseptica</i> (+) <i>S. enteritidis</i> (-) <i>Helicobacter pylori</i> (+)	Ibrahim et al. (2005)
Clostripain (3 jam/7,5/suhu ruang)	IVSDGNGMNAWVAWR/ PTA (Swiss) IVSDGNGMRAWVAWR/ PTA (Swiss) RAWVAWR/PTA (Swiss) RAWVAWR (enantiomer)/ PTA (Swiss)	<i>B. subtilis</i> (+) <i>S. epidermidis</i> (+) <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (-) <i>Staphylococcus aureus</i> (+) <i>S. epidermidis</i> (+) <i>Streptococcus zoopidermicus</i> (+) <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (-) <i>Serratia marcescens</i> (-) <i>Micrococcus luteus</i> (+) <i>Staphylococcus aureus</i> (+) <i>S. epidermidis</i> (+) <i>Streptococcus zoopidermicus</i> (+) <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (-) <i>Staphylococcus aureus</i> (+) <i>S. lentus</i> (+) <i>S. epidermidis</i> (+) <i>S. aureus</i> (+)	Pellegrini et al. (1997)

*: Tidak ada informasi mengenai waktu, pH dan suhu; PTA: Putih telur ayam; (+): Gram positif; (-): Gram negatif

Lisozim yang telah dimodifikasi dapat menembus *lipid bilayer* dan mengganggu proses elektrokimia membran dan membentuk lubang membran.

Ibrahim et al. (1996) menjelaskan bahwa lisozim memiliki bagian dalam molekul yang hidrofobik serta bagian luar molekul yang hidrofilik dan berkontak dengan molekul lain. Perlakuan panas akan menyebabkan perubahan konformasi karena terdapat dua jembatan yang mengenai asam amino sistein terputus sehingga hidrofobitas akan meningkat. Ketika Cys64-Cys80 dan Cys76-Cys94 atau ikatan disulfida lisozim terputus oleh proses panas maka asam amino triptofan 62, 63 dan 108 di dalam molekul terekspos keluar (Vilcacundo et al. 2018). Hal ini menyebabkan aktivitas antibakteri meningkat karena ikatan terhadap membran akan meningkat.

Lisozim pada telur yang telah lama disimpan juga dapat berasosiasi menjadi bentuk dimer yang irreversibel. Berdasarkan perubahan konformasi tersebut, aktivitas lisozim sebagai enzim mengalami inaktivasi termal secara berangsur pada pH netral dan pada suhu yang berbeda (Cegielska-Radziejewska et al. 2008). Namun perlakuan panas terhadap lisozim dapat menghasilkan peningkatan aktivitas antibakteri

terhadap bakteri Gram negatif yang disebabkan peningkatan kemampuan lisozim menempel pada bagian lipopolisakarida membran luar dinding sel bakteri karena perubahan struktur molekul lisozim yang memunculkan gugus asam amino hidrofobik ke permukaan lisozim (Susanto et al. 2013) sehingga lebih mudah dalam merusak membran bakteri Gram negatif. Peningkatan aktivitas antibakteri dengan perlakuan panas dibuktikan oleh terjadinya penghambatan pertumbuhan pada bakteri Gram negatif seperti *Escherichia coli* K12, *Salmonella enteritidis*, dan *Pseudomonas aeruginosa* (Lesnierowski et al. 2001). Adapun aktivitas antibakteri lisozim yang dimodifikasi dengan perlakuan panas dapat dilihat pada Tabel 3.

Aktivitas antibakteri lisozim dapat ditingkatkan dengan perlakuan panas yang menyebabkan lisozim terdenaturasi sehingga terjadi perubahan komposisi asam amino karena perubahan lipatan struktur tersier lisozim (Lesnierowski et al. 2001; 2004; Susanto et al. 2013). Selain itu, penelitian aktivitas antibakteri dari peptida lisozim yang dihasilkan dengan hidrolisis menggunakan enzim protease serta dikombinasikan dengan perlakuan panas menghasilkan lisozim dengan aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram negatif dan

Tabel 3. Aktivitas antibakteri lisozim dengan pemanasan pada beberapa suhu

Suhu (waktu)/pH	Sumber lisozim/negara	Bakteri target (BT)/Gram bakteri (+/-)	Sumber
40°C (20 menit)*	PTA ras/Indonesia	<i>Micrococcus lysodeikticus</i> (+)	Susanto et al. (2013)
45°C (20 menit)*		<i>Escherichia coli</i> (-)	
		<i>M. lysodeikticus</i> (+)	
		<i>E. coli</i> (-)	
50°C (20 menit)*		<i>M. lysodeikticus</i> (+)	
		<i>E. coli</i> (-)	
60°C (20 menit)/4,4	PTA Petelur Astra S/ Polandia	<i>E. coli</i> ATCC 259220 (-)	Lesnierowski & Cegielska-Radziejewska (2012)
80°C (20 menit)/5-6		<i>M. luteus</i> (+)	
		<i>E. coli</i> ATCC 259220 (-)	Lesnierowski et al. (2001)
80°C (20 menit)/7,2	PTA (Jepang)	<i>E. coli</i> K-12 (-)	Ibrahim et al. (1996)
		<i>Staphylococcus aureus</i> (+)	
80°C (20 menit)/6	PTA (Spanyol)	<i>Acetobacter aceti</i> CIAL-106 (-)	Carrillo et al. (2014)
		<i>Gluconobacter oxydans</i> CIAL-107 (-)	
		<i>A. aceti</i> CIAL-106 (-)	
90°C (20 menit)/6		<i>G. oxydans</i> CIAL-107 (-)	
		<i>Oenococcus oeni</i> CIAL-91 (+)	
		<i>Pediococcus pentosaceus</i> CIAL-85(+)	
95°C (20 menit)/6		<i>A. aceti</i> CIAL-106 (-)	
		<i>O. oeni</i> CIAL-91 (+)	
		<i>Lactobacillus casei</i> CIAL-52 (+)	

*: Tidak ada informasi mengenai pH; PTA: Putih telur ayam; (+): Gram positif; (-): Gram negatif

Tabel 4. Aktivitas antibakteri lisozim dengan perlakuan kombinasi panas dan enzimatis

Suhu (waktu/pH)/enzim (waktu/pH)	Peptida/sumber lisozim (negara)	Bakteri target/Gram bakteri (+/-)	Sumber
95°C (20 menit/6)/Pepsin (1 jam/2)	Hidrolisat/PTA (USA)	<i>S. carnosus</i> CECT-4491T (+) <i>E. coli</i> ATCC-25922 (-)	Carrillo & Ramos (2018)
95°C (20 menit/6)/Pepsin (1 jam/2)	Hidrolisat/PTA (USA)	<i>Oenococcus oeni</i> CIAL-96 (+) <i>Acetobacter aceti</i> CIAL-106 (-) <i>Gluconobacteri oxydans</i> CIAL-107 (-)	Carrillo et al. (2014)
95°C (30 menit)*/Pepsin 121°C /Pepsin (15 menit)*	Bubuk lisozim Pharma Food International (Jepang)	<i>Bacillus subtilis</i> (+) <i>B. subtilis</i> (+)	Abdou et al. (2007)
95°C (20 menit)*/Pepsin (1 jam/1) & Tripsin (24 jam/8)	Hidrolisat (IVSDGMNAW)/PTA (Kanada)	<i>E. coli</i> K-12 (-)	Mine et al. (2004)
	Hidrolisat (IVSDGMNAW)/PTA (Kanada)	<i>S. aureus</i> 23-394 (+)	

*: Tidak ada informasi mengenai pH; PTA: Putih telur ayam; (+): Gram positif; (-): Gram negatif

menunjukkan terjadinya peningkatan aktivitas antibakteri yang dapat dilihat pada Tabel 4. Aktivitas antibakteri tersebut dapat diukur melalui berbagai metode (Balouiri et al. 2016), metode yang direkomendasikan adalah metode mikrodilusi (*microdilution*) karena dapat menghemat sampel yang digunakan dan dapat diperoleh nilai *minimum inhibitory concentration*.

PERAN LISOZIM DALAM BIDANG PANGAN DAN KESEHATAN

Lisozim umumnya memiliki aktivitas antibakteri sehingga dapat digunakan sebagai pengawet. Selain itu, lisozim dapat menghasilkan peptida bioaktif yang menunjukkan aktivitas lain setelah perlakuan enzimatis maupun perlakuan panas (You et al. 2010). Beberapa penelitian mengenai aktivitas antibakteri memberikan informasi bahwa peptida lisozim dapat dimanfaatkan sebagai pengawet alami pada pangan secara langsung, dikombinasi dengan antimikroba lain, maupun ditambahkan dalam kemasan *edibel* (Barbiroli et al. 2012; Perez-Espitia et al. 2012; Wulandari et al. 2015; Valdes et al. 2017). Penggunaan peptida lisozim sebagai pengawet pangan ini berperan untuk menghambat atau menghentikan pertumbuhan bakteri patogen yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan.

Peran peptida lisozim secara langsung pada kesehatan yaitu memberikan pengaruh biologis pada tubuh karena peptida memiliki aktivitas biologis seperti antihipertensi, penghambat *angiotensin-converting enzyme*, antioksidan (Rao et al. 2012), antivirus dan antitumor (Ya-Fei et al. 2017). Adapun secara tidak langsung lisozim dapat mencegah penyakit atau infeksi bakteri patogen yang masuk ke dalam tubuh melalui pangan. Adanya lisozim dan peptida lisozim sebagai

pengawet pangan seperti pada keju, sayuran, daging, ikan dan susu (Cegielska-Radziejewska et al. 2009b, Lesnierowski, & Kijowski 2009; Schneider et al. 2011; Roldan et al. 2012; Liburdi et al. 2014; Herath et al. 2015; Brasca et al. 2016; Asmaa et al. 2017) dapat meminimalisir terjadinya penyakit yang disebabkan oleh bakteri dari Gram positif maupun Gram negatif, selain meningkatkan umur simpan dan mencegah pangan dari kerusakan. Adapun aplikasi lainnya, lisozim dan peptidanya dapat ditambahkan sebagai bahan untuk pangan fungsional (Prosapio et al. 2016).

KESIMPULAN

Lisozim merupakan protein bioaktif dari putih telur yang dapat diaplikasikan dalam bidang pangan sebagai pengawet karena memiliki aktivitas antibakteri. Aktivitas antibakteri lisozim dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan keamanan pangan dan kesehatan. Peptida lisozim hasil dari hidrolisis enzim protease maupun lisozim hasil modifikasi panas dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan aksi lisozim sebagai antibakteri untuk mencegah tumbuhnya bakteri perusak dan patogen yang beragam. Peptida lisozim dapat juga digunakan sebagai pengganti bahan sintesis yang lebih aman seperti pengawet pangan dan antibiotik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang membantu dalam pendanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdou AM, Higashiguchi S, Aboueleinin AM, Kim M, Ibrahim HR. 2007. Antimicrobial peptides derived from hen egg lysozyme with inhibitory effect against bacillus species. *Food Control*. 18:173-178.
- Abeyrathne EDNS, Lee HY, Ahn DU. 2013a. Egg white proteins and their potential use in food processing or as nutraceutical and pharmaceutical agents: A review. *Poult Sci*. 93:3992-3299.
- Abeyrathne EDNS, Lee HY, Ahn DU. 2013b. Sequential separation of lysozyme and ovalbumin from chicken egg white. *Korean J Food Sci An*. 33:501-507.
- Abeyrathne EDNS, Lee HY, Ahn DU. 2014. Sequential separation of lysozyme, ovomucin, ovotransferin, and ovalbumin from egg white. *Poult Sci*. 93:1001-1009.
- Alhazmi A, Stevenson JW, Amartey S, Qin W. 2014. Discovery, modification and production T4 lysozyme for industrial and medical use. *Int J Biol*. 6:45-63.
- Almsned F. 2017. Designing antimicrobial peptide: Current status. *J Med Sci Clin Res*. 5:19282-19294.
- Aminlari L, Hashemi MM, Aminlari M. 2014. Modified lysozymes as novel broad spectrum natural antimicrobial agents in foods. *J Food Sci*. 79:R1077-90.
- Andersson DI, Hughes D, Kubicek-Sutherland JZ. 2016. Mechanisms and consequences of bacterial resistance to antimicrobial peptides. *Drug Resist Updat*. 26:43-57.
- Asmaa MSF, Hala A, Shereen AY. 2017. Use of lysozyme to control *Staphylococcus aureus* and its effect on shelf life of chilled chicken fillet. *Anim Heal Res J*. 5:146-152.
- Asoodeh A, Memarpour-Yazdi M, Chamani J. 2012. Purification and characterization of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides from lysozyme hydrolysates. *Food Chem*. 131:291-295.
- Balouiri M, Sadiki M, Ibnsouda SK. 2016. Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity. *J Pharm Anal*. 6:71-79.
- Barbiroli A, Bonomi F, Capretti G, Iametti S, Manzoni M, Piergiovanni L, Rollini M. 2012. Antimicrobial activity of lysozyme and lactoferrin incorporated in cellulose-based food packaging. *Food Control*. 26:387-392.
- Belitz HD, Grosch W, Schieberle P. 2009. Eggs. In: *Food Chem*. Berlin (Germany): Springer; p. 546-562.
- Benkerroum N. 2008. Antimicrobial activity of lysozyme with special relevance to milk. *African J Biotechnol*. 7:4856-4867.
- Brand J, Dachmann E, Pichler M, Lotsz S, Kulozik U. 2016. A novel approach for lysozyme and ovotransferrin fractionation from egg white by radial flow membrane adsorption chromatography: Impact of product and process variables. *Sep Purif Technol*. 161:44-52.
- Brasca M, Morandi S, Silvetti T, Rosi V, Cattaneo S, Pellegrino L. 2016. Defferent analytical approach in assessing antibacterial activity and the purity of commercial lysozyme preparations for dairy application. *Molecules*. 18:6008-6020.
- Callewaert L, Herreweghe JM V, Vanderkelen L, Leysen S, Voet A, Michiels CW. 2012. Guards of the great wall: bacterial lysozyme inhibitors. *Trends Microbiol*. 20:501-510.
- Callewaert L, Michiels. 2010. Lysozyme in the animal kingdom. *J Biosci*. 35:127-160.
- Cannarsi M, Baiano A, Sinigaglia M, Ferrara L, Baculo R. 2008. Use of nisin, lysozyme, and EDTA for inhibiting microbial growth in chilled buffalo meat. *Int J Food Sci Technol*. 45:573-578.
- Carrillo W, García-Ruiz A, Recio I, Moreno-Arribas M V. 2014. Antibacterial activity of hen egg white lysozyme modified by heat and enzymatic treatments against oenological lactic acid bacteria and acetic acid bacteria. *J Food Prot*. 77:1732-1739.
- Carrillo W, Lucio A, Gaibor J, Morales D, Vasquez G. 2018. Isolation of antibacterial hydrolysates from hen egg white lysozyme and identification of antibacterial peptides. *J Med Food*. 21:808-818.
- Carrillo W, Ramos M. 2018. Identification of Antimicrobial Peptides of Native and Heated Hydrolysates from hen egg white lysozyme. *J Med Food*. 21:915-926.
- Carrillo W, Tubon J, Vilcacundo R. 2016. Isolation of hen egg white lysozyme by cation exchange chromatography, analysis of its digestibility and evaluation of the inhibition lipid peroxidation in the zebrafish model. *Asian J Pharm Clin Res*. 9:345-349.
- Cegielska-Radziejewska R, Lesniewski G, Kijowski J. 2008. Properties and application of egg white lysozyme and its modified preparations-a review. *J Food Nutr Sci*. 58:5-10.
- Cegielska-Radziejewska R, Lesniewski G, Kijowski J. 2009a. Antibacterial activity of hen egg white lysozyme modified by thermochemical technique. *Eur Food Res Technol*. 228:841-845.
- Cegielska-Radziejewska R, Lesniewski G, Kijowski J, Szablewski T, Zabielski J. 2009b. Effects of treatment with lysozyme and its polymers on the microflora and sensory properties of chilled chicken breast muscles. *Bull Vet Inst Pulawy*. 53:455-461.
- Cegielska-Radziejewska R, Lesniewski G, Szablewski T, Kijowski J. 2010. Physico-chemical properties and antibacterial activity of modified egg white-lysozyme. *Eur Food Res Technol*. 231:959-964.
- Cegielska-Radziejewska R, Tomasz S. 2014. Inhibition of food-borne bacteria by thermo-chemically modified egg white lysozyme. *African J Microbiol Res*. 8:590-597.

- Chiu H, Lin J, Cheng T, Chou S, Huang C. 2012. Direct purification of lysozyme from chicken egg white using weak acidic polyacrylonitrile nanofiber-based membranes. *J Appl Polym Sci.* 125:616-621.
- Dekina SS, Romanovska II, Ovsepyan AM, Bodyu MG, Toptikov VA. 2015. Isolation and purification the hen egg white. *Biotechnol Acta.* 8:41-47.
- Eckert E, Zambrowicz A, Pokora M, Polanowski A, Chrzanowska J, Szoltysik M, Dąbrowska A, Róžański H, Trziszka T. 2013. Biologically active peptides derived from egg proteins. *World's Poult Sci J.* 69:375-386.
- Gonzalez R, Albercio F, Cascone O, Iannucci NB. 2010. Improved antimicrobial activity of h-lysozyme (107-115) by ratinal ala substitution. *J Pept Sci.* 22:123-128.
- Gyawali R, Ibrahim SA. 2014. Natural products as antimicrobial agents. *Food Control.* 46:412-429.
- Hamzah A, Hamzah S, Nasir FM, Ariffin MM. 2015. Isolation and purification of lysozyme from albumin: Effect of albumin concentration, pH, and ionic strength of buffer solution. *Malay J Anal Sci.* 20:799-805.
- Hamzah S, Nasir FM, Hamzah A. 2014. Lysozyme adsorption onto immobilized metal affinity chromatographic adsorbent: effect of pH and ion strength. *Inte J App Eng Res.* 9:17783-17792.
- Held J, Smaalen S V. 2014. The active site of hen egg white lysozyme: flexibility and chemical bonding. *Acta Cryst.* 70:1136-1146.
- Herath AHMEI, Priyanath JJM, Ahn DU, Abeyrathne EDNS. 2015. Use of lysozyme from chicken egg white as a nitrite replacer in an itlian-type chichken sausage. *Functional Foods Heal Dis.* 5:320-330.
- Hiidenhovi J. 2007. Ovomucin. In: Huopalahti R, Lopez-Fandino R, Anton M, Schade R, editors. *Bioact Egg Compd.* Berlin (Germany): Springer; p. 61-68.
- Huopalahti R, Lopez-Fandino R, Anton M, Schade R. 2007. *Bioactive Egg Compounds.* Berlin (Germany): Springer.
- Ibrahim HR, Higashiguchi S, Juneja LR, Kim M, Yamamoto T. 1996. A structural phase of heat-denatured lysozyme with novel antimicrobial action. *J Agric Food Chem.* 44:1416-1423.
- Ibrahim HR, Inazaki D, Abdou A, Aoki T, Kim M. 2005. Processing of lysozyme at distinct loops by pepsin: a novel action for generating multiple antimicrobial peptide motifs in the newborn stomach. *Biochim Biophys Acta.* 1726:102-114.
- Islam R, Kite J, Baker AS, Ching Jr A, Islam MR. 2006. Affinity purification of hen egg lysozyme using sephadex G75. *African J Biotechnol.* 5:1902-1908.
- Joao PS, Rui AA, Francisco MG. 2016. Antimicrobial peptides as novel anti-tuberculosis therapeutics. *Biotechnol Adv.* 34:924-940.
- Khursid Z, Naseem M, Seijh Z, Najeeb S, Shahab S, Zafar MS. 2016. Oral antimicrobial peptides: Types and role in the oral cavity. *Saudi Pharm J.* 24:515-524.
- Ko KY, Mendonca AF, Ahn DU. 2009. Effect of ethylenediaminetetraacetate and lysozyme on the antimicrobial activity of ovotransferrin against *Listeria monocytogenes*. *Poul Sci.* 87:1649-1658.
- Kose K, Denizli A. 2013. Poly (hydroxyethylmethacrylate) based magnetic nanoparticles for lysozyme purification from chicken egg white. *Artif Cell Blood Substit Biotechnol.* 41:13-20.
- Kusumaningtyas E. 2018. Aplikasi peptida pada teknologi veteriner dan produksi ternak. *Wartazoa.* 28:89-98.
- Kusumaningtyas E, Suhartono MT, Widiastuti R, Kusumaningrum HD. 2015a. Antimicrobial and antioxidative activities of peptidas from goat milk hydrolyzed with various protease. *JITV.* 20:175-183.
- Kusumaningtyas E, Widiastuti R, Kusumaningrum HD, Suhartono MT. 2015b. Aktivitas antibakteri dan antioksidan hidrolisat hasil hidrolisis protein susu kambing dengan ekstrak kasar bromelin. *J Teknol Ind Pangan.* 6:179-188.
- Kusumaningtyas E, Widiastuti R, Kusumaningrum HD, Suhartono MT. 2016a. Bioactivities and analysis of peptides of sumbawa horse milk generated by *bacillus thuringiensis* protease. *JITV.* 21:244-254.
- Kusumaningtyas E, Widiastuti R, Kusumaningrum HD, Suhartono MT. 2016b. Antibacterial and antioxidant activities of goat milk hydrolysate generated by *bacillus sp. E.13*. *Glob Vet.* 16:105-110.
- Lechevalier V, Croguennec T, Nau F, Guerin-Dubiard C. 2007. Ovalbumin and gene-related proteins. In: Huopalahti R, Lopez-Fandino R, Anton M, Schade R, editors. *Bioact Egg Compd.* Berlin (Germany): Springer; p. 51-60.
- Lee TH, Kriptopher N, Aguilar MI. 2016. Antimicrobial peptide structure and mechanism of action: a focus on the role of membrane structure. *Curr Top Med Chem.* 16:25-39.
- Lesnierowski G. 2009. New methods of physic-chemical modification of lysozyme. *Nauk Przyr Techn.* 3:1-18.
- Lesnierowski G, Cegielska-Radziejewska R. 2012. Potential possibilities of production, modification and partial application of lysozyme. *Acta Sci Tech Aliment.* 11:223-230.
- Lesnierowski G, Cegielska-Radziejewska R, Kijowski J. 2001. Antibacterial activity of thermally modified lysozyme. *Elec J Pol Agr Univ.* 4:1-9.
- Lesnierowski G, Cegielska-Radziejewska R, Kijowski J. 2004. Thermally and chemical-thermillay modified lysozyme and its bacteriostatic activity. *World's Poult Sci J.* 60:303-310.
- Lesnierowski G, Kijowski J. 2007. Lysozyme. In: Huopalahti R, Lopez-Fandino R, Anton M, Schade R, editors.

- Bioact Egg Compd. Berlin (Germany): Springer; p. 33-42.
- Lesnierowski G, Kijowski J, Cegielska-Radziejewska R. 2009. Ultrafiltration modified chicken egg white lysozyme and its antibacterial action. *Int J Food Sci Technol*. 44:305-311.
- Lesnierowski G, Stangierski J. 2018. What's new in chicken egg research and technology for human health promotion? - A review. *Trends Food Sci Technol*. 71:46-51.
- Lestari D, Soesilo V. 2017. Aktivitas antibakteri peptida kasein susu kambing hidrolisis oleh papain terhadap *Pseudomonas aeruginosa*. *J Ilmu Pangan dan Has Pertan*. 1:81-92.
- Liburdi K, Benucci I, Esti M. 2014. Lysozyme in wine: an overview of current and future application. *Compre Rev Food Sci Food Saf*. 13:1062-1073.
- Lohner K, Hilpert K. 2016. Antimicrobial peptides: cell membrane and microbial surface interactions. *Biochim Biophys Acta*. 1858:915-917.
- Lucera A, Costa C, Conte A, Nobile MAD. 2012. Food Application of natural antimicrobial compound. *Front Microbiol*. 3:1-13.
- Mangalassary S, Han I, Rieck J, Acton J, Dawson P. 2008. Effect of combining nisin and/or lysozyme with in-package pasteurization for control *Lysztaria monocytogenes* in ready-to-eat turkey bologna during refrigerated storage. *Food Microbiol*. 25:866-870.
- Memarpoor-Yazdi M, Asoodeh A, Chamani J. 2012. A novel antioxidant and antimicrobial peptida from hen egg white lysozyme hydrolysates. *J Funct Foods*. 4:278-286.
- Mine Y, Ma F, Lauriau S. 2004. Antimicrobial peptides released by enzymatic hydrolysis of hen egg white lysozyme. *J Agric Food Chem*. 52:1088-1094.
- Mol PCG, Verissimo LAA, Eller MR, Minim VPR, Minim LA. 2017. Development of an affinity cryogel for one step purification of lysozyme form chicken egg white. *J Chromatogr B*. 1044:17-23.
- Nau F, GueRin-Dubiard C, Croguennec T. 2007. Avidin. In: Huopalahti R, Lopez-Fandino R, Anton M, Schade R, editors. *Bioact Egg Compd*. Berlin (Germany): Springer; p. 75-80.
- Onuma K, Inaka K. 2008. Lysozyme dimer association: similarities and differences compared with lysozyme monomer association. *J Cryst Growth*. 310:1174-1181.
- PDSIP. 2017. Outlook komoditas pertanian sub sketor peternakan telur. Jakarta (Indonesia): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretaris Jendral, Kementerian Pertanian.
- Pellegrini A, Thomas U, Bramaz N, Klauser S, Hunziker P, Fellenberg R V. 1997. Identification and isolation of a bactericidal domain in chicken egg white lysozyme. *J Appl Microbiol*. 82:372-378.
- Perez-Espitia PJ, Ferreira-Soares NF, Coimbra JSR, Andrade NJ, Cruz RS, Alves-Medeiros EA. 2012. Bioactive peptides: synthesis, properties, and application in the packaging and preservation of food. *Comp Rev Food Sci Technol*. 11:187-204.
- Prosapio V, Reverchon E, Marci I. 2016. Production of lysozyme microparticles to be used in functional fods, using an expanded liquid antisolvent process. *J Supercrit Fluid*. 107:106-113.
- Radziejwska RC, Szablewski T. 2013. Effect of modified lysozyme on the microflora and sensory attributes of ground pork. *J Food Prot*. 76:338-342.
- Rao S, Chandar R, Sharma A. 2008. Synergistic effect of chitooligosaccharides and lysozyme for meat preservation. *Food Sci Technol*. 41:1995-2001.
- Rao S, Sun J, Liu Y, Zeng H, Su Y, Yang Y. 2012. ACE inhibitory peptides and antioxidant peptides derived from in vitro digestion hydrolysate of hen egg white lysozyme. *Food Chem*. 135:1245-1252.
- Rawdkuen S, Suthiluk P, Kamhangwong D, Banjakul S. 2012. Antimicrobial activity of some potential active compounds against food spoilage microorganisms. *African J Biotechnol*. 11:13914-13921.
- Rehault S. 2007. Antiproteases. In: Huopalahti R, Lopez-Fandino R, Anton M, Schade R, editors. *Bioact Egg Compd*. Berlin (Germany): Springer; p. 85-92.
- Roldan M, Lasanta C, Caro I, Palacios. 2012. Effect of lysozyme on "flor" velum yeast in the biological aging of sherry wines. *Food Microbiol*. 30:245-252.
- Safarik LZ, Sabatkova, Oldrich T, Savfarikov T. 2007. Magnetic cation exchange isolation of lysozyme from native hen egg whit. *Food Technol Biotechnol*. 45:355-359.
- Schneider N, Werkmeister K, Becker CM, Pishchetsrieder. 2011. Prevalence and stability of lysozyme in cheese. *Food Chem*. 128:145-151.
- Shahidi F, Zhong Y. 2008. Bioactive peptides. *J AOAC Int*. 91:914-931.
- Shahmohammad A. 2017. Lysozyme separation from chicken egg white: A review. *Eur Food Res Technol*. 224:577-593.
- Silvetti T, Morandi S, Hintersteiner M, Brasca M. 2017. Use of hen egg white lysozyme in the food industry. In: *Egg innovations and strategies for improvements*. London (UK): Academic Press. p. 233-242.
- Sinigagli M, Bevilaqua A, Corbo MR, Pati S, Del Nobile MA. 2008. Use of active compounds for prolonging the self life of mozzarella cheese. *Int Dairy J*. 18:624-630.
- Soekarto ST. 2013. Teknologi penanganan dan pengolahan telur. Bandung (Indonesia): Alfabeta.
- Stephanie AR, Alson KC. 2017. From bacterial killing to immune modulation: Recent insight into the functions of lysozyme. *PLOS Phatogens*. 2017:1-22.

- Strynadka NCJ, James MNG. 1991. Lysozyme revisited: crystallographic evidence for distortion of an n-acetylmuramic acid residue bond in site D. *J Mol Biol.* 220:401-424.
- Superti F, Ammendolia MG, Berlutti F, Valenti P. 2007. Ovotransferrin. In: Huopalahti R, Lopez-Fandino R, Anton M, Schade R, editors. *Bioact Egg Compd.* Berlin (Germany): Springer; p. 43-50.
- Susanto E. 2012. Kajian isolasi lisozim putih telur dengan menggunakan mika. *J Ternak.* 3:19-24.
- Susanto E, Rosyidi D, Radiati LE, Manab A. 2013. Improved antibacterial spectrum of hen egg white lysozyme with thermal modified. *Int J Engineering Res Technol.* 2:589-593.
- Tankrathok A, Daduang S, Patramanon R, Arakai T, Thammasirak S. 2009. Purification process for the preparation and characterization of hen egg white ovalbumin, lysozyme, ovotransferrin and ovomucoid. *Prep Biochem Biotechnol.* 39:380-399.
- Thammasirak SY, Pukcothanung Y, Preecharram S, Daduang S, Patramanon R, Fukamizo T, Araki T. 2010. Antimicrobial peptides derived from goose egg white lysozyme. *Comp Biochem Physiol.* 151:84-91.
- Tribst AAL, Ribeiro LR, Cristianini M. 2017. Comparasion of the effect of high pressure homogenization and high pressure processing on the enzyme activity and antimicrobial profile of lysozyme. *Innov Food Sci Eemerging Technol.* 43:60-67.
- Valdes A, Ramos M, Beltrán A, Jiménez A, Garrigós MC. 2017. State of the art of antimicrobial edible coatings for food packaging applications. *Coatings.* 7:1-23.
- Vilcacundo R, Mendez P, Reyes W, Romero H, Pinto H, Carrillo W. 2018. Antibacterial activity of hen egg white lysozyme by thermal and chemical treatments. *Sci Pharm.* 86:2-17.
- Wulandari Z. 2018. Karakteristik lisozim dari telur unggas lokal sebagai pemanis [Dissertation]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Wulandari Z, Fardiaz D, Budiman C, Suryati T, Herawati D. 2015. Purification of egg white lysozyme from Indonesian kampung chicken dan ducks. *Media Peternak.* 38:18-26.
- Ya-Fei L, Oey I, Bremer P, Carne A, Silcock. 2017. Bioactive peptides derived from egg proteins: a review. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 13:1-23.
- You SJ, Udenigwe CC, Aluko RE, Wu J. 2010. Multifunctional peptides from egg white lysozyme. *Food Res Int.* 43:848-855.

Nutritional Support for Small Ruminant Development Based on Oil Palm By-products

(Dukungan Nutrisi dalam Pengembangan Ternak Ruminansia Berbasis Hasil Samping Kelapa Sawit)

Simon P Ginting¹, K Simanihuruk¹, A Tarigan¹, and KR Pond²

¹Indonesian Goat Research Station, PO Box 1 Sungai Putih, Galang 20585, North Sumatra

²Department of Animal Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA
simonginting04@gmail.com

(Diterima 22 October 2018 – Direvisi 16 November 2018 – Disetujui 23 November 2018)

ABSTRACT

Biomass by-products or plant residues from the plantation system would play a crucial role in animal production since the utilization of forages from the underneath tree crops would be less or minimal when the palm oil crop mature. By-products generated from the palm oil system vary, but in relation to the animal production they could be generally categorized into the fibrous by-products and the non-fibrous (concentrate) by-products. Palm oil mill effluent (POME) and palm kernel cake (PKC) are concentrate by-products produced during the processing of palm oil extraction which have great potency to support sheep and goat production, although limiting factors such as contamination of shell and high copper level in PKC need to be considered in their utilization as feed. The fibrous palm oil by-products include oil palm fronds (OPF) and oil palm trunk (OPT) generated from the palm crop trees and oil palm empty fruit bunch (OPEFB) and palm pressed fiber (PPF) generated from processing of fresh fruits to yield crude oil. These fibrous by-products cannot meet the metabolisable energy required for high growth rate and for lactation of sheep and goats due to low DM digestibility, low crude protein content, low fermentable carbohydrate and low level of intake. Limited inclusion level in ration should be applied for those by-products to yield an acceptable production level of sheep and goats. Pretreatments (physical, chemical, and biological) gave some improvement in their nutritional qualities, however additional cost of pretreatments need to be considered. In the future, there would be a great challenge for the utilization of those fibrous by-products as animal feed since bioconversion of lignocellulosic materials to products such as chemicals (bioethanol, sugar, and bioplastic), fuels, and organic fertilizers are receiving greater interest. Some comparative advantages of these natural wastes are their relatively low cost, renewable and widespread in nature for used in an industrial operation.

Key words: Palm oil, by-products, nutrients, sheep, goat

ABSTRAK

Hasil samping biomassa atau limbah tanaman perkebunan berperan penting dalam produksi ternak mengingat akan berkurangnya penggunaan hijauan yang tumbuh di bawah pohon dengan bertambahnya umur tanaman kelapa sawit. Hasil samping yang dihasilkan dari minyak sawit bervariasi, tetapi jika dikaitkan dengan produksi ternak, hal itu dapat dikategorikan menjadi limbah berserat dan tidak berserat (konsentrat). *Palm oil mill effluent* (POME) atau limbah cair kelapa sawit dan bungkil inti sawit (BIS) merupakan konsentrat yang dihasilkan selama proses ekstraksi minyak sawit yang memiliki potensi besar dalam mendukung produksi kambing dan domba meskipun dengan adanya faktor pembatas seperti kontaminasi cangkang dan kandungan tembaga yang tinggi dalam BIS perlu diperhatikan pada penggunaannya sebagai pakan. Limbah minyak sawit berserat meliputi pelepah dan batang kelapa sawit yang diperoleh dari pohon sawit dan tandan kosong, serta serat perasan yang dihasilkan dari proses pemerasan minyak mentah dari buah sawit segar. Limbah berserat tersebut tidak mampu memenuhi energi metabolisme yang diperlukan domba dan kambing untuk laju pertumbuhan yang tinggi dan kebutuhan induk menyusui, karena rendahnya daya cerna bahan kering, kandungan protein kasar yang rendah, rendahnya karbohidrat yang dapat difermentasi, serta rendahnya tingkat konsumsi. Pembatasan penyertaan bahan tersebut dalam rasio pakan juga perlu diterapkan untuk menghasilkan tingkat produksi yang tepat bagi domba dan kambing. Pra-perlakuan (fisik, kimia dan biologis) secara teknis dapat meningkatkan kualitas nutrisi, namun perlu mempertimbangkan biaya produksi dan manfaat ekonomisnya. Ke depannya, akan muncul tantangan dalam upaya penggunaan bahan-bahan limbah berserat tersebut sebagai pakan ternak mengingat bahwa dengan biokonversi bahan lignoselulosa tersebut dapat juga dimanfaatkan untuk menghasilkan berbagai produk kimia (bioetanol, gula dan bioplastik), sebagai bahan bakar atau pupuk organik yang berpotensi menawarkan potensi manfaat yang lebih kompetitif. Beberapa keunggulan komparatif dari limbah tersebut antara lain adalah biaya yang relatif rendah, dapat diperbaharui dan tersebar luas untuk digunakan dalam operasional berskala industri.

Kata kunci: Kelapa sawit, hasil samping, nutrisi, domba, kambing

INTRODUCTION

It has long been recognized that the integration of ruminants with oil palm plantation is a promising alternative production system to encourage the ruminant production. In addition to developing a sustainable plantation industry or smallholders, the integration of plantation crops and ruminants is in accordance with the Indonesian government's policy to increase the national food production and to minimize imports including meat and other foods. The core concept of this type of agricultural production system has been based on the land and/or biomass by-products that are potentially available from the plantation system in supporting ruminant production in a mutualistic pathway. In the context of this paper, the nutritional support of by-products of oil palm plantation system will be discussed as these are the most abundant and various by-products. In this type of animal production system the biomass by-products or plant residues from the plantation system would play a crucial role since the utilization of forages from the underneath tree crops would be less or minimal as the palm oil crop mature.

Massive quantities and various by-product biomass are generated from the tree crops management and the process of extracting oil from the seed of palm oil fruits. Abdullah et al. (2011) reported that about 50-70 tonnes of biomass residues could be generated from one hectare of oil palm plantation. These by-product biomass are potential bases for developing a ruminant production system integrated with the palm oil plantation system. Except for palm kernel cake, all other by-products from oil palm extraction process and crop plantation residues are classified as non-conventional feed because they are generally not used in the ration of small ruminant either by smallholder or semi commercial enterprises. This paper presented and discussed the nutritional potentials, constraints and challenge of various by-products from the palm oil plantation system as feed for small ruminant production.

FEED INGREDIENTS FROM OIL PALM PLANTATION

The type of by-products generated from palm oil system is various, but in relation to the animal production they could be generally categorized into the fibrous by-products and the non-fibrous by-products. Quantitatively, the fibrous materials are the largest originating from the crop trees as crop residues and from the extracting process of palm oil fruits into crude palm oil. Although available in huge quantities, nutritionally they have limitation in supporting the nutrient and energy requirement of ruminants. In contrast, the non-fibrous by-products are available in

much less amount, but have greater nutritional capacity per unit biomass in supporting the animal requirements for energy and major nutrients such as protein, calcium, and phosphor to achieve an acceptable production level.

Fibrous by-products

Oil palm by-products or residues are mostly of fibrous materials rich in cellulose, hemicellulose, and lignin. The complex structures of the lignocellulosic materials make them very difficult to be degraded in the animal digestive tract system. These lignocellulose biomass include oil palm fronds (OPF) and oil palm trunk (OPT) generated from the palm crop trees and oil palm empty fruit bunch (OPEFB), and palm pressed fibre (PPF) generated from processing of fresh fruits to yield crude oil.

The standard management of oil palm plantation required that OPF is pruned during harvesting of fresh fruit bunches or when it senescences. Oil palm frond has complex structure containing leaves, rachis, and petiole. The petiole contains a large amount of sugars (Zahari et al. 2012) and relatively palatable. The production of OPF is approximately 550 kg/ha/year (Ebrahimi et al. 2015). Rahutomo et al. (2012) estimated that the weight of OPF could range from 3.19 to 15.07 kg linearly related to the age of the oil palm trees. Sudaryanto (2017) reported that oil palm fronds could be used as alternative green feed for ruminants. Palm fronds could be fed as it was or chopped without affected to rate of cattle consumption. Sudaryanto (2017) calculated that each tree produces 22 palm fronds/year with its weight of 7 kg/plant that is estimated equally to 20 tons fresh palm fronds per year. Each palm frond yields 0.5 kg of leaves or equal to 658 kg dry matter/ha/year. Based on this estimation, each hectare of oil palm provides 5,872 kg green feed resources. These residues are left in the field between the rows of the palm trees, and thus can represent an alternative source of roughages for ruminants on daily basis. However, in the long term the OPFs left in the field will benefit the oil palm plantation, as the composted OPF could conserve and control soil erosion as well as recycling nutrients to the palm oil trees. It is, therefore, not recommended to remove all OPF from the palm oil plantation to be used as animal feed. Rahutomo et al. (2012) suggested that optimum balance should be achieved when approximately 50% of the OPF is left in the field and the rest could be used as animal feed.

Oil palm empty fruit bunch are generated after oil extraction and account for approximately 20-25% of the fresh fruit weight. It is used internally by many oil palm mills as solid fuels for steam boiler, but a large portion is put in the field to be biodegraded into

compost or is burned in the incinerators to clear the field. It has bulk density of 112 kg/m³ (Olisa & Kotingo 2014). Information on its utilization for animal feed is very limited.

Oil palm trunk is a raw material generated from rejuvenation palm oil plantation after termination of the palm oil growing period whose life span is usually of 25 years. There is an opposite polysaccharide composition between the upper (above the half height point) and the lower parts of the OPT. The upper part contains less lignocellulose (35%) and more starch (65%), while the lower part has 68% lignocellulose and 32% starch (Munir & Goenadi 1999). The major lignocellulosic component of the OPT are lignin (25%), hemicellulose (24%), and cellulose (33%). It was reported that the lignocellulose fiber of OPT is covered by silica bodies that are present in greater amount in lower part of the trunk. Meanwhile, the physico-chemical properties of OPT starch is generally similar to those of sago and tapioca starch (Ridwansyah et al. 2007). These characteristics indicate that upper part of the OPT should offer a greater promising source of feed. Palm pressed fibre or mesocarp is a fibrous residue generated from oil palm extraction of the oil palm fruits that approximately accounts for 13-15% of the fresh fruit bunch. It has indigestible fraction due to high lignin contents, and usually used as solid fuel by many palm oil mills.

Non-fibrous by-products

Palm oil mill effluent and palm kernel cake are non-fibrous by-products produced during the processing of palm oil extraction. Purification of the crude palm oil yield palm oil mill effluent (POME) which include various liquid, residual oil, suspended solid and other contaminant such as dirt. The suspended solid are typically cellulosic material generated from the palm oil fruits. More than 500 kg of liquid wastes, mainly in the form of POME, are discharged during the processing of 1.0 ton of fresh fruit bunches. Palm oil mill effluent has high nutrient contents and large oil palm plantation prefer to use it directly as fertilizer. Decanter that reduce the solids in the waste water before discharging into the ponds has been adopted by many palm oil mills and yield a pasty solid by-product as decanter cake.

Palm kernel cake is obtained after extraction process of palm kernel oil from the kernel of oil palm fruit either by mechanical process using expeller or by chemical extraction using solvent. Approximately 55-60 kg palm kernel cake are produced per tonne of oil palm fresh fruit bunches processed. It is classified as non-fibrous feed mainly due to its relatively high energy content with a moderate level of protein concentration.

NUTRITIONAL QUALITIES AND SUPPORT FOR SMALL RUMINANTS

Feeding value in ruminants is determined by the efficiency of feed utilization to meet the amount and balance of nutrients required by rumen microbes to digest and ferment the feed and the amount and balance of nutrients absorbed by the animals (Leng 1990). Thus, the feeding value is the result of complex interaction among the crude chemical composition and digestibility of a feed and the intake and metabolism of the animal.

Fibrous component

The composition of the fibrous component of fibrous palm oil by-products are shown in Table 1. This composition could significantly vary due to factors such as area of origin, growing condition and age of palm oil trees. The cellulose are the most abundant in all by-products followed by the hemicellulose. These two components are reinforced in a lignin matrix (Khalil et al. 2012) which make them difficult to be degraded by rumen microbial enzymes.

Macro and microminerals

In general, the two macrominerals that have greater significant effect on the animal production when they are deficient in the diet are calcium (Ca) and phosphorus (P). The Ca and P requirement of growing goats of 20 kg body weight and gain at 100 g/day are about 3 and 2.1 g/day, respectively (NRC 1981). When these requirement recommendations are used as a reference, it is clear that the availabilities of these two elements from all of the fibrous palm oil by-products do impose restriction in meeting the requirements, due to the low intake of these by-products (Table 2).

Palm oil mill effluent contained sufficient amount of Ca and P to meet the requirement for growth, but the Ca/P seems to be too low so that diet based on the POME should be supplemented with calcium to correct this Ca/P ratio to approximately 1.2-2.0. The content of Zn is within the acceptable range, but again due to the low intake of this fibrous by-products supplementation of Zn might be required. Zn is not stored in the tissue of the animal so that it must be available on the daily basis. Supplementation of Zn at 35 ppm in diet composed of 30% (DM) OPF and was the sole roughage in the diet improved the DM intake and daily gain of growing goats (Ginting et al. 2017a). The content of copper (Cu) in PPF and palm kernel cake (PKC) is high, but due to the limited intake of PPF, this high level of Cu might not be harmful. The case is

Table 1. Compositions of fibrous component of several palm oil by-products

Component	Fiber compositions					
	Fibrous by-products				Non-fibrous by-products	
	OPF ^a	OPT ^a	PPF ^b	EFB ^a	POME ^{ce}	PKC ^{df}
Cellulose	40-50	29-37	21.3	43-65	39.56	35.7
Hemicellulose	34-38	12-17	31.9	17-33	23.33	30.3
Lignin	20-21	18-23	26.9	13-37	25.06	15.6
NDF					40,1	62-64
ADF	-	-	-	-	44	31,6

Source: ^aKhalil et al. (2012); ^bHock et al. (2009); ^cHandayani et al. (1987); ^dSinurat (2003); ^eGinting et al. (1987); ^fMun et al. (2008); ^fSaka et al. (2008)

Table 2. Macro and micromineral compositions of some fibrous and non-fibrous by-products of palm oil plantation

Elements	Fibrous by-products				Non-fibrous by-products	
	OPF ^a	OPT ^a	PPF ^b	EFB ^a	POME	PKC ^c
Ca (%)	0.17	0.15	0.20-0.32	0.17	0.02-0.09	0.20-0.42
P (%)	0.08	0.05	0.10-0.27	0.11	1.08.-2.33	0.42-0.74
Mg (%)	0.12	0.13	0.10	0.13	0.11-0.23	0.21-0.39
K (%)	1.63	1.46	0.50	2.06	2.00	0.33-0.92
Zn (ppm)	38	94	9.80	37	157	3-413
Cu (ppm)	9	13	27.10	8	-	20-55
Fe (ppm)	1090	951	-	1076	-	356-755
Mn (ppm)	47	39	n.d	42	n.d	24-313
Pb (ppm)	7.37	5.33	0.50	7.67	0.50	-
Cd (ppm)	1.33	0.56	n.d	1.30	n.d	-

OPF: Oil palm fronds; OPT: Oil palm trunk; PPF: Palm pressed fibre; OPEFB: Oil palm empty fruit brunch; POME: Palm oil mill effluent; PKC: Palm kernel cake

Source: ^aKala et al. (2009); ^bHock et al. (2009); ^cHeuzé et al. (2016)

different for PKC with high potential intake by the small ruminants. When PKC are offered in large amount during long period of time in particular for sheep, it can cause Cu toxicity to sheep which is more sensitive than goats. Copper toxicity in sheep could occur when dietary concentration at about 30 ppm, while in goats, Cu toxicity might occur at Cu concentration of Cu >60 ppm (Grace 1991).

Caloric and protein values

The average energy values were relatively low in most of the fibrous by-products ranging from 960 to 1450 Kcal ME/Kg DM (Table 3). The values varied due to the different process applied to generate these products. As expected, the non-fibrous by-products contained greater metabolisable energy. The total fat content of OPF is relatively low, but its fat has high unsaturated fatty acids (Hassim et al. 2007). The ether extract contents were relatively high in POME and

PKC. Thus, utilization of fibrous by-products as roughage in diet supplemented with high level of POME might give detrimental effect on the fiber digestion by rumen microorganism due to the high level of ether extract in the diet.

Table 3. Average nutrient content of palm oil by-products

By-products	ME (Kcal/kg DM)	CP (%)	Ether extract (%)
OPF	1400	4.69	1.20
OPT	1450	4.81	1.10
PPF	960	5.90	5.80
EFB	-	3.70	3.20
POME	2002	13.50	12.30
PKC (solvent extracted)	2506	16.50	7.50

Source: Hassan et al. (1994); Idris et al. (1998); Dahlan (2000); Kala et al. (2009)

The protein content of the fibrous palm oil by-products are relatively low ranging from 3.7 to 5.9%. These low level of crude protein contents suggested additional basic nutritional constraint of those materials in supporting the crude protein requirement of the small ruminants. It is clear that crude protein content is less than or in the border line of crude protein level (6-7%) required to enhance rumen microbial fermentation and feed intake.

The protein content of PKC depends on the extraction process applied. The solvent-extracted PKC has 2-3% lower ether extract content than the expeller-pressed PKC, resulting in greater protein content. PKC is considered to be cheap protein meal as animal feed with relatively high in methionine but low in lysine and threonine content (Carvalho et al. 2006).

Digestibilities

The lignocellulosic materials of the fibrous by-products typically have very low digestibility due to the high content of cellulose, hemicellulose and lignin. Lignin is the most resistant to degradation, while cellulose is more resistant to degradation than hemicellulose due to its highly crystalline structure. Xylan, a sugar polymer made of pentose sugar xylose also contained in these materials in high concentration, and is more susceptible to hydrolysis due to its amorphous structure compared to cellulose. *In vitro* study (Hassim et al. 2010) indicated a lower digestibility of oil palm frond (OPF) when included at higher level in the substrates, although the effects of inclusion level diminished when the rumen fluid used in the *in vitro* study have been previously adapted to the OPF. This indicated the potential adaptation of microbial population to the diet.

In vitro DM digestibility of PPF was reported to be very low ranging from 16.6 to 21.5% (Obese et al. 2001) resulting in low caloric value of approximately 1007 Kcal ME/kg DM. High contents of cellulose, hemicellulose, and lignin might account for this low digestibility level. A part from being resistant to microbial degradation, lignin prevented other nutrients from being degraded by ruminal microbes. The digestibility of cellulose and hemicellulose in PPF might even be interfered by its high ether extract content. Obese et al. (2001) reported the PPF ether extract content of 26.9 to 35% and defatted PPF has higher DM digestibility (34.5%) compared to undefatted PPF (16.6%). In this experiment, the ether extract content was too high which disturbed rumen digestion. Care must be taken when fed PPF without any process.

Delignification of PPF with White-rot fungi decreased the lignin content by as much as 35% and increased *in vitro* biodegradability by 21% (Tong et al.

1993). Previous study in goats (Ho et al. 1996) showed that time required for the establishment of rumen bacteria and fungi colonization of PPF was similar to other several fibrous crop residues including oil palm trunk shavings, but the degradation of PPF was slow. High content of fat in PPF (5-8%) may interfere the digestion of fibre in ruminants.

Intake

The feed intake is influenced by both the animal status (age, physiological status, and sex of the animal) and the feed characteristics (chemical composition and physical characteristic), with the animal seemed to affect more and the intake of those fibrous palm oil by-products is generally restricted by the physical constraints that closely related to the rate and extend of degradation and the rate of rumen outflow. For typical of feed ingredients, the size of the soluble and the insoluble fractions are the most important factor that will determine the intake (Ørskov 1991). Thus, from the feed characteristic, poor fermentation rate, low disappearance rate and passage through the rumen would lower feed intake. Unfortunately, the solubility of those fibrous oil palm by-products is limited. The fibre from oil palm by-products have relatively low specific gravity (1.25-1.50 g/cm³) (Khalil et al. 2012) which is indicator of their voluminous matter that would limit the rate of feed intake. The non-fibrous by-products particularly as PKC actually have good palatability so that intake should not be a limiting factor (Chanjula et al 2010).

Energy support of palm oil by-products

The nutrients and energy obtained by consuming feed is used mainly for maintenance and production. The nutrient and energy requirements for these both activities widely vary due to many factors such as body composition, physiological status, breed as well as environmental factors. To evaluate the nutritional support of feed to animal production, it requires a data base on nutrient requirements of the animal. In the case of goat nutrient requirements, some publication are available that could be used as references (Sahlu et al. 2004). The metabolizable energy (ME) requirement for growing goat of 15 kg body weight and gain at 100 g/day is predicted at 1377 Kcal/day (Sahlu et al. 2004). The average ME requirement for entire pregnancy period (BW 40 kg; 1.5 kid) and for lactation 1 milk/day calculated from Sahlu et al. (2004) to be 1100 and 414 Kcal/day, respectively. The predicted ME contribution relative to ME requirement of several palm oil by-products when fed as sole diet to growing goats, pregnant and lactating does are presented in Figure 1, 2, and 3. It is shown that none of the palm oil

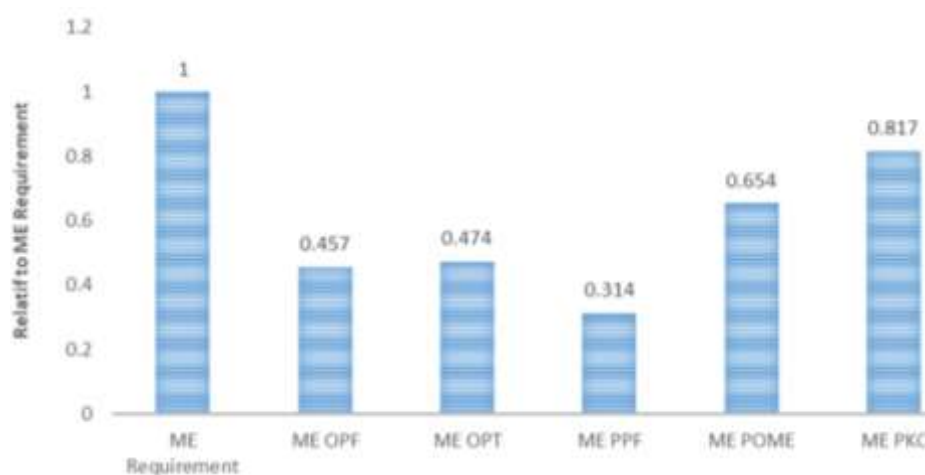


Figure 1. Estimated ME contribution/ME requirement of palm oil by-products when fed as sole diet to growing goat 15 kg BW, ADG of 100 g/day and feed intake at 3.5% BW (DM)

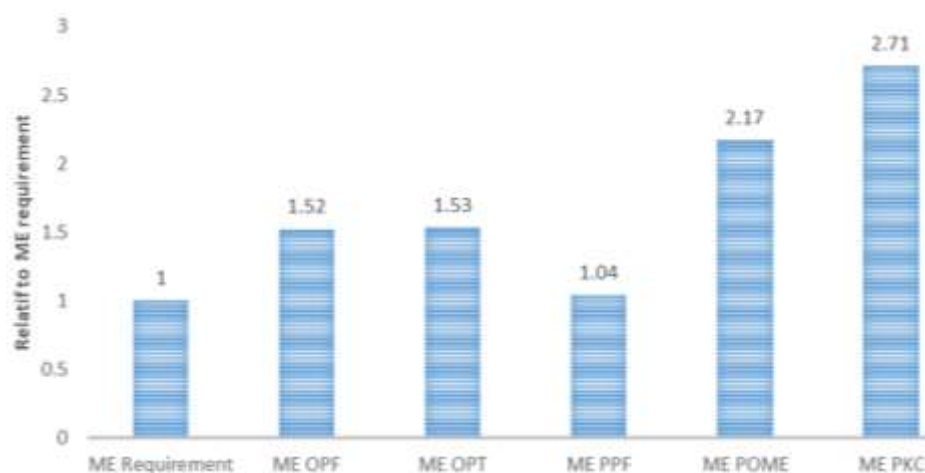


Figure 2. Estimated ME contribution/ME requirement of palm oil by-products when fed as sole diet to pregnant does of 40 kg with feed intake of 3.5% BW (DM)

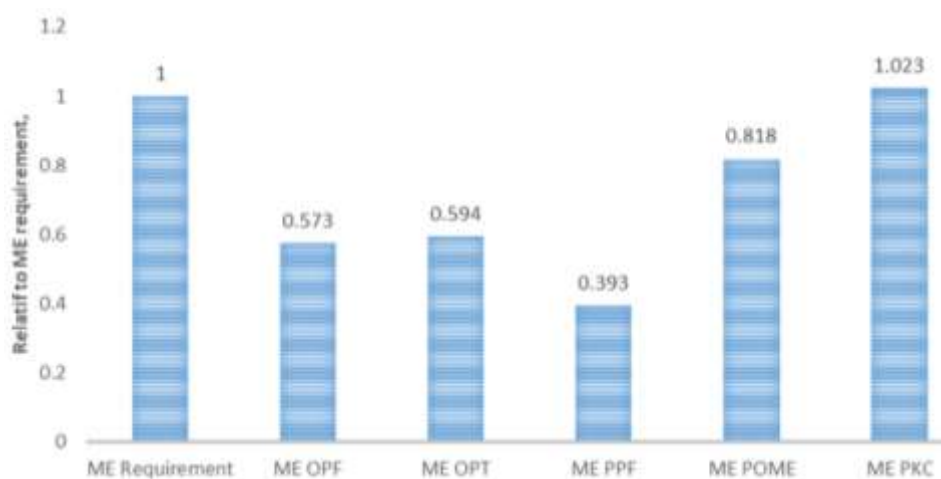


Figure 3. Estimated ME contribution/ME requirement of palm oil by-products when fed as sole diet to 40 kg lactating does producing 1 l milk/day with 3.5% fat content

by-products could meet the ME requirement for growing goats that are expected to gain at the rate of 100 g/day. The contribution of the metabolisable energy might be even lower when the real intake of those fibrous by-products is most probably lower than that assumed in this calculation.

Utilization of plantation by-products as feed for small ruminants

The fibrous by-products as feed ingredients for ruminants have typical problems that must be addressed i.e. transportation to the animal farm (logistic aspect), the amount of the biomasses that should be retained in the field for nutrient recycling for the benefit of the palm oil trees, and their significant nutritional constraints. Due to their nutritional limitation almost all of the fibrous palm oil by-products could be used only as the sources of roughages that would contribute some metabolizable energy required by the animals. As roughage, they may also be important in supporting optimum physiological digestive function of the reticulo-rumen. Therefore, to achieve a high level of production, they should not be used as a sole feed in ruminants.

Inclusion of OPF at 25% in total mixed ration did not affect the intake and ADG in sheep and cause the reduction of carcass fat content and total subcutaneous fat. However, increasing the inclusion rate to 50% resulted in poorer ADG, decreased total carcass yield and subcutaneous fat but increased the amount of the n-3 PUFA in the body tissue of goats (Ebrahimi et al. 2013). Similar effects on carcass fat was detected in sheep offered high level of OPF (Goh 2002; Mahgoub et al. 2007). *In vitro* studies (Hassim et al. 2010) showed that increasing the level of OPF inclusion in diets linearly decreased total SCFA, increased the acetate and decreased propionate molar proportion and increased biohydrogenation of fatty acid and CH₄ production. Zain et al. (2008) found that feed intake, fermentation rate and ADG in sheep were less when elephant grass was replaced by ammoniated PPF at 50% inclusion rate in total mixed ration. This indicated that the optimum level of ammoniated PPF in the diet should be less than 50% on DM basis.

Due to complex structure of the lignocellulosic biomass cell wall, pretreatment is required to alter their structural and chemical compositions and to facilitate rapid and efficient hydrolysis of carbohydrates to fermentable sugars. Combination of physical, chemical, and thermal pretreatments to increase the enzymatic hydrolysis of oil palm empty fruit bunch (OPEFB) in the ruminant could be a promising method to increase its values as animal feed. This is indicated in the study of Ariffin et al. (2008) showing that the production of reducing sugars from enzymatic saccharification of

chemically and thermal pretreated OPEFB was nine times higher than untreated OPEFB. Although technically the method could be feasible for large scale feed production, the economic feasibility needs to be considered. The recommended optimal inclusion level of palm oil by-products is presented in Table 4. Among all by-products from oil palm plantation, PKC was the most widely studied and has been used in animal production. Although the fiber content of PKC could be relatively high especially when contaminated by nut shell, basically this by-products could be classified as non-fibrous feed ingredient. Thus, in addition of the level of nut shell contamination, the concentration of fat and Cu may limit the rate of utilization as feed for ruminants, particularly sheep. The Cu content of PKC is between 20-55 ppm. In long term feeding, high level of PKC inclusion in diet can cause Cu toxicity in sheep.

Table 4. Suggested level of inclusion of palm oil by-products for reasonable production level of goats

Item	Levels of inclusion in diets (% DM)			
	Growing ^a	Mature ^a	Pregnant ^b	Lactating ^b
OPF	20-30	30	20	10
OPT	20	50	-	-
PPF	10	20	-	-
EFB	-	-	-	-
POME	10-15	40	20	15
PKC	10-15	30-50	30	30

OPF: Oil palm frond; OPT: Oil palm trunk; PPF: Palm pressed fiber; EFB: Empty Fruit Bunch; POME: Palm oil mill effluent; PKC: Palm kernel cake

Source: Alimon (2004); Chanjula et al. (2010); Hassim et al. (2010); ^aGinting et al. (2017a); Ebrahimi et al. (2013); ^bIndonesia Goat Research Institute (2017)

Chanjula et al. (2010) observed in goats that inclusion levels of PKC in diet from 15 to 55% had no effect on feed intake, but found that significant decreases in apparent digestibility of DM, OM, CP, NDF, and ADF occurred at the inclusion level of 45 or 55%. At those inclusion levels, it was also reported that the rumen protozoal population was significantly reduced. Thus, this study concluded that the optimum level of PKC inclusion in goat diet should range from 15-35%. Others, however, reported that goats are less sensitive than sheep to the high Cu content of PKC, so that the inclusion level in diets could be at wider ranges. Another limitation of PKC utilization as feed, in particular for young animals are its potential contamination by the nut shell. Observation in the weaned goat flock at the Indonesia Goat Research Institute (Figure 4) showed the intact nut shell

remained in the digestive tract of weaned goat fed concentrate feed containing PKC. This figure indicated that the nut shell have not been digested at all. The maximum utilization of PKC should be achieved for all class of sheep and goats if the nut shell contamination could be minimized.

Ginting et al. (2017b) has used OPF as the sole source of roughage in a total mixed ration with crude protein level of 16-18% and metabolizable energy level of 2650-2850 Kcal/kg DM for growing Boerka goats (Boer × Kacang crossed) and found that inclusion of OPT at 30% (DM) resulted in good daily gain (97-110 g/day).



Figure 4. Intact nut shell remained in the digestive tract of weaned goat offered concentrate feed containing PKC

Source: Indonesia Goat Research Institute (2017)

FUTURE CHALLENGES AND OPPORTUNITY

Pretreatments (physical, chemical, and biological methods) have been suggested as means for improving the nutritive qualities of ligno-cellulosic materials. The ultimate goal of such procedures is to increase the digestible organic matter intake of those materials so that the supply of nutrient for fermentation process in the rumen and absorption and utilization by the animal tissues are optimal. The effects of pretreatments on the degradation and digestibility of oil palm fibrous by products and intake and performances of ruminants varied as they are affected by many factors and the application is limited. It might be concerned that direct use of most of the oil palm by-products has some serious limitation for practical application either for smallholders or commercial livestock operations. Although physical, chemical, thermal, biological treatments, or combination of these treatments have

proven to increase their DM digestibility, their application vary from low to moderate levels. The physical characteristics (fiber length, diameter, lumen with, density, and fibril angel) and mechanical characteristics (tensile strength, elongation at break) of fiber found in oil palm biomass residues vary greatly (Khalil et al. 2012). How these characteristics could be manipulated for optimal used as animal feed by increasing digestibility, lag time before the start of fermentation, a shift of a portion of its organic matter portion from slowly digested to the rapidly digested pool and increasing rate of digestion of the slowly digested pool is challenging. The adoption of the pretreatment technologies thus might be limited to large scale animal operations only. Although increased digestible organic matter intake from these materials could be expected by performing pretreatments, but the economic and technical feasibility should be serious concern. A wider adoption of those methods might be expected if there is a greater economic value of animal products that could be generated from such a feeding system. In this case, commercial small ruminant operations that focused on the exporting live animals might be prospective.

CONCLUSION

The capacity of nutritional support of palm oil residues and by-products on small ruminant production are various. Those feed ingredients categorized as fibrous feed seemed to be unable to fulfill the metabolizable energy requirement for high growth rate, and lactation, but they were adequate for pregnancy. In the concentrate feed, only palm kernel cake has the capacity in supporting the requirement of metabolizable energy for lactating, and both palm kernel cake (PKC) and palm oil mill effluent (POME) are insufficient to support the ME requirement for high growth rate of small ruminant. The crude protein contents of those fibrous feed ingredients seemed to be sufficient for maintaining the rumen function at best, but the crude protein content of PKC and POME are greater in supporting higher production rate. Palm oil mill effluent and PKC contained sufficient amount of Ca and P to meet the requirement for growth, but the Ca/P seems to be too low so that diet based on POME should be supplemented with Ca to correct this Ca/P ratio to approximately 1.2-2.0.

REFERENCES

- Abdullah MA, Nazir MS, Wahjoedi BA. 2011. Development of value-added biomaterials from oil palm agro-waste. In: 2nd International Conference on Biotechnology and Food Science. IPCBEE. Vol. 7. Singapore (Singapore): IACSIT Press. p. 32-34.

- Alimon AR. 2004. The nutritive value of palm kernel cake for animal feed. *Palm Oil Dev Malaysian Oalm Oil Board*. 40:12-16.
- Ariffin H, Hassan MA, Kalsom MSU, Abdullah N, Shirai Y. 2008. Effect of physical, chemical and thermal pretreatments on the enzymatic hydrolysis of oil palm empty fruit bunch (OPEFB). *J Trop Agric food Sci*. 36:1-10.
- Carvalho LPF, Cabrita ARJ, Dewhurst RJ, Vicente TEJ, Lopes ZMC, Fonseca AJM. 2006. Evaluation of palm kernel meal and corn distillers grain in corn silage-based diets for lactating dairy cows. *J Dairy Sci*. 89:2705-2715.
- Chanjula P, Mesang A, Pongprayoon S. 2010. Effect of dietary inclusion of palm kernel cake on nutrient utilization, rumen fermentation characteristics and microbial populations of goats fed *Paspalum plicatulum* hay-based diet. *Songklanakarin J Sci Technol*. 32:527-536.
- Dahlan I. 2000. Oil palm frond, a feed for herbivores. *Asian-Aus J Anim Sci*. 13:300-303.
- Ebrahimi M, Rajion MA, Goh YM, Sazili AQ, Soleimani AF, Jahromi MF. 2015. Feeding oil palm (*Elaeis guineensis* jacq) fronds alters rumen protozoal population and ruminal fermentation pattern in goats. *Ital J Anim Sci*. 14:403-409.
- Ebrahimi M, Rajion MA, Goh YM, Sazili AQ, Soleimani AF, Schonewille JT. 2013. Oil palm (*Elaeis guineensis* jacq) fronds feeding of goats in the humid tropics. *J Anim Vet Adv*. 12:431-438.
- Ginting SP, Antonius, Simanihuruk K. 2017a. Supplementation of inorganic and organic zinc mixtures in feed of Boerka goats fed palm oil fronds. *IJAVS*. 22:51-56.
- Ginting SP, Handayani SW, Ketaren PP. 1987. Utilization of palm kernel cake for sheep production. In: Hutagalung RI, Peng CC, Embong WM, Theem LA, Sivarajasingam S, editors. *Advances in Animal Feeds and Feeding in the Tropics. Proceedings 10th Annual Conference of the Malaysian Society Animal Production*. Pahang (Malaysia): Malaysian Society Animal Production. p. 235-239.
- Ginting SP, Simanihuruk K, Antonius, Tarigan A. 2017b. Growth and feed utilization of Boer × Kacang crossbred goats offered total mixed rations of different protein and energy levels. *IJAVS*. 22:188-195.
- Goh YM. 2002. Dietary manipulation using oil palm (*Elaeis guineensis*) frond to increase the unsaturated fatty acid content of mutton under tropical conditions [PhD Thesis]. [Selangor (Malaysia)]: University Putra Malaysia.
- Grace ND. 1991. Micromineral kinetics and animal requirement. In: Ho YW, Wong HK, Abdullah N, Tajuddin ZA, editors. *Recent Advances on the Nutrition of Herbivores. Proceeding 3rd International Symposium on the Nutrition of Herbivores*. Johor (Malaysia): Malaysian Society of Animal Production. p. 153-162.
- Handayani SW, Ginting SP, Ketaren PP. 1987. Effects of supplementation of palm oil mill effluent for sheep fed a basal diet of native grass. In: Hutagalung RI, Peng CC, Embong WM, Theem LA, Sivarajasingam S, editors. *Advances in Animal Feeds and Feeding in the Tropics. Proceedings 10th Annual Conference of the Malaysian Society Animal Production*. Pahang (Malaysia): Malaysian Society Animal Production. p. 292-294.
- Hassan OA, Shukri IM, Tajuddin ZA. 1994. Oil palm fronds as a roughage feed source for ruminants in Malaysia. Malaysia: Food and Fertilizer Technology Centre.
- Hassim HA, Goh YM, Noordin MM, Rajion MA. 2007. Oil palm fronds and ruminant fat. In: *Proceeding of EU-Asia Link Project Symposium on Current Research on Feeds and Feeding of Ruminants in Tropical Countries*. Bangkok (Thailand). p. 14-18.
- Hassim HA, Lourenco M, Goel G, Vlaeminck B, Goh YM, Fievez V. 2010. Effect of different inclusion levels of oil palm fronds on in vitro rumen fermentation pattern, fatty acids metabolism and apparent biohydrogenation of linoleic and linolenic acid. *Anim Feed Sci Technol*. 162:155-158.
- Heuzé V, Tran G, Sauvant D, Noblet J, Renaudeau D, Lebas F. 2016. Palm kernel meal. *Feedipedia*, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Available from: <https://www.feedipedia.org/node/43> Last updated on March 23, 2016, 11:59
- Ho YW, Abdullah N, Jalaludin S. 1996. Microbial colonization and degradation of some fibrous crop residues in the rumen of goats. *Aust-Asian J Anim Sci*. 9:519-524.
- Hock LS, Baharudin AS, Ahmad MN, Shah UKM, Rahman NAA, Aziz SA, Hassan MA, Shirai Y. 2009. Physicochemical change in windrow co-composting process of oil palm mesocarp fiber and palm oil mill effluent anaerobic sludge. *Aust J Basic App Sci*. 3:2809-2816.
- Idris MS, Mohamad AF, Ismail D. 1998. Utilization of oil palm by-products as livestock feed. In: Darus A, Dolmat MT, Ismail S, editors. *Proceeding National Seminar on Livestock and Crop Integration in Oil Palm*. Johor (Malaysia): Palm Oil Research Institute of Malaysia. p. 77-64.
- Indonesia Goat Research Institute. 2017. Formula pakan kambing. Sei Putih (Indonesia): Indonesia Goat Research Institute. (unpublished).
- Kala DR, Rosenani AB, Fauziah CI, Thohirah LA. 2009. Composting oil palm wastes and sewage sludge for use in potting media of ornamental plants. *Malaysian J Soil Sci*. 13:77-91.
- Khalil AHPS, Jawaid M, Hassan A, Paridah MT, Zaidon A. 2012. Oil palm biomass fibers and recent

- advancement in oil palm biomass fibers based hybrid biocomposites. Creativecommons [Internet]. Available from: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>
- Leng RA. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical condition. *Nut Res Rev.* 3:277-303.
- Mahgoub O, Kadim IT, Al-Busaidi MH, Annamalai K, Al-Saqri NM. 2007. Effects of feeding ensiled date palm fronds and a by-product concentrate on performance and meat quality of Omani sheep. *Anim Feed Sci Technol.* 135:210-221.
- Mun WK, Rahan NAA, Abd-Aziz S. 2008. Enzymatic hydrolysis of palm oil mill effluent solid using mixed cellulases from locally isolated fungi. *Res J Microbiol.* 3:474-481.
- Munir E, Goenadi DH. 1999. Bioconversion of oil palm trunk derived lignocellulose to reducing sugar. *Menara Perkebunan.* 67:37-44.
- NRC. 1981. Nutrient requirement of goats: Angora, dairy and meat goats in temperate and tropical countries. Washington DC (US): National Academy of Science.
- Obese FY, Osafo ELK, Okai DB. 2001. Evaluation of the feeding value of palm press fibre using *in vitro* digestibility techniques. *Trop Anim Heal Prod.* 33:165-172.
- Olisa YP, Kotingo KW. 2014. Utilization of palm empty fruit bunch (PEFB) as solid fuel for steam boiler. *Eur J Eng Technol.* 2:1-7.
- Ørskov ER. 1991. Progress in predicting protein and energy supply and requirement in ruminant with emphasis on tropical condition. In: Ho YW, Wong HK, Abdullah N, Tajuddin ZA, editors. Recent Advances on the Nutrition of Herbivores. Proceeding 3rd International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Johor (Malaysia): Malaysian Society of Animal Production. p. 19-26.
- Rahutomo S, Darmosarkoro W, Panjaitan FR, Sutarta ER, Yusuf MA, Leylana VD, Yudanto BG, Purba A, Siahaan D, Erwinsyah, Lydiasari H. 2012. Integrasi sawit, sapi & energi. Medan (Indonesia): Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Ridwansyah MZ, Nasution TC, Sunarti, Fauzi AM. 2007. Karakteristik sifat fisiko-kimia pati kelapa sawit. *J Teknol Indonesia Pertanian.* 1:1-6.
- Sahlu T, Goetsch AL, Luo J, Nsahlai I V, Moore JE, Galyean ML, Owens FN, Farrel CL, Johnso ZB. 2004. Nutrient requirement of goats: Developed equations, other considerations and future research to improve them. *Small Rumin Res.* 53:191-219.
- Saka S, Munusamy MV, Shibata M, Tono Y, Miyafuji H. 2008. Chemical constituents of the different anatomical parts of the oil palm (*Elaeis guineensis*) for their sustainable utilization. In: Seminar Proceedings Natural Resources and Energy Environment. JSPS-VCC Program on Environmental, Science, Engineering and Ethics. Kyoto, 24-25 November 2008. Kyoto (Japan): Kyoto University and Universiti Sains Malaysia. p. 19-34.
- Sinurat AP. 2003. Pemanfaatan lumpur sawit untuk bahan pakan unggas. *Wartazoa* 13:39-47.
- Sudaryanto T. 2017. Palm oil and beef cattle integration system: A strategy to accelerate beef production in Indonesia [Internet]. Available from: http://ap.ffmpeg.org/ap_db.php?id=732&print=1
- Tong CC, Chew SL, Wahab MN. 1993. Delignification of palm-press fibre by white-rot fungi for enzymatic saccharification of cellulose. *Pertanika J Trop Agric Sci.* 16:193-199.
- Zahari MA, Zakaria MR, Ariffin H, Mokhtar MN, Salihon J, Shirai Y, Hassan MA. 2012. Renewable sugars from oil palm frond juice as an alternative novel fermentation feedstock for value-added products. *Bioresour Technol.* 110:566-571.
- Zain M, Sutardi T, Suryahadi, Ramli N. 2008. Effect of defaunation and supplementation methionine hydroxyl analogue and branched-chain amino acid in growing sheep diet based on palm press fibre ammoniated. *Pk J Nutr.* 7:813-816.

INDEKS SUBJEK

- African horse sickness* 153
Androgen 13
Androgen reseptor 13
Antibakteri 175
Antibiotika 33
Apolipoprotein 139
Ayam 175
Ayam pedaging 107, 161
Ayam SenSi-1 Agrinak 51
Bakteri pathogen 33
Bakteriofaga 33
Brucellosis 81
Bungkil inti sawit 119
Cemaran 41
Deteksi 81
Diagnosis 153
Distribusi 51
DNA 81
Domba 189
Ekstrak tanaman 107
Entok 129
Enzim 119
Fertilitas pejantan 13
Foodborne disease 23
Hasil samping 189
Imbuhan pakan 107
Inbreeding 1
Inovasi 69
Insekta 161
Inseminasi buatan 1
Itik Serati 129
Kambing 189
Kelapa sawit 189
Kemitraan 61
Kerbau 1
Kesehatan hewan 89
Kualitas daging 129
Kuda 153
Laboratorium lapang 69
Lahan bekas tambang 41
Lahan peternakan 41
Lahan suboptimal 61
Lisozim 175
Logam berat 41
Mikoremediasi 41
Mikroba 119
Molekuler 81
Nanopartikel 107
Nutrien 189
Outbreeding 1
Pembibitan 199
Pengendalian 153
Penggemukan 61
Penyebaran penyakit 153
Peptida 89, 175
Pertumbuhan 129
Produksi 23, 51
Produksi ternak 89
Produktivitas 1
Program 199
Protein asal ternak 23
Putih telur 175
Ransum 161
Sapi 81, 99
Sapi Bali 61
Sapi potong 69
Sapi potong lokal 199
Seleksi 51, 129
Share 23
Spermatogenesis 13
Suhu tubuh 99
Sumber daya lokal 61
Surra 139
Termografi inframerah 99
Trypanosoma evansi 139
Trypanosomiasis 139
Unggas 119
Zn 107
Zoonosis 139

SUBJECT INDEX

- African horse sickness 153
Androgen 13
Androgen reseptor 13
Animal health 89
Antibacterial 175
Antibiotics 33
Apolipoprotein 139
Artificial insemination 1
Bacteriophage 33
Bali cattle 61
Beef cattle 69
Body temperature 99
Breeding 199
Broiler 107, 161
Brucellosis 81
Buffaloes 1
By-products 189
Cattle 81, 99
Chicken 175
Contamination 41
Control 153
Detection 81
Diagnose 153
Diet 161
Disease transmission 153
Distribution 51
DNA 81
Egg white 175
Farmland 41
Fattening 61
Feed additive 107
Field laboratory 69
Foodborne disease 33
Goat 189
Growth 129
Heavy metal 41
Horse 153
Inbreeding 1
Infrared thermography 99
Innovation 69
Insect 161
Livestock production 89
Local beef cattle 199
Local resources 61
Lysozyme 175
Male fertility 13
Meat quality 129
Microbes 119
Molecular 81
Mule ducks 129
Muscovy ducks 129
Mycoremediation 41
Nanoparticle 107
Nutrients 189
Outbreeding 1
Palm kernel cake 119
Palm oil 189
Partnership 61
Pathogen bacteria 33
Peptide 89, 175
Performance 119
Plant extract 107
Post-mining land 41
Poultry 119
Production 51, 23
Productivity 1
Program 199
Protein from livestock 23
Selection 51, 129
SenSi-1 Agrinak chicken 51
Share 23
Sheep 189
Spermatogenesis 13
Suboptimal area 61
Surra 139
Trypanosoma evansi 139
Trypanosomiasis 139
Zn 107
Zoonosis 139

INDEKS PENULIS (*AUTHOR INDEX*) WARTAZOA VOLUME 28

A Jayanegara 107	KR Pond 189
A Priyanti 23	Lisa Praharani 1
A Tarigan 189	M Saepullah 153
April H Wardhana 139	Mohammad Hasil Tamzil 129
Atik Ratnawati 153	NLPI Dharmayanti 153
Cecep Hidayat 107, 161	Priyono 23, 61
D Priyanto 61	Riza Zainuddin Ahmad 41
DH Sawitri 139	RSG Sianturi 1
DN Faridah 175	S Gustina 13
E Wina 107	Simon P Ginting 189
Endang Romjali 69, 199	Sofjan Iskandar 51
Eni Kusumaningtyas 89, 175	Sumiati 107
Hadriana Bansi 99	Susan M Noor 81
Hasbi Hasbi 13	Syahrizal Nasution 175
HD Kusumaningrum 175	Tati Ariyanti 33
I Sendow 153	Tiurma Pasaribu 119
K Simanihuruk 189	

UCAPAN TERIMA KASIH

Dewan Penyunting Wartazoa mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para pakar yang telah berperan sebagai mitra bestari pada penerbitan Wartazoa Volume 28 Tahun 2018, masing-masing kepada:

1. Prof. Dr. Tjeppy D Soedjana, MS : Ekonomi Pertanian – Puslitbang Peternakan
2. Prof. Dr. Gono Semiadi : Pengelolaan Satwa Liar – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
3. Prof. Dr. Edy Rianto : Ilmu Ternak Potong dan Kerja – Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro
4. Dr. Agr. Asep Anang, MPhil. : Pemuliaan Ternak – Fakultas Peternakan, Universitas Padjajaran
5. Dr. Ir. VM Ani Nurgiantiningsih, MSc. : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya
6. Prof. Dr. Ismeth Inounu, MS : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Puslitbang Peternakan
7. Prof. Dr. Budi Haryanto : Pakan dan Nutrisi Ternak – Balai Penelitian Ternak
8. Prof. Dr. Subandriyo, MSc. : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Balai Penelitian Ternak
9. Prof. Dr. Sofjan Iskandar, MSc. : Pakan dan Nutrisi Ternak – Balai Penelitian Ternak
10. Prof. Dr. Ir. Panca Dewi Manu Hara Karti Soewondo, MSi. : Ilmu dan Teknologi Tumbuhan Pakan dan Pastura – Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor
11. Prof. Dr. Ir. Ronny R Noor, MRur.Sc. : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor
12. Prof. Dr. Upik Kesumawati : Parasitologi & Entomologi Kesehatan Veteriner – Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor
13. Dr. Bess Tiesnamurti, MSc. : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Puslitbang Peternakan
14. Dr. Drh. Yulvian Sani : Patologi dan Toksikologi – Balai Besar Penelitian Veteriner
15. Dr. Dra. Mb Tresnawati Purwadaria : Bioteknologi Pertanian – Balai Penelitian Ternak
16. Ir. Bambang Setiadi, MS : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Balai Penelitian Ternak
17. Dr. Tike Sartika : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Balai Penelitian Ternak
18. Dr. Anneke Anggraeni, MSi. : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Balai Penelitian Ternak
19. Dr. Drh. Ni Wayan Kurniani Karja, MP : Bioteknologi Reproduksi – Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor

Semoga kerjasama yang baik dapat terus berlangsung di masa-masa yang datang untuk lebih meningkatkan kualitas Wartazoa.

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

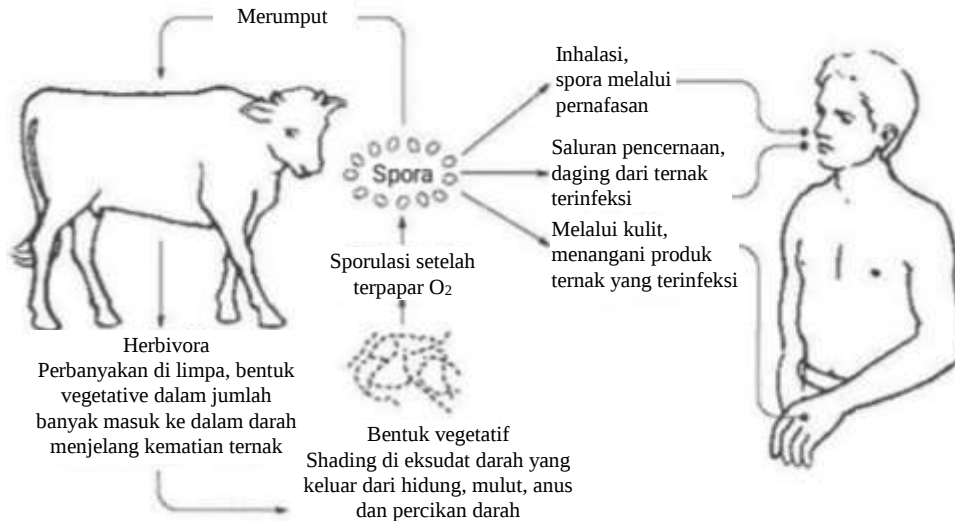
td: Data tidak tersedia; BKLT: Berat kering tanpa lemak

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

To:

Editorial Office of WARTAZOA

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan

Jl. Raya Pajajaran Kav. E-59, Bogor 16128

Telp.:(0251) 8322185; Fax. (0251) 8380588; E-mail: wartazoa@litbang.pertanian.go.id; wartazoa@yahoo.co.id

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

Registered in:

