

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

Terakreditasi Kemenristekdikti
Keputusan Menteri Ristek/BRIN
No. 85/M/KPT/2020

WARTAZOA

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

Volume 30
Nomor 4
Desember 2020



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

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 30 Nomor 4 Tahun 2020

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 Ahli Utama – Balai Penelitian Ternak – Pakan dan Nutrisi Ternak)

Wakil Ketua:

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

Anggota:

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

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

Dr. Ir. Bess Tiesnamurti, MSc. (Peneliti Ahli Utama – Puslitbangnak – Pemuliaan dan Genetika Ternak)

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

Ir. Mariyono, MSi. (Peneliti Ahli Madya – Loka Penelitian Sapi Potong – Pakan dan Nutrisi Ternak)

Dr. Drh. Susan Maphiliandawati Noor, MVSc. (Peneliti Ahli Madya – Balai Besar Penelitian Veteriner – Bakteriologi)

Ir. Juniar Sirait, MSi. (Peneliti Ahli Madya – Loka Penelitian Kambing Potong – Pakan dan Nutrisi Ternak)

Dr. Wisri Puastuti, SPT., MSi. (Peneliti Ahli 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.
Ivoni Christyani Sembiring, SSos.
Pringgo Pandu Kusumo, AMd.
Muhamad Indra Fauzy, AMd.

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

Sebagai negara tropis, suhu tinggi yang menyebabkan stres panas di Indonesia menjadi masalah penting yang sangat merugikan bagi peternak karena menurunkan kinerja produksi, kesehatan dan menyebabkan kematian ayam broiler. Dalam kondisi stres panas, ayam broiler akan mensintesis *Heat Shock Protein* (HSP) dengan cepat sebagai respons tubuh terhadap stres panas. Ekspresi gen HSP70 akan menurun bila ayam broiler yang mengalami stres panas diberi perlakuan nutrisi. Oleh sebab itu, pendekatan nutrisi dapat digunakan sebagai metode untuk mitigasi stres panas pada ayam broiler dengan ekspresi gen HSP70 sebagai indikatornya.

Selain suhu panas, perubahan lingkungan yang meningkatkan gas metana dan menurunkan efisiensi pakan juga sangat merugikan. Oleh sebab itu, efisiensi pakan sangat penting dilakukan pada ternak perah karena dapat meningkatkan produksi dan kualitas susu, serta menurunkan emisi metana pada lingkungan. Salah satu strategi peningkatan efisiensi pakan yaitu dengan menggunakan *rumen modifier*. Minyak atsiri dengan kemampuannya sebagai anti mikroba telah digunakan sebagai *rumen modifier* dan dapat menghambat proses metanogenesis, dan meningkatkan kadar asam propionat serta efisiensi penggunaan energi dan protein lolos rumen pada ternak perah.

Perubahan iklim ditandai dengan kenaikan suhu, kekeringan dan peningkatan CO₂ juga mempengaruhi produksi tanaman pakan sehingga perlu strategi yang tepat dalam pengembangan tanaman pakan ternak untuk menghadapi perubahan iklim. Strategi adaptasi dilakukan dengan manajemen budidaya tanaman pakan diantaranya dengan pemilihan waktu tanam, panen dan irigasi serta seleksi tanaman pakan ternak yang adaptif melalui pemuliaan.

Dalam penelitian dan pengujian, hewan coba memiliki peran penting karena digunakan sebelum teknologi diterapkan pada manusia guna meningkatkan kesehatan manusia dan hewan. Pemanfaatan hewan dalam penelitian harus seimbang antara ilmu pengetahuan dengan nilai-nilai etika kesejahteraan hewan (kesrawan). Penerapan klirens etik hewan di Indonesia dalam riset telah banyak dipersyaratkan di berbagai institusi, namun menghadapi beberapa kendala dalam implementasinya sehingga perlu terus diupayakan agar penerapan klirens etik hewan semakin baik.

Non-typhoid Salmonella (NTS) adalah bakteri patogen penyebab gastroenteritis pada manusia yang ditularkan melalui hewan dan produk hewan terkontaminasi. Kasus infeksi NTS pada manusia telah banyak dilaporkan di dunia, tetapi masyarakat Indonesia umumnya lebih mengenal *typhoid Salmonella* dari pada NTS. Pengendalian infeksi NTS sulit dilakukan tetapi penerapan biosekuriti yang ketat di peternakan serta pencegahan kontaminasi produk ternak dan turunannya melalui surveilans dan monitoring dapat mencegah penularan NTS pada manusia.

Semoga informasi singkat isi Wartazoa nomor 4 ini bermanfaat bagi para pembaca, pelaku usaha dan pemangku kebijakan dalam bidang peternakan.

Bogor, Desember 2020

Ketua Dewan Penyunting

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 30 Nomor 4 (Desember 2020)

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

DAFTAR ISI	Halaman
Abstrak Wartazoa (Current Content) Vol. 30	i-v
Mitigasi Stres Panas pada Ayam Broiler dengan Ekspresi Gen <i>Heat Shock</i> Protein 70 sebagai Indikatornya (Mitigation of Heat Stress in Broiler Chickens with Heat Shock Protein 70 Gene Expression as its Indicator) Cecep Hidayat, Komarudin dan E Wina	177-188
Pemanfaatan Minyak Atsiri sebagai <i>Rumen Modifier</i> pada Sapi Perah (The Use of Essential Oils as Rumen Modifier in Dairy Cows) Dewi Ayu Ratih Daning, C Hanim, BP Widyobroto dan LM Yusiati	189-200
Strategi Adaptasi Tanaman Pakan Ternak terhadap Perubahan Iklim (Adaptation Strategy of Forage Crops to Climate Change) Harmini dan A Fanindi	201-210
Kesejahteraan Hewan dalam Penelitian: Penerapannya dan Klirens Etik (Animal Welfare in Research: Implementation and Ethical Clearance) Sutiastuti Wahyuwardani, SM Noor dan B Bakrie	211-220
<i>Non-Typhoid Salmonella</i> Penyebab <i>Foodborne Diseases</i> : Pencegahan dan Penanggulangannya (Non-Typhoid Salmonella Causes Food-borne Diseases : Prevention and Control) Engki Zelpina dan SM Noor	221-229
Indeks Subjek	231
Subject Index	232
Indeks Penulis (Author Index)	233
Ucapan Terima Kasih	234

WARTAZOA ISSN 0216-6461 Date of issue 2020-12-31 The descriptors given are key words. These abstract sheets may be reproduced without permission or charge	
UDC 578.834 Dharmayanti NLPI (IRCVS, Bogor) Nurjanah D (IRCVS, Bogor) A Review on Coronaviruses: The Infectious Agent in Animals and Human (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> March 2020, Vol. 30 No. 1, p. 1-14 Coronavirus is a non-segmented, positive-stranded RNA virus with four main structural proteins, namely Spike (S), Membrane (M), Envelope (E), and Nucleocapsid (N) proteins. Coronavirus can cause diseases in the respiratory and digestive tract, as well as in central nervous system of animals and humans. There are four genera in the Orthocoronavirinae subfamily, including <i>Alphacoronavirus</i>, <i>Betacoronavirus</i>, <i>Gammacoronavirus</i>, and <i>Deltacoronavirus</i>. <i>Alphacoronavirus</i> and <i>Betacoronavirus</i> are commonly found in mammals, while <i>Gammacoronavirus</i> and <i>Deltacoronavirus</i> are found to infect birds and mammals. Until 2018, zoonoses coronaviruses consisted of SARS-CoV and MERS-CoV. Coronavirus became worldwide concern after it was identified as the cause of the pneumonia outbreak occurred at the end of 2019 in China. The coronavirus is associated with the fish market in Wuhan, then the disease is called COVID-19 (Coronavirus Infectious Diseases-19) caused by SARS-CoV-2. Virus SARS-CoV-2 has infected >1.6 million people around the world and until the end of March 2020, it caused more than 99.000 deaths including 3.512 cases with the total number of deaths to 306 in Indonesia. This paper discusses Coronavirus and scientific information related to Coronaviruses in which several variants are zoonoses. (Author) Key words: Coronavirus, Zoonoses, SARS-CoV, MERS-CoV, COVID-2019	UDC 581.145:599.735 Pamungkas FA (IPB University/IRIAP Bogor) Purwanto BP (IPB University, Bogor) Manalu W (IPB University, Bogor) Yani A (IPB University, Bogor) Sainturi RG (IRIAP, Bogor) The Application of Infrared Thermography in Monitoring Reproduction Physiology Status of Ruminant Due to Heat Stress (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> March 2020, Vol. 30 No. 1, p. 25-36 Assessment on reproduction physiological parameters of ruminant caused by thermal stress usually uses invasive methods. However, these methods are less accurate because they are subjective, require a significant time and resources, and there are problems in animal welfare. Infrared thermography is one alternative solution that can be used. Infrared thermography is a modern, non-invasive, non-destructive, and safe technique to visualize thermal profile and surface temperature. This paper describes the application of infrared thermography in monitoring reproduction physiology status of ruminant. This method does not require physical contact and allows direct visualisation of temperature distribution so that it can be used as a reference in understanding and evaluating several parameters in livestock during normal condition or heat stress. (Author) Key words: Thermography, infrared, physiology, reproduction, heat stress, ruminant
UDC 636.09:599.731.1 Sendow I (IRCVS, Bogor) Ratnawati A (IRCVS, Bogor) Dharmayanti NLPI (IRCVS, Bogor) Saepulloh M (IRCVS, Bogor) African Swine Fever: An Emerging Disease Threatening Pig Farms in The World (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> March 2020, Vol. 30 No. 1, p. 15-24 African swine fever (ASF) is a highly infectious disease in pigs that caused by the double-stranded DNA virus of the Asfarviridae family. The disease is characterized by haemorrhages in the ears, back and legs. This virus causes death in pigs and has a large economic impact. However, ASF is not a zoonotic disease, hence it has no an impact on human health. This paper will discuss about ASF disease, route of transmsion, how to diagnose, and handling of ASF. This disease has spread throughout Asia in a relatively short time in 2019, and this exotic disease has been reported entering Indonesia at the end of 2019. There is no effective prevention and control of the disease. Several vaccines have been developed but are still considered ineffective while commercial vaccines are not yet available. Safety and effectiveness of vaccines are still being considered because ASF virus is very unique and different from other DNA viruses, Therefore, prevention of ASF infection should be done by conducting strict biosecurity, applying regulations on the movement of pigs and pig products to the region or country. (Author) Key words: African swine fever, characteristic, transmission, control, swill feeding	UDC 633.2 Retnani Y (IPB University, Bogor) Barkah NN (IPB University, Bogor) Saenab A (ICARD, Bogor) Taryati (IPB University, Bogor) Processing Technology of Feed Wafer to Increase Feed Production and Efficiency (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> March 2020, Vol. 30 No. 1, p. 37-50 Feed is one of the important factors that affect livestock productivity, so the availability of good quality feed is a requirement for livestock development in an area. In the tropical area, providing forage as a crucial feed for ruminants is hampered by fluctuating seasons. The availability of agricultural waste as an alternative source of feed material experiences the same constraints and also easily damaged and bulky (voluminous). Therefore, feed processing technology is needed so that the feed becomes durable, easily stored, easily provided for livestock, and available all year round. One way to overcome this is to utilize technology for making wafers. Information regarding technology for making animal feed wafers in Indonesia is still limited. This paper reviews a number of studies that discuss the development of wafer processing technology, types of wafers, the main components of wafer compilers, wafer manufacturing processes, reactions that occur during wafer manufacturing, nutrient quality of various wafers, and the results of research on the use of wafers for feed livestock. Wafer is feed that is processed using heat and pressure, so that a solid, compact, and high density product is formed. Feed wafer technology is a modification of cube and block feed. Wafers are divided into feed wafers, feed supplement wafers, and complete feed wafers. Feed wafers can be used instead of concentrates. Feed supplement wafers are high in energy and protein. Complete feed wafers contain energy, protein, fiber, and complete minerals that have been adapted to the daily nutritional needs of livestock. Feed wafer processing technology can be one of the strategies to provide feed with a constant composition of nutrients throughout the season and increase production and feed efficiency. (Author) Key words: Block, cube, heating, pressing, wafer, feed

UDC 633.2.03 Hutasoit R (GRS, Galang) Rosartio R (GRS, Galang) Elieser S (GRS, Galang) Sirait J (GRS, Galang) Antonius (GRS, Galang) Syawal H (GRS, Galang) A Shade Tolerant Forage, <i>Stenotaphrum secundatum</i>, in the Oil Palm Plantation to Support Cattle Productivity (Orig. Ind.) Wartazoa March 2020, Vol. 30 No. 1, p. 51-60 The integration of livestock with plantations is one of efforts to support livestock agribusiness. The large potential land area can be used for the development of cattle. However, the low production, nutrient content and digestibility of natural grasses in the plantation are still an obstacle to increase cattle productivity. Therefore, the development of shade tolerant of forages is one of the strategies to improve the quality and production of forages in the plantation area. This paper aims to review the role of <i>Stenotaphrum secundatum</i> as a shade tolerant forage in oil palm plantations in supporting cattle productivity. Biomass production of <i>Stenotaphrum secundatum</i> obtained was relatively high at 42,209 kg DM/ha/yr in oil palm plantations aged 3.5 years, estimated to be able to accommodate cattle of 11.8 AU/ha. With a moderate composition of nutrition, it can improve cattle growth performance with an average body condition score of 3.8. The livestock integration system by developing <i>S. secundatum</i> in the oil palm plantation area has a positive effect because it can reduce fertilizer and weeding costs of 4 million IDR/ha/yr. The average production of fresh fruit bunches (FFB) reaching 19.5 tons/ha/yr. It can be concluded that the role of <i>S. secundatum</i> in oil palm plantations can support cattle productivity and increase palm oil production. (Author) Key words: <i>Stenotaphrum secundatum</i>, oil palm plantation, cattle, integration	UDC 614.91 Assadah NS (IRCVS, Bogor) Sendow I (IRCVS, Bogor) Dharmayanti NLPI (IRCVS, Bogor) Hantavirus: Structure, Mechanism of Transmission of Disease, Development of Drugs and Vaccines for Disease Prevention in Indonesia (Orig. Ind.) Wartazoa June 2020, Vol. 30 No. 2, p. 71-78 Hantavirus is a zoonosis transmitted by rodents and has been spreading in various countries. Hantavirus that causes Hantavirus Pulmonary Syndrome (HPS) and Haemorrhagic Fever with Renal Syndrome (HFRS) in humans is still receiving worldwide attention due to the high case fatality rate. Epidemiological studies have shown that Hantavirus is widespread globally, including in Indonesia. As an archipelago, with a tropical climate and is crossed by the equator, Indonesia has an enormous diversity of animals, including those that become reservoirs of Hantavirus and other vulnerable animals. The high risk of developing Hantavirus in Indonesia does not rule out the possibility of a Hantavirus outbreak if no preventive action is taken. Until now there is no effective and safe vaccine or treatment for Hantavirus. Various development efforts continue to be made to obtain an appropriate and safe vaccine to prevent and stop the spread of Hantavirus. This paper discusses Hantavirus, including its structure and mechanism of transmission, the current situation of Hantavirus in Indonesia and the efforts that can be made to prevent Hantavirus, including the development of vaccines and their drugs. (Author) Key words: Hantavirus, virus structure, prevention, transmission, vaccines
UDC 614.91 Adjid RMA (IRCVS, Bogor) Foot and Mouth Disease: An Exotic Animal Disease that Must Be Alert of Entry into Indonesia (Orig. Ind.) Wartazoa June 2020, Vol. 30 No. 2, p. 61-70 Foot and Mouth Disease (FMD) is a highly contagious disease that attacks cloven hoofed animals. Among the animals primarily livestock that sensitive to FMD include cattle, buffaloes, pigs, sheep, and goats. The causative agent of FMD is the Foot and Mouth Disease Virus (FMDV). This disease is greatly feared by all countries because it may cause great loss of economic impact. There are still many countries in the world that are not yet free from FMD. The World Animal Health Organization (OIE/ Office des Internationale Epizootis) has included this disease in the list of disease that must be reported as "notifiable disease". This FMD has become exotic for Indonesia since 1990, and currently it is included in the list of strategic infectious animal diseases in Indonesia. With current situation where the traffic of people and goods between countries in the world is very fast and frequent, it is possible for the disease to enter Indonesian territory. This paper discusses the FMD with aim of increasing alertness and readiness in preventing the entry and spread of the disease to Indonesia. (Author) Key words: Foot and Mouth Disease, livestock, ruminants, exotic disease, virus	UDC 614.9 Ekawasti F (IRCVS, Bogor) Martindah E (IRCVS, Bogor) Awareness of the Existence of Leishmaniasis as Protozoan Zoonosis in Indonesia (Orig. Ind.) Wartazoa June 2020, Vol. 30 No. 2, p. 79-90 Leishmaniasis is a zoonosis, neglected and poorly reported disease, caused by the protozoan <i>Leishmania</i> spp, genus <i>Leishmania</i>. It is transmitted through several vector species including the sand fly (gnat) genus <i>Phlebotomus</i>. This disease has complex ecology and epidemiology. This paper presents about Leishmaniasis disease from epidemiological aspects and risk factors; parasites, vectors and reservoirs; disease transmission and control. <i>Leishmania</i> spp. is an obligate intramacrophage protozoan, characterized by its kinetoplast, a unique form of mitochondrial DNA. Clinical manifestations of Leishmaniasis depend on interactions between the characteristics of <i>Leishmania</i> species and the human host immune response, resulting in a disease spectrum ranging from local lesions on the skin to diffuse involvement of the reticuloendothelial system. There are four forms of Leishmaniasis in humans with various clinical manifestations, namely Visceral Leishmaniasis (VL), also known as kala-azar (KA), Cutaneous Leishmaniasis (CL), Mucocutaneous Leishmaniasis (MCL) and Diffuse Cutaneous Leishmaniasis (DCL). Leishmaniasis that caused by <i>Leishmania infantum</i> is the most dangerous disease, but is never found in Indonesia. The existence of Leishmaniasis needs to be aware in Indonesia as a tropical country that is suitable for the habitat of sand flies (<i>Phlebotomus</i>). The best method for handling this disease is to control the vectors effectively and to reduce contact between humans and vectors. (Author) Key words: Leishmaniasis, phlebotomus, vector, zoonosis, Indonesia

UDC 614.9 Ahmad RZ (IRCVS, Bogor) Tiffarent R (IRCVS, Bogor) Pathological Aspects of Haemonchosis in Goats and Sheeps (Orig. Ind.) Wartazoa June 2020, Vol. 30 No. 2, p. 91-102 Haemonchosis in sheep and goats has a high prevalence rate in several regions in Indonesia and causes economic losses. The purpose of this paper is to explain the clinical symptoms and pathological aspects of Haemonchus contortus infection. Clinical symptoms of haemonchosis is characterised by decreased production, cachexia, and severe anaemia due to worms that sucking blood from the abomasal mucosa. In chronic infections the symptoms shows general oedema. Gross pathological findings are pale mucosa and carcass, hydrothorax, ascites, and haemorrhagic abomasum. Whereas histopathological features shows desquamation of villous abomasum, extensive haemorrhage of abomasal mucosa-submucosa, infiltration of large numbers of eosinophil and mononuclear cells, and cells undergoing degeneration and necrosis of internal organs. In general, the above exposure will show that haemonchosis usually associated with anaemia, cachexia, oedema, haemorrhage, infiltration of eosinophil and mononuclear cells in the abomasal mucosa. (Author) Key words: Haemonchosis, small ruminants, pathology, abomasum, control	UDC 631.115.13 Ilham N (ICASEP, Bogor) Implementation of Relationships between Stakeholders in Small Scale Broiler Business Partnerships in Indonesia (Orig. Ind.) Wartazoa September 2020 Vol. 30 No. 3, p. 113-122 The problem of small-scale broiler business is the low efficiency and low application of biosecurity. In the chicken industry, however, efficiency is an essential consideration for product competitiveness in terms of both price and quality. Vertical integration involving small scale businesses in partnership models is expected to maintain the existence of small scale businesses. This paper aims to analyze the performance of the implementation of various models of broiler business partnerships with the legal basis for the establishment of partnership. In this paper there are four models to be discussed, namely: Partnership of National Price Contract (KKHN), Partnership of Regional Price Contracts (KKHR), Partnership of Local Broiler Maklun (KMLB), and Partnership of Local Revenue Sharing (KBHL). The implementation of legislation for the broiler partnership is weak. This can be seen from the tendency of the core companies to narrow down to the KKHN model, while other models are being pushed and bankrupt, and there is the occurrence of unilateral business relationship termination by the nucleus company to plasma as its business partner. The policy recommendations offered are: (i) There is a need to strengthen regulation and guidance by relevant agencies in charge of animal husbandry and animal health functions at the central and regional levels supported by Business Competition Supervision Commission (KPPU); (ii) The company is advised not to break the partnership relationship with small-scale farmers who have worked together for a long time; (iii) The company should reserve funds from the farmer's chicken harvest to reinvest the chicken cage. (Author) Key words: Broiler, implementation, partnership, small scale farmer
UDC 633.2.03 Sirait J (GRS, Galang) Simanihuruk K (GRS, Galang) A Selected <i>Stenotaphrum secundatum</i> as Superior Shade Tolerant Forage Resource (Orig. Ind.) Wartazoa June 2020, Vol. 30 No. 2, p. 103-111 The availability of land for forage development is limited and becomes the obstacle for supporting livestock development. One of the solutions to anticipate this problem is to utilize the lands under plantation areas by introducing shade-tolerant forage among the main crop. The area of oil palm plantations in Indonesia reaches 14,677,560 ha and is very potential to be used in the integration system with livestock. This article describes a detailed information about the superiority of selected <i>Stenotaphrum secundatum</i> in terms of production, nutritional quality and digestibility. <i>Stenotaphrum secundatum</i> is a shade tolerant forage that had derived by positive mass selection method which had been tested for its adaptability at two different elevations. The average fresh yield of <i>S. secundatum</i> at 55 and 75% shading level reached 2,386 and 2,001 g/m²/harvest, respectively. The digestibility of selected Steno grass on growing Boerka goat ranged from 60.7% to 72.8%. Palatability of <i>S. secundatum</i> grass in goats is very good with consumption reaching 3.6% of body weight. Besides being tolerant of shade, <i>S. secundatum</i> grass is also resistant to pests, as long as it is maintained with good management. This grass also has advantages in terms of dry matter production, nutrient content and crude protein production compared to other grass species and can be planted in wider plantation areas with 55-75% shade. (Author) Key words: Superior, shading, production, digestibility, palatability	UDC 591.53 Sugiharto (Diponegoro University, Semarang) <i>Chlorella vulgaris</i> and <i>Spirulina platensis</i>: Their Nutrient Contents and Bioactive Compounds for Improving Poultry Productivity (Orig. Ind.) Wartazoa September 2020 Vol. 30 No. 3, p. 123-138 Poultry industry are facing many challenges and obstacles especially on the supply of feed ingredients, medicines, feed supplements and additives. The high price of protein source-feed ingredients has encouraged nutritionists to explore and utilize alternative protein source-feed ingredients for poultry. This review provides an overview of their nutritional and bioactive contents and the use of microalgae, <i>Chlorella vulgaris</i> and <i>Spirulina platensis</i> in poultry feed based on recent literature studies and their potential development and utilization in Indonesia. The microalgae <i>Chlorella vulgaris</i> dan <i>Spirulina platensis</i> have very high protein content that are potential as a protein source in poultry rations. In addition, <i>Chlorella vulgaris</i> and <i>Spirulina platensis</i> also contain several bioactive compounds that can be used as alternatives to antibiotics growth promoter and synthetic antioxidants for poultry. Indonesia has a great potential for the production of <i>Chlorella vulgaris</i> and <i>Spirulina platensis</i>, however massive cultivation and economies of scale have not yet been carried out. Such conditions make <i>Chlorella vulgaris</i> and <i>Spirulina platensis</i> less profitable as protein sources, but more likely as growth-promoting additives or antioxidants for poultry in Indonesia. (Author) Key words: <i>Chlorella vulgaris</i>, <i>Spirulina platensis</i>, alternative antibiotic, antioxidant, poultry

UDC 614.9 Wiedosari E (IRCVS, Bogor) Sani Y (IRCVS, Bogor) Coccidiosis as a Predisposition Factor for Necrotic Enteritis in Poultry and Their Prevention (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> September 2020, Vol. 30 No. 3, p. 139-148 Coccidiosis and necrotic enteritis are both affecting the digestive tract of chicken and both are major enteric disease that mainly affect poultry. Among the enteric diseases, necrotic enteritis is a major problem. Coccidiosis is caused by the protozoan of <i>Eimeria</i> sp, and is commonly found as a predisposition factor for necrotic enteritis caused by <i>Clostridium perfringens</i>. Both diseases are commonly shown similar pathological change namely necrosis of epithelial cells in the intestinal mucosa. The diseases have great economic impact in poultry productions, due to the increased mortality, decreased performance and medication costs. Control of these diseases are commonly treated with antibiotics and ionophores. However, an intensive use of these drugs in feed may cause the emergence of drug-resistance against some strains of <i>Eimeria</i> sp. and <i>C. Perfringens</i> and an increased chance of contamination in animal products for human consumption. The paper is discussing the occurrence of necrotic enteritis especially due to the coccidian as a major predisposition factor and the development of alternative control strategies for avian coccidiosis and necrotic enteritis, by modulating intestinal health. (Author) Key words: Coccidiosis, necrotic enteritis, chicken, predisposition factor, prevention	UDC 635.08 Tiesnamurti B (ICARD, Bogor) Sinulingga SE (GRS, Galang) Gatenby RM (SRCRP, United Kingdom) Small Ruminant Community Breeding Program in Indonesia (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> September 2020, Vol. 30 No. 3, p. 163-175 This paper outlines the principles of community breeding programs, reviews similar programs that have been conducted in Indonesia, as well as proposing improvements. Community breeding programs (CBP) are a method for genetic improvement of livestock, with voluntary participation of farmers, using animals belonging to the farmers, by defining breeding objectives and selection criteria or traits, selecting the best males of the group, performance testing and distributing males to the farmers. Farmers have the ownership of the program and contribute to the sustainability of the program, marketability of the products according to the needs of the farmers, as well as strengthening farmers institutions. There are breeding schemes of one tier, two tier and three tier that can be implemented to achieve the goals of genetic improvement. Several CBP has been carried out scatteredly, however improvements have to be made such as by long term financial support, strong commitment from breeders, mentoring by academias, data management and analysis as well as economic assessment. Therefore, a more masive and sustainable CBP should be conducted to improve the genetic quality of sheep and goat in Indonesia. (Author) Key words: Community breeding programs, breeding strategy, small ruminants, selection criteria
UDC 636.2.034 Priyanto D (IRIAP, Bogor) Rahmayuni D (IRIAP, Bogor) Strategy and Policy on Dairy Cattle Development in Areas Outside Java Island in Supporting Domestic Fresh Milk Production (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> September 2020, Vol. 30 No. 3, p. 149-162 Production of domestic fresh milk has not yet meet the national milk demand, so high amount of milk is still imported (88.56%). The distribution of the dairy cattle population is still concentrated in Java Island (98.84%) which already has limited available land resources. The low productivity of dairy cow is due to the decline in the quality of breed, limited feed and capital. The business scale majority is still low, although its institutional aspect has been well established with the existence of cooperatives and the milk processing industry. This paper discusses the strategies and policies for developing dairy cows in areas outside Java which are appropriate from the upstream to the downstream aspects. The development of dairy cows in areas outside Java Island is still slow, even experiencing a population decline in the last 4 years by 66.21% compared to that in Java that has an increase of 22.09%. Barriers include weak human resource factors, lack of availability of feed (forages and concentrates), low milk productivity and quality, and the production market which is the main thing in dairy business has not been developed. There were many obstacles encountered when dairy cow development program in areas outside Java island was established. Therefore, it requires strategies and policies as well as steps that must be carried out on target. There are several things that need to be done, namely selecting the location, procuring the right breed, training the human resources (target breeders), planting forage and making concentrates, and the main thing is institutional development (upstream to downstream), especially institutions for milk production and marketing. Routine assistance by related agencies and other institutions is needed to ensure the sustainability of dairy farming outside Java. (Author) Key words: Livestock business development, dairy cattle, outside Java Island	UDC 636.58.033 Hidayat C (IRIAP, Bogor) Komarudin (IRIAP, Bogor) Wina E (IRIAP, Bogor) Mitigation of Heat Stress in Broiler Chickens with Heat Shock Protein 70 Gene Expression as its Indicator (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> December 2020, Vol. 30 No. 4, p. 177-188 Heat stress is an important issue in broiler chicken farms in tropical countries, such as Indonesia. Heat stress is very detrimental to broiler chickens because reducing production performance, health, and causing mortality. In the condition of heat stress, broilers synthesize Heat Shock Protein (HSP) quickly as the body's response to heat stress. HSP70 is the most studied HSP group related to heat stress. The objective of this study was to review the nutritional approach that has been done to mitigate heat stress in broiler chickens with the HSP70 gene expression indicator. Nutritional approaches to reduce heat stress had been used through the management of feed availability, supplementation of vitamin C, vitamin E, plant bioactives, amino acids (taurine and glutamine), probiotics, prebiotics, synbiotics, mannan oligosaccharides (MOS) and minerals (selenium, zinc, manganese, chromium). By these approaches, HSP70 gene expression decreased, indicating that the heat stress level of broiler chicken also reduced. It can be concluded that the nutritional approach can be used as a method for heat stress mitigation in broilers with the HSP70 gene expression indicator. (Author) Key words: Heat Shock Protein 70, broiler, heat stress, nutrition

UDC 636.084.52:665.52 Daning DAR (Polbangtan, Malang) Hanim C (Polbangtan, Malang) Widyobroto BP (Polbangtan, Malang) Yusiati LM (Polbangtan, Malang) The Use of Essential Oils as Rumen Modifier in Dairy Cows (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> December 2020, Vol. 30 No. 4, p. 189-200 Feed efficiency is essential for dairy cows because it can increase production and quality of milk, and reduce methane emissions in the environment. One of the strategies to increase feed efficiency is using rumen modifier. Essential oils have antimicrobial activities and have been used as rumen modifier in dairy cows. The aim of this paper is to review several studies on the utilization of essential oils as feed additive to enhance milk production and quality of dairy cow. Based on some research reports, using essential oils which contained thymol, eugenol, cinnamaldehyde and carvacrol in dairy cattle feed decreased the population of protozoa, methanogens, proteolytic, and biohydrogenase bacteria. The impact of modulating rumen microbial population has led to optimal rumen fermentation resulted in the efficiency of carbohydrate, protein, and fat utilizations. It can be concluded that essential oils are potential as rumen modifier by inhibit methanogenesis, increase asam propionate, energy efficiency and ruminal by pass protein. The inconsistent results on milk production and milk fat requires further research to study deeper the effect of dosage and type of essential oils on dairy cows performance. (Author) Key words: Essential oil, rumen modifier, milk production, milk quality	UDC 636 Wahyuwardani S (IRCVS, Bogor) Noor SM (IRCVS, Bogor) Bakrie B (ICABIOGRD, Bogor) Animal Welfare Ethics in Research and Testing: Implementation and its Barrier (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> December 2020, Vol. 30 No. 4, p. 211-220 Experimental animals have an important role in research and testing to improve human and animal health. The use of animal in an experiment must be balanced between science and ethical values of animal welfare. This paper discusses the role of IACUC, the implications of animal welfare for research, animal ethical clearance and obstacles in the implementation of animal welfare. Institution of Animal Care Use Committee (IACUC) has an important role to ensure that researcher has animal ethical clearance before conducting research and testing. Research and testing using animal should comply with ethical principles: respect, beneficiary and justice; 3Rs principles: Replacement, Reduction, Refinement and 5F/Freedom: freedom from hunger and thirst, heat and discomfort, pain, trauma and disease, fear and stress and expressing behavior naturally. The application of animal ethics clearance in Indonesia in research using animals is compulsory in various institutions. However, there are several barriers in its implementation, including some research institutions do not have IACUC, some researchers are lack of awareness to apply for animal ethical clearance, reluctant to IACUC requirements, lack of animal facilities that meet animal welfare requirements and lack of competence in animal handling according to animal welfare. (Author) Key words: Animal welfare, ethical clearance, IACUC, research
UDC 633.3 Harmini (IRIAP, Bogor) Fanindi A (IRIAP, Bogor) Adaptation Strategy of Forage Crops to Climate Change (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> December 2020, Vol. 30 No. 4, p. 201-210 Climate change is characterized by an increasing in temperature, drought, and an increase in CO₂. This paper aims to describe the strategy to deal with climate change in forage crops. Plant adaptation mechanisms include increasing water content, cell membrane stability, and photosynthetic capacity by suppressing stomata conductance and C consumption through respiration. The impacts of climate change on feed crops include: decreased productivity and nutrient content, and reduced planting area which affects the supply of animal feed so that food availability is disrupted. Adaptation strategies are carried out by managing the cultivation of forage plants, including time selection of planting and harvesting, as well as irrigation. Besides, it is necessary to select adaptive fodder plants through breeding. Breeding methods are conducted through the exploration of genetic resources until obtaining a new superior forage crop, adaptive to climate change. (Author) Key words: Adaptation, climate change, forage	UDC 619 Zelpina E (Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Padang) Noor SM (IRCVS, Bogor) Non-Typhoid Salmonella Causes Food-borne Diseases: Prevention and Control (Orig. Ind.) <i>Wartazoa</i> December 2020, Vol. 30 No. 4, p. 221-229 <i>Non-typhoid Salmonella</i> (NTS) is a pathogenic bacteria causing gastroenteritis in humans which is transmitted through animals and contaminated animal products with <i>Salmonella typhimurium</i> or <i>Salmonella enteritidis</i>. Many cases of NTS infection in humans have been reported in the world, however most people in Indonesian are generally more familiar with <i>Salmonella typhoid</i> than <i>non-typhod Salmonella</i> (NTS). Gastroenteritis due to NTS infection seldom requires antimicrobial treatment, but can be fatal if post-infectious complications occur such as septicemia, reactive arthritis or aortic aneurysm. Eggs, chicken meat, raw milk and other animal products contaminated with NTS are a source of transmission through food (food-borne pathogens). An estimated 1-3% of pets carry NTS without causing illness. Control of NTS infection is difficult because <i>Salmonella</i> is tolerant to environmental stresses, widely spread, resistant to several types of antibiotics and has the ability to adapt. The application of strict biosecurity on farms is conducted through surveillance and monitoring so that it can prevent the contamination of livestock products and their derivatives, hence, it can prevent the transmission of NTS to humans. This paper provides information on NTS in animal and human prevention and control. (Author) Key words: <i>Non-typhoid Salmonella</i>, foodborne disease, prevention, control

Mitigasi Stres Panas pada Ayam Broiler dengan Ekspresi Gen *Heat Shock Protein 70* sebagai Indikatornya

(Mitigation of Heat Stress in Broiler Chickens with Heat Shock Protein 70 Gene Expression as its Indicator)

Cecep Hidayat, Komarudin dan E Wina

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16720
Korepondensi e-mail: hidayat_c2p@yahoo.com

(Diterima 21 September 2020 – Direvisi 30 November 2020 – Disetujui 7 Desember 2020)

ABSTRACT

Heat stress is an important issue in broiler chicken farms in tropical countries, such as Indonesia. Heat stress is very detrimental to broiler chickens because reducing production performance, health, and causing mortality. In the condition of heat stress, broilers synthesize Heat Shock Protein (HSP) quickly as the body's response to heat stress. HSP70 is the most studied HSP group related to heat stress. The objective of this study was to review the nutritional approach that has been done to mitigate heat stress in broiler chickens with the HSP70 gene expression indicator. Nutritional approaches to reduce heat stress had been used through the management of feed availability, supplementation of vitamin C, vitamin E, plant bioactives, amino acids (taurine and glutamine), probiotics, prebiotics, synbiotics, mannan oligosaccharides (MOS) and minerals (selenium, zinc, manganese, chromium). By these approaches, HSP70 gene expression decreased, indicating that the heat stress level of broiler chicken also reduced. It can be concluded that the nutritional approach can be used as a method for heat stress mitigation in broilers with the HSP70 gene expression indicator.

Key words: Heat Shock Protein 70, broiler, heat stress, nutrition

ABSTRAK

Stres panas adalah masalah penting dalam peternakan ayam broiler di negara tropis, seperti Indonesia. Stres panas sangat merugikan untuk ternak ayam broiler karena menurunkan kinerja produksi, kesehatan dan menyebabkan kematian. Dalam kondisi stres panas, ayam broiler akan mensintesis *Heat Shock Protein* (HSP) dengan cepat sebagai respons tubuh terhadap stres panas. HSP70 adalah kelompok HSP yang paling banyak dipelajari terkait dengan stres panas. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengkaji upaya-upaya perbaikan nutrisi yang dapat dilakukan untuk mitigasi stres panas pada ayam broiler dengan ekspresi gen HSP70 sebagai indikatornya. Pendekatan nutrisi untuk menurunkan stres panas dapat dilakukan melalui manajemen ketersediaan pakan, suplementasi vitamin C, vitamin E, bioaktif tanaman, asam amino taurin dan glutamin, probiotik, prebiotik, sinbiotik, mannan oligosakarida (MOS) dan mineral selenium, zink, mangan, dan kromium. Dengan pendekatan nutrisi ini, ekspresi gen HSP70 menurun yang menunjukkan bahwa stres panas pada ayam broiler juga menurun. Dapat disimpulkan bahwa pendekatan nutrisi dapat digunakan sebagai metode untuk mitigasi stres panas pada ayam broiler dengan ekspresi gen HSP70 sebagai indikatornya.

Kata kunci: HSP70, ayam broiler, stres panas, nutrisi

PENDAHULUAN

Stres panas menjadi masalah penting bagi industri ayam broiler di negara tropis termasuk Indonesia. Hal ini karena stres panas memberikan dampak negatif terhadap kinerja produksi, kinerja reproduksi, respon fisiologis, dan imunitas ayam broiler (Hao & Gu 2014). Rata-rata suhu di Indonesia sepanjang tahun adalah 27,2°C dengan suhu maksimum bisa mencapai 39,5°C (BPS 2020) dan tingkat kelembaban 66,7-93,6% (BMKG 2020). Suhu lingkungan di Indonesia yang tinggi tidak cocok untuk pertumbuhan ayam broiler

karena saat ini, strain ayam broiler terbaru yang merupakan hasil seleksi intensif dengan kemampuan pertumbuhan yang cepat harus dipelihara pada suhu nyaman yaitu sekitar 18-22°C (Amizar et al. 2017). Ayam broiler tidak memiliki kelenjar keringat, sehingga pengeluaran panas dari dalam tubuh dilakukan melalui radiasi, konduksi, dan konveksi. Ayam broiler memiliki kemampuan untuk menghasilkan panas tubuh lebih tinggi yang disebabkan oleh banyaknya aktivitas metabolisme (Lara & Rostagno 2013). Suhu tubuh ayam broiler akan meningkat juga ketika suhu lingkungan juga

tinggi. Oleh karena itu, ayam broiler sangat rentan terkena stres panas ketika berada pada suhu lingkungan yang tinggi. Stres panas berdampak negatif pada kesehatan dan produktivitas ayam broiler, bahkan dapat menyebabkan kematian sehingga menekan efisiensi produksi dan ekonomis. Organisme hidup ketika mengalami stres akan menyebabkan sintesis sebagian besar protein tertunda, akan tetapi ada sekelompok protein yang dikenal sebagai *Heat Shock Protein* (HSP) yang akan disintesis dengan cepat sebagai respon tubuh terhadap stres panas itu sendiri (Jaiswal et al. 2017). Khan et al. (2016) melaporkan bahwa pada kondisi stres panas, sel-sel tubuh ayam broiler akan menginduksi sintesis HSP. Ada beberapa macam HSP dan HSP70 merupakan kelompok HSP yang paling banyak dipelajari terkait dengan stres panas. Fungsi utama HSP adalah melindungi organisme dari dampak negatif stres panas, terutama efek toksik, melalui peningkatan sistem kekebalan tubuh dan aktivitas enzim antioksidan (Huang et al. 2012). Dinamika ekspresi gen HSP dapat dijadikan indikator untuk mengamati tingkat stres ayam broiler karena panas. Pengaruh nutrisi atau pemberian pakan suplemen atau aditif terhadap stres panas dapat diamati melalui pendekatan nutrigenomik yaitu dengan mengamati ekspresi gen HSP.

Pendekatan nutrigenomik dalam menekan stres panas pada ayam broiler merupakan upaya dalam meningkatkan produktivitas dan kesehatan ayam broiler dengan menjadikan ekspresi gen HSP sebagai indikator dalam melihat efek nutrisi terhadap tingkat stres panas. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengkaji upaya-upaya nutrisi yang dapat dilakukan untuk mitigasi terjadinya stres panas pada ayam broiler dengan indikator ekspresi gen HSP70.

STRES PANAS PADA AYAM BROILER

Stres panas pada ternak unggas diakibatkan oleh ketidak seimbangan antara energi panas yang keluar dari tubuh ternak ke lingkungan dengan energi panas yang masuk dari lingkungan ke dalam tubuh (Dayyani & Bakhtiari 2013). Faktor penyebab ketidakseimbangan energi panas dalam tubuh ayam broiler disebabkan oleh faktor internal (laju metabolisme, spesies, dan mekanisme termoregulasi) dan faktor eksternal seperti suhu udara, kelembaban, iradiasi termal, sinar matahari (Lara & Rostagno 2013). Damane et al. (2018) mengatakan suhu tubuh ayam broiler sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Meningkatnya suhu lingkungan secara langsung akan meningkatkan suhu tubuh ayam broiler. Sedangkan, ternak unggas tidak memiliki kelenjar keringat dan hampir semua bagian tubuhnya tertutup bulu, menjadi penyebab ternak unggas kesulitan dalam mengeluarkan panas tubuh ke lingkungan. Dayyani & Bakhtiari

(2013) menjelaskan bahwa ternak unggas yang mengalami stres panas menunjukkan tanda-tanda sebagai berikut; peningkatan konsumsi air minum, menurunnya nafsu makan, terjadi peningkatan sifat kanibalisme, terengah-engah dengan mulut terbuka, jongkok dengan meninggikan sayap, murung, mata tertutup lesu, berbaring, serta terjadi penurunan kinerja produksi. Ketika terkena stres panas, ternak unggas akan melakukan beberapa upaya untuk menurunkan panas tubuhnya, yaitu dengan *panting* (membuka mulut sambil terengah-engah untuk meningkatkan frekuensi nafas), meningkatkan gerakan bulu, mengurangi aktivitas makan, mengurangi aktivitas bergerak, dan menggunakan banyak waktu untuk istirahat (Mack et al. 2013).

KETERKAITAN STRES PANAS DAN HEAT SHOCK PROTEIN (HSP)

Heat Shock Protein (HSP) merupakan protein yang terbentuk ketika terjadi stimulus stres panas. *Heat Shock Protein* (HSP) memiliki fungsi sebagai pelindung kerusakan sel yang diakibatkan oleh perubahan fisiologis, patologis, serta lingkungan yang abnormal (panas) dan memiliki efek sitoprotektif yang kuat serta merupakan pendamping molekul untuk protein seluler lainnya (Liu et al. 2014; Ikwegbue et al. 2018). Tamzil (2014) mengatakan bahwa aktivasi gen HSP terjadi sebagai upaya jalur genetik dari suatu organisme dalam menghadapi cekaman stres, ketika tubuh tidak mampu lagi menghadapi tekanan stres tersebut. Berdasarkan massa molekul relatifnya, HSP yang paling sering ditemukan adalah 10.000-30.000, 70.000, 90.000 dan 100.000-110.000, sehingga disebut HSP70, HSP90, dan sebagainya. HSP70 merupakan kelompok HSP yang paling banyak dipelajari terkait dengan stres panas (Chen et al. 2015). HSP70 dikendalikan oleh gen dengan panjang 2692 bp dan memiliki beberapa fungsi penting yaitu mengikat protein seluler yang telah terdenaturasi panas dan mencegah dari kerusakan yang lebih besar, membantu proses *refolding* (pelipatan kembali), menstabilkan protein sebelum pelipatan, dan membuka struktur untuk translokasi (Singh et al. 2016).

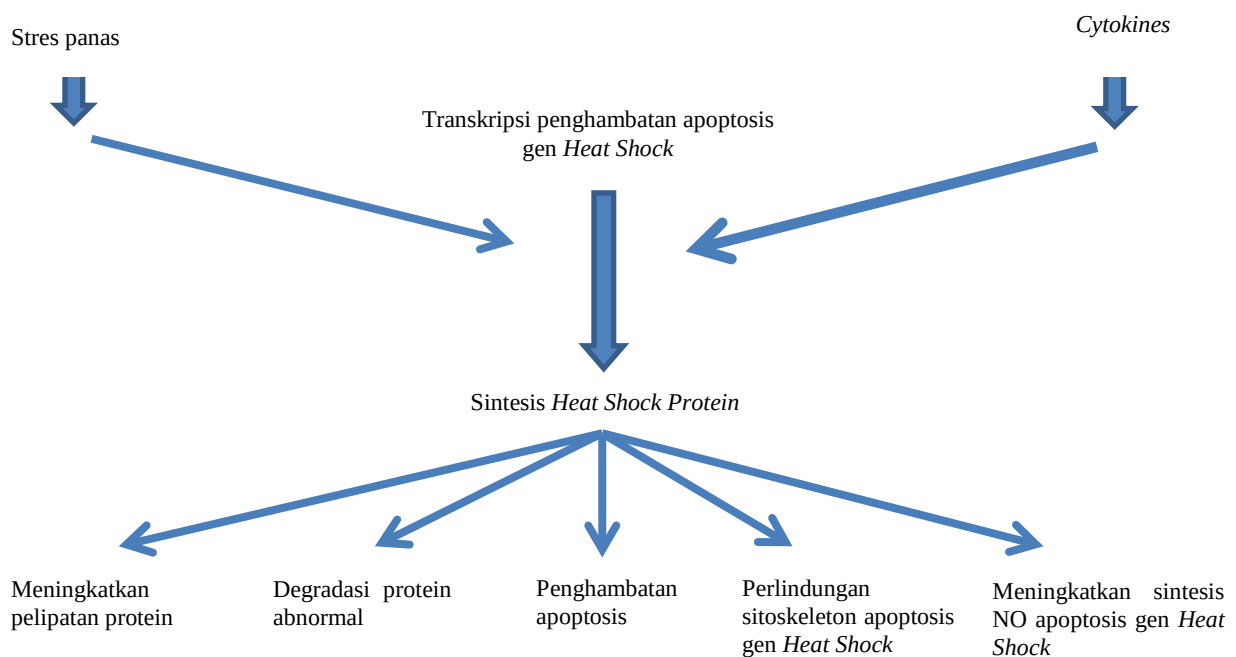
Akbarian et al. (2016) melaporkan bahwa stres panas pada unggas menyebabkan peningkatan ekspresi HSP70 seluler. Ekspresi HSP diketahui terlibat dalam mekanisme pertahanan seluler endogen yang memungkinkan sel untuk mengatasi kondisi stres yang menyebabkan peradangan dan stres oksidatif (Dukay et al. 2019). Gambar 1 menunjukkan skema aktivasi HSP melalui stimulus stres panas dan efek yang dihasilkannya. Stres panas akan memicu aktivasi HSR (*Heat Stress Response*) untuk selanjutnya memicu aktivasi *Heat Shock Protein* (HSP). Pada hewan vertebrata, stres menyebabkan aktivasi *specific*

transcription factors terutama HSF-1. Akumulasi dari protein terdenaturasi dalam sitosol diduga memicu HSF-1 sebagai langkah pertama organisme dalam respons stres. *Heat shock factors* (HSFs), hadir dalam sitosol, terikat oleh HSP dan dipertahankan dalam keadaan tidak aktif. Stresor (cekaman panas) mengaktifkan HSF, dan menyebabkan HSF terpisah dari HSP. HSF difosforilasi (P) oleh protein kinase dan membentuk trimer dalam sitosol. Trimer mengaktifkan gerakannya ke dalam nukleus tempat ia terikat, merangsang daerah promotor HSE (*Heat Shock Element*) dan menginduksi ekspresi gen HSP. Kompleks trimer HSF ini memasuki nukleus dan mengikat *Heat Shock Element* (HSE) di daerah promotor mRNA HSP-70 kemudian ditranskripsi dan meninggalkan nukleus gen HSP-70. Mekanisme perlindungan seluler yang dilakukan HSP meliputi fungsinya sebagai molekul pendamping untuk membantu dalam perakitan dan translokasi protein yang baru disintesis di dalam sel dan perbaikan dan pengisian ulang protein yang rusak akibat stres panas (Jaiswal et al. 2017).

HSP70 terdapat pada jaringan syaraf/otak, organ hati, dada, otak, ginjal, usus, dan embrio (Piri et al. 2016). Transkripsi HSP70 meningkat pada seluruh organ pada ayam yang terkena stres panas dibandingkan ayam yang tidak terkena stres panas (Xie et al. 2014). Pada Tabel 1 disajikan hasil-hasil penelitian terkait ekspresi mRNA HSP70 ayam broiler

yang diberi perlakuan suhu panas. Ekspresi mRNA HSP70 pada organ-organ yang berbeda menunjukkan peningkatan ketika ayam broiler mengalami perlakuan suhu tinggi, hal ini menunjukkan bahwa respon seluler ayam broiler dengan memproduksi HSP70 dalam rangka membantu pembuatan dan translokasi protein yang baru disintesis di alam sel, dan perbaikan dan pengisian ulang protein yang rusak akibat stres panas. Ekspresi gen HSP70 paling tinggi terjadi pada otak tetapi HSP70 juga diekspresikan dalam testis ayam dan ekspresinya dan meningkat saat ayam stres panas ketika suhu lingkungan naik menjadi 44°C atau 46°C (Murugesan et al. 2017). Hao & Gu (2014) melaporkan bahwa ekspresi mRNA HSP70 meningkat pada *bursa fabricius* dan limpa ayam umur 42 hari akibat stres panas (37±2°C selama 15 hari) dan pada otot *pectoralis major* (sekitar dada) ayam umur 41 hari yang terpapar stres panas (40°C selama 2 jam).

Pada Tabel 1 disajikan hasil-hasil penelitian terkait ekspresi mRNA HSP70 ayam broiler yang diberi perlakuan suhu panas. Ekspresi mRNA HSP70 ayam broiler menunjukkan peningkatan ketika ayam broiler diberi perlakuan suhu tinggi, hal ini menunjukkan bahwa respon seluler ayam broiler dengan memproduksi HSP70 dalam rangka membantu pembentukan dan translokasi protein yang baru disintesis di dalam sel, dan perbaikan dan pengisian ulang protein yang rusak akibat stres panas.



Gambar 1. Skema aktivasi HSP melalui stimulus stres panas dan efek yang dihasilkannya

Sumber: Zilaee et al. (2014)

Tabel 1. Ekspresi mRNA HSP70 ayam broiler yang diberi perlakuan suhu panas

Perlakuan			Organ	Ekspresi mRNA HSP 70 Kontrol vs Perlakuan	Sumber
Suhu kontrol (°C)	Suhu perlakuan (°C)	Waktu (Jam)			
25	40	2	Hati	0,04 vs 0,51	Zhang et al. 2014c
25	40	2	Otak	0,12 vs 0,87	
25	40	2	Otot paha	0,38 vs 1,28	
25	40	2	Jantung	0,14 vs 2,44	
22	37	2	Jantung	0,027 vs 0,041	Yu & Bao 2008
22	37	2	Hati	0,058 vs 0,063	
22	37	2	Ginjal	0,037 vs 0,036	
22	35	2	Mukosa usus	0,70 vs 0,73	Hao et al. 2012

STRATEGI NUTRISI DALAM MEMITIGASI STRES PANAS PADA AYAM BROILER DENGAN INDIKATOR EKSPRESI GEN HSP70

Dalam rangka untuk mencegah stres panas pada ayam broiler dengan indikator menurunnya ekspresi gen HSP70 maka dapat dilakukan beberapa upaya melalui pendekatan nutrisi dan pakan, seperti di bawah ini.

Manajemen ketersediaan pakan

Ketersediaan pakan menjadi hal penting dalam mencegah efek stres yang bisa meningkatkan ekspresi gen HSP70 pada ayam. Suplai zat gizi dari pakan akan digunakan sebagai sumber energi yang penting untuk metabolisme basal, pemeliharaan, pertumbuhan dan perkembangan jaringan pada tubuh ayam, oleh karena itu maka terhambatnya atau berkurangnya asupan energi dari pakan akan mengurangi pertumbuhan dan pertambahan jaringan (Ahiwe et al. 2018). Khondowe et al. (2018) melaporkan bahwa ekspresi HSP70 pada hati ayam meningkat ketika ayam mengalami kekurangan pakan. Ayam broiler betina yang dibatasi pakannya (60% dari tingkat kebutuhan) menunjukkan ekspresi HSP70 yang lebih tinggi daripada kelompok ayam yang diberi makan secara *ad libitum* (Al-Aqil & Zulkifli 2009; Gao et al. 2017).

Pakan suplemen atau aditif

Upaya pengendalian stres panas pada ayam broiler dapat dilakukan dengan penambahan pakan suplemen atau aditif ke dalam pakan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pakan suplemen atau aditif ke dalam pakan ayam broiler yang mengalami stres panas terbukti mampu menurunkan tingkat stres

panas pada ayam broiler yang dibuktikan dengan menurunnya ekspresi gen HSP 70 (Tabel 2).

Prebiotik atau probiotik

Prebiotik atau probiotik sebagai pakan fungsional mempengaruhi arsitektur mikro usus, profil mikroba dan kinerja ayam broiler selama terjadi stres panas (Sohail et al. 2013). Prebiotik adalah karbohidrat yang tidak dapat dicerna. *Mannan oligosaccharides* (MOS) meningkatkan pertumbuhan organisme bermanfaat dalam usus, dan dianggap berfungsi sebagai situs perlekatan kompetitif untuk bakteri patogen (Jahanian & Ashnagar 2015). Suplementasi MOS ke dalam pakan membantu meningkatkan kinerja ternak unggas, kesehatan usus, penghambatan flora mikro patogen, pencernaan dan penyerapan nutrisi, juga kekebalan, melalui aktivitas antioksidan di bawah kondisi stres panas. Rokade et al. (2018) melaporkan bahwa ekspresi HSP70 dari jaringan jejunum secara signifikan turun pada unggas yang diberi MOS terhadap pakannya, baik pada dosis 0,3% atau 0,5%, dibandingkan dengan kontrol. Lowman et al. (2014) juga menemukan bahwa pengurangan tingkat ekspresi HSP70 lebih jelas pada kelompok ayam yang terkena stres panas yang diberi suplementasi MOS. Hal ini diyakini terkait dengan peningkatan jumlah mikroba usus yang menguntungkan terkait MOS, yang berpotensi melepaskan zat bioaktif yang dapat mencegah kerusakan oksidatif dan akhirnya menurunkan ekspresi HSP70 (Sohail et al. 2013).

Pada kondisi stres panas, ayam broiler mengalami pengurangan aktivitas enzim pencernaannya. Pemberian probiotik dilaporkan dapat mengendalikan stres panas pada ayam broiler karena mampu mempercepat metabolisme zat gizi pakan dengan meningkatkan produksi enzim pencernaan dalam usus halus. Selain itu, probiotik juga mengurangi kerusakan

usus akibat stres panas yang ditandai dengan kemampuannya meningkatkan tinggi dan luas permukaan villi (Quinteiro-Filho et al. 2012). Wang et al. (2018) melaporkan bahwa ayam broiler umur 43 hari yang diberi perlakuan panas dengan suhu 32°C selama 10 hari menunjukkan penurunan ekspresi gen HSP70 pada hati ketika diberikan probiotik (*B. subtilis*) pada dosis 1×10^6 CFU/g.

Vitamin C atau vitamin E

Asam askorbat atau vitamin C adalah contoh vitamin yang termasuk dalam kelompok antioksidan. Asam askorbat dapat memperlambat reaksi oksidasi zat yang mudah teroksidasi, meskipun dalam konsentrasi rendah (Padayatty & Levine 2016). Dalam kondisi normal, ayam dapat mensintesis asam askorbat dalam tubuh. Namun, ketika ayam sedang stres, kebutuhan asam askorbat akan meningkat, sehingga perlu ditambahkan 250 – 1000 ppm vitamin C ke dalam pakan atau air minum (Ajakaiye et al. 2010). Ekspresi HSP70 pada jantung menurun pada ayam yang mengalami stres panas ketika diberi asam askorbat (Piestun et al. 2013). Simar et al. (2012) mengatakan bahwa peningkatan konsentrasi vitamin C dan E dikaitkan dengan pengurangan stres oksidatif. Vitamin C dapat berperan penting dalam mencegah kerusakan sel organ dan mempertahankan homeostasis selama stres panas. Yun et al. (2012) melaporkan bahwa suplementasi vitamin C terhadap binatang yang terpapar stres panas mampu secara signifikan menurunkan kadar HSP70 mRNA di hati dibandingkan dengan binatang tanpa suplementasi vitamin C. Vitamin C dapat berfungsi dalam sistem pertahanan antioksidan di bawah tekanan panas karena memiliki kemampuan dalam menurunkan radikal bebas (Yun et al. 2012). Radikal bebas dilaporkan menjadi faktor kunci dalam menginduksi gen keluarga HSP. Peningkatan ekspresi mRNA dari HSP70 dan sitokin proinflamasi di bawah tekanan panas dapat diatasi dengan suplementasi vitamin C. Albokhadaim et al. (2019) melaporkan bahwa suplementasi 1 g/kg vitamin C ke dalam pakan ayam broiler yang terkena suhu panas (34°C selama 8 jam/hari) mampu mengurangi ekspresi gen HSP70 dalam hati, jantung dan jaringan ginjal, dimana dapat disimpulkan bahwa suplementasi 1 g/kg vitamin C dapat memperbaiki efek buruk dari stres panas pada ayam broiler di tingkat seluler dan molekuler. Mandal et al. (2017) melaporkan bahwa ekspresi m-RNA HSP-70 pada limpa menurun melalui penambahan *Embllica officinalis* (tanaman yang kaya akan vitamin C) pada level 0,3% ke dalam pakan ayam broiler yang terkena *heat stress*.

Suplementasi asam askorbat mampu mengurangi ekspresi gen HSP70 pada ayam broiler yang menderita stres, karena (a) secara fisiologis, asam askorbat diperlukan dalam reaksi hidroksilasi pada sistem saraf dan medula adrenal (May et al. 2013), (b) Asam askorbat berperan dalam aktivitas tiroid, seperti sebagai substrat pendukung *dopamin hydroxylase* dalam pembentukan *norepinefrin* untuk meningkatkan kemampuan ayam untuk membuang panas tubuh guna merangsang detak jantung dan melebarkan pembuluh perifer (Tamzil et al. 2016), (c) Asam askorbat juga berperan dalam meningkatkan aktivitas antioksidan Vitamin E, dengan mengubah radikal tokoferoksi menjadi bentuk aktif vitamin E, sehingga bahaya stres panas dapat dihindari (Shakeri et al. 2020). Tamzil et al. (2016) mengatakan bahwa suplementasi asam askorbat dalam dosis 360 mg/L dalam air minum dapat membantu ayam pedaging untuk menghindari stres. Kapakin et al. (2013) melaporkan bahwa suplementasi vitamin E (*DL α Tocopheryl acetate*) dalam dosis 150 mg/kg ke dalam pakan ayam broiler yang terkena stres panas mampu menurunkan ekspresi gen HSP70 dalam testes. Vitamin E telah dilaporkan memiliki fungsi biologis sangat baik sebagai antioksidan alami dalam mencegah oksidasi bahan lipid tak jenuh dalam sel, sehingga melindungi kerusakan oksidatif membran sel (Yue et al. 2010).

Mikromineral

Salah satu fungsi utama dari mikro mineral yaitu berfungsi sebagai antioksidan yang melindungi sel dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas dan stres oksidatif (Rao et al. 2013). Beberapa mikro mineral, yaitu Zn, Se, dan Cr (Rajkumar et al. 2018) dilaporkan bermanfaat dalam menanggulangi stres panas pada ayam broiler, dan bersifat sebagai antioksidan. Mikro mineral memainkan peran penting dalam banyak proses metabolisme dalam tubuh, dan menjaga keberlangsungan produksi, disamping berperan dalam mengatur antioksidan dan sistem kekebalan tubuh pada ayam.

Zink berperan penting dalam aktivitas respon imun terkait dengan pengaruh Zn terhadap mekanisme pertahanan antioksidan dalam tubuh (Hidayat et al. 2020). Tate et al. (1999) menyatakan bahwa Zn meningkatkan aktivitas antioksidan dengan mengurangi produksi radikal bebas karena Zn bersaing dengan mineral lain, seperti tembaga dan besi, dalam pengikatan pada membran sel dan berperan sebagai kofaktor dari banyak enzim anti oksidatif. Penambahan Zn 40 mg/kg menurunkan ekspresi gen HSP70 dalam organ tubuh secara nyata pada ayam broiler yang diberi suhu tinggi.

Tabel 2. Pengaruh penambahan pakan suplemen atau aditif dalam pakan ayam broiler yang diberi perlakuan suhu panas terhadap ekspresi gen HSP 70

Pakan suplemen/ aditif	Dosis	Suhu percobaan (°C)	Umur (hari)	Organ	Respon HSP 70: kontrol vs perlakuan	Sumber
Manan oligo sakarida (MOS)	0,30%	37	42	Jejunum	0,667 vs 0,117*	Rokade et al. 2018
	0,50%	37	42	Jejunum	0,564 vs 0,153*	
Sinbiotik	1×10 ⁶ cfu/g	32	42	Hati	0,95 vs 0,33*	Jiang et al. 2020
	1×10 ⁶ cfu/g			Hipotalamus	1,55 vs 0,72*	
Vitamin E	250 mg/kg	36	42	Daging dada	1 vs 0,8* [#]	Kumbhar et al. 2018
Vitamin C	300 mg/kg	34	42	Jantung	1 vs 0,040*	Hajati et al. 2015
			42	Hati	1 vs 0,034*	
<i>Emblica officinalis</i>	0,30%	43	42	Limpa	1 vs 0,5* [#]	Mandal et al. 2017
<i>Entada phaseoloides</i> (tepung biji)	0,5 - 1%	34	35	Hati	1 vs 0,5* [#]	Chandana et al. 2015
Ekstrak biji anggur	300 mg/kg	34	42	Jantung	1 vs 0,000*	Hajati et al. 2015
	300 mg/kg	34	42	Hati	1 vs 0,011*	
Kombinasi Se dan Vitamin E	0,2 mg/kg Se & 250 mg/kg Vit E	36	42	Daging dada	1 vs 0,6* [#]	Kumbhar et al. 2018
Selenium	0,30 mg/kg	35	42	Jantung	1 vs 0,32*	Kumbhar et al. 2018
		35	42	Hati	1 vs 0,79*	
		35	42	Otot	1 vs 0,07*	
		35	42	Limpa	1 vs 0,30	
Selenium (Se)	0,2 mg/kg Sodium Selenite	36	42	Daging dada	1 vs 0,7* [#]	Rajkumar et al. 2018
Mangan (Mn)	120 mg/kg	32	42	Daging dada	1,16 vs 0,93*	Zhu et al. 2015
Zink (Zn)	40 mg/kg	35	42	Jantung	1 vs 0,20*	Kumbhar et al. 2018
		35	42	Hati	1 vs 0,51*	
		35	42	Otot	1 vs 0,07*	
		35	42	Limpa	1 vs 0,22*	
Kromium (Cr)	2 mg/kg	35	42	Jantung	1 vs 0,58*	Kumbhar et al. 2018
		35	42	Hati	1 vs 0,59*	
		35	42	Otot	1 vs 0,71*	
		35	42	Limpa	1 vs 0,55*	
Taurin	0,10%	34	35	Hati	1 vs 0,6* [#]	Belal et al. 2018

*Signifikan (P<0,05)

[#] Data yang ditampilkan sudah diolah karena data yang dilaporkan dalam pustaka dipresentasikan dalam bentuk grafik batang.

Selenium (Se) adalah mikro mineral penting yang memiliki fungsi sebagai antioksidan dan berperan pada beberapa fungsi fisiologis dan produktivitas. Selenium,

sebagai bagian dari enzim antioksidan, mendetoksifikasi oksigen radikal dan peroksida, dan dapat mengurangi stres panas yang disebabkan oleh

iklim lingkungan tropis (Surai & Fisinin 2014). Gan et al. (2014) melaporkan bahwa suplementasi selenium organik menurunkan ekspresi mRNA HSP70 pada hati, ginjal dan limpa ternak monogastrik yang mengalami stres panas. Sementara itu, Chen et al. (2014) melaporkan bahwa defisiensi selenium dapat meningkatkan level mRNA HSP70 pada ayam broiler. Hal ini dikarenakan suplementasi Se pada dosis 0,30 mg/kg mampu memfasilitasi induksi sistem pertahanan antioksidan endogen, dan meningkatkan status antioksidan, sehingga menurunkan ekspresi HSP pada ayam broiler yang diinduksi stres panas (Khan et al. 2016). Amizar et al. (2017) melaporkan bahwa ayam broiler yang dipelihara di kandang dalam lingkungan tropis dengan diberikan tambahan 0,30 ppm Se organik ke dalam pakannya menunjukkan tidak berbeda dalam ekspresi gen HSP70 di otak dan otot dada ketika dibandingkan dengan ayam broiler yang dipelihara dalam kandang dengan kondisi suhu yang nyaman untuk ayam broiler (dipelihara dalam kandang yang dipasang *air conditioner*). Tidak hanya Se organik, mineral Se atau kombinasinya dengan vitamin E secara signifikan menurunkan ekspresi tingkat mRNA HSP70 (Kumbhar et al. 2018).

Ezzat et al. (2017) melaporkan bahwa ekspresi HSP70 pada hati ayam broiler yang terpapar stres panas berkurang secara signifikan oleh suplementasi 1200 μg chromium picolinate (CrPic)/kg pada pakan. Ayam broiler yang diberi pakan yang dilengkapi dengan Cr memiliki tingkat ekspresi HSP70 yang lebih rendah daripada ayam yang diberi pakan basal dalam kondisi stres panas. Hasil ini mengkonfirmasi bahwa Cr bertindak sinergis dengan enzim antioksidan, termasuk *superoksida dismutase*, *glutation peroksidase* dan kapasitas total antioksidan dalam menekan stres panas.

Bioaktif tanaman

Ada begitu beragam bioaktif tanaman yang memiliki peran yang positif untuk menekan stres panas. Pembentukan HSP70 menurun pada ayam yang mengalami stres panas melalui pemberian 1000 mg ekstrak jaloh (*Salix tetrasperma* Roxb) ke dalam setiap 1 liter air minum. Ekstrak jaloh dapat menurunkan ekspresi gen HSP70 karena dapat menghambat transkripsi gen mRNA HSP70. Akbarian et al. (2014) melaporkan bahwa pemberian minyak atsiri dari *Curcuma xanthorrhiza* (CX) pada dosis 200 mg/kg dan minyak atsiri dari *Origanum compactum* (OC) pada dosis 400 mg/kg menurunkan ekspresi gen HSP70 pada jaringan ginjal dan hati ayam broiler umur 31 hari yang diberi perlakuan suhu tinggi. *Origanum compactum* merupakan tanaman anggota genus *Origanum* dalam keluarga mint (Lamiaceae). Sementara itu, *Curcuma xanthorrhiza* (umumnya dikenal sebagai temulawak

atau kunyit Jawa) adalah tanaman asli dari Asia Selatan tropis dan ditemukan di alam liar atau dibudidayakan di wilayah Indonesia. Minyak atsiri dari OC dan CX mengandung jumlah fenol sederhana yang tinggi, dengan aktivitas antioksidan yang baik (Luna et al. 2010). Aktivitas antioksidan OC bersumber dari kandungan carvacrol dan thymol. Sementara itu, untuk CX bersumber dari kandungan α -curcumene, β -curcumene, dan xanthorrhizol. carvacrol, thymol, dan xanthorrhizol (Luna et al. 2010). Chandana et al. (2015) melaporkan bahwa suplementasi 1% tepung biji *E. phaseoloides* dalam pakan menurunkan ekspresi HSP70 pada limpa dan hati ayam yang terkena stres panas. Biji tanaman *Entada phaseoloides* (Mimosaceae), secara tradisional digunakan di seluruh dunia sebagai obat tradisional. Biji *E. phaseoloides* ditemukan kaya akan kalium, zat besi, magnesium, fosfor, seng dan mangan. Albumin dan globulin merupakan fraksi dominan protein biji. Kandungan asam amino esensial dalam biji *E. phaseoloides* (isoleusin, leusin, tirosin, dan fenilalanin dalam *E. phaseoloides* cukup tinggi).

Hasheimi et al. (2013) melaporkan bahwa suplementasi 1 dan 2% tepung jahe (*Zingiber zerumbet*) ke dalam pakan dapat menurunkan ekspresi gen HSP 70 pada ayam broiler yang terkena stres panas. *Zingiber zerumbet* (Zz) adalah lempuyang gajah dari keluarga *Zingiberaceae*. *Zingiber officinale* Rosc (Jahe) mengandung beberapa senyawa seperti *gingerol*, *gingerdial* dan *gingerdione* yang memiliki aktivitas antioksidan yang kuat (Asamenew et al. 2019). Sementara itu, Zhang et al. (2015) melaporkan bahwa suplementasi kurkumin (50, 100 atau 200 mg/kg) signifikan menurunkan ekspresi HSP70 pada ayam broiler yang mengalami stres panas. Sahin et al. (2012) melaporkan peran perlindungan *curcumin* terhadap cekaman panas dengan menurunkan ekspresi HSP pada unggas yang mengalami stres panas. Kunyit (*Curcuma longa* Linn), memiliki berbagai sifat farmakologis, seperti aktivitas antioksidan, anti-inflamasi, dan antikarsinogenik (Krup et al. 2013). *Curcumin* merupakan antioksidan yang efisien dalam melindungi hewan dari stres. Kapasitas antioksidan dari curcumin disebabkan oleh kemampuannya untuk secara langsung mencari radikal bebas dan secara tidak langsung meningkatkan sistem pertahanan antioksidan endogen (Zhang et al. 2014a; Zhang et al. 2014b).

Tang et al. (2018) melaporkan bahwa penambahan 3% ekstrak daun *rosemary* signifikan menurunkan ekspresi gen HSP70 pada ayam broiler selama mengalami stres panas. Daun tanaman *Rosmarinus officinalis* L. (*rosemary*) umum digunakan sebagai rempah-rempah, dan sebagai antioksidan alami. Ekstrak daun *rosemary* telah digunakan untuk mencegah oksidasi dan untuk menghambat oksidasi lemak hewani dan minyak nabati (Nieto et al. 2018).

Daun rosemary mengandung senyawa antioksidan seperti *carnosol*, asam *carnosic*, *rosmaridiphenol*, *rosmanol*, *isorosmanol*, *epirosmanol*, *rosmariquinone*, dan asam *rosmarinic* (Tang et al. 2018).

Asam amino

Taurin, asam β -amino-amino-sulfonat, diturunkan dari asam amino bebas dan ditemukan dalam jumlah besar hampir dalam semua jaringan hewan (Ripps & Shen 2012). Schaffer et al. (2010) mengatakan bahwa taurin merupakan senyawa kimia-sederhana tetapi memiliki efek mendalam pada sel dan merupakan nutrisi penting bagi banyak mamalia. Taurin telah terbukti berperan sebagai antioksidan dan mampu mengurangi stres panas (Belal et al. 2018). Shim et al. (2006) melaporkan bahwa penambahan 0,8% taurin ke dalam pakan ayam yang mengalami stres panas kronis menunjukkan terjadinya penurunan tingkat stres berdasar berat relatif organ limphoid.

Glutamin (Gln) adalah asam amino esensial yang meningkatkan kelangsungan hidup sel terhadap berbagai rangsangan stres melalui induksi HSP70 (Jang et al. 2008). Gln juga memainkan peran protektif dalam memelihara dan meningkatkan struktur dan fungsi sistem pencernaan terutama dalam kondisi stres. Tingkat sirkulasi dan jaringan Gln turun dengan cepat setelah terjadi cekaman stres seperti cedera dan infeksi (Jazideh et al. 2014). Dengan demikian, penyediaan Gln dapat meningkatkan kemampuan bertahan hidup, kinerja dan kesejahteraan selama kondisi terkena stres (Dai et al. 2011).

APLIKASI NUTRIGENOMIK BERBASIS GEN HSP 70 PADA PETERNAKAN AYAM BROILER DI INDONESIA

Nutrigenomik merupakan penghubung yang mengkaitkan antara makanan, kesehatan dan genomik dalam hal efek fenotipik (Tellez et al. 2014). Mekanisme kerja nutrigenomik adalah faktor nutrisi mengeluarkan sinyal makanan yang dapat dideteksi oleh sensor seluler yang pada gilirannya mempengaruhi ekspresi gen dan protein, yang selanjutnya mempengaruhi produksi metabolit (Khan et al. 2018). Nutrigenomik berupaya memeriksa tanda-tanda nutrisi tersebut dalam sel, jaringan, dan organisme tertentu untuk memahami bagaimana efek dari nutrisi tersebut secara genomik (Benitez & Ovilo 2017). Nutrigenomik dapat digunakan sebagai alat untuk mengembangkan asupan nutrisi/pakan yang sesuai dengan genotipe ternak, sehingga dapat digunakan untuk menentukan nutrisi yang sesuai dengan gen hewan (Ghormade et al. 2011). (Khan et al. 2018) menjelaskan bahwa visi di balik penerapan nutrigenomik dalam bidang peternakan

adalah untuk mengembangkan pakan yang dapat dicocokkan dengan genotipe ternak yang memiliki dampak positif terhadap kesehatan dan meningkatkan proses fisiologis normal hewan ternak tersebut. Aplikasi nutrigenomik akan mengarah pada penerapan strategi pemberian pakan yang lebih presisi oleh industri unggas. Penemuan nutrigenomik pada tingkat gen yang dikombinasikan dengan data kinerja ayam broiler akan membantu dalam lebih memahami bagaimana nutrisi mempengaruhi kesehatan dan produksi ayam broiler. Nutrigenomik menyediakan cara untuk mengidentifikasi dengan tepat nutrisi atau kombinasi nutrisi mana yang optimal dan kapan harus diberikan untuk mendapatkan manfaat yang maksimal. Melalui penerapan nutrigenomik, dapat diperoleh peningkatan ekonomi produksi ayam broiler yang berasal dari strategi pemberian pakan yang efisien, yang mengarah pada peningkatan efisiensi pakan dan kesehatan ternak.

Sebelumnya sudah disampaikan bahwa dalam menghadapi stres panas, ekspresi gen HSP70 meningkat sebagai mekanisme seluler untuk melindungi protein dari kerusakan. Selama stres panas, ekspresi HSP70 yang lebih tinggi dapat diamati di hampir semua organ tubuh penting ayam. Untuk memahami konsep nutrigenomik, telah ditunjukkan hasil-hasil penelitian terkait pengaruh faktor nutrisi yang terkait dengan inhibisi ekspresi gen HSP70 pada ayam broiler yang mengalami stres panas. Hal ini menunjukkan bahwa nutrigenomik dapat digunakan untuk mitigasi stres panas pada ayam broiler yang dipelihara di lingkungan tropis, seperti di Indonesia. Dengan demikian, dapat dirancang strategi nutrisi seperti apa yang tepat agar ayam broiler yang dipelihara dapat mengantisipasi cekaman panas yang menghinggapnya. Manajemen ketersediaan pakan, serta pemberian pakan suplemen atau aditif dilaporkan telah terbukti mampu menurunkan stres panas pada ayam broiler, yang dibuktikan dengan penurunan ekspresi gen HSP70. Hasil-hasil penelitian tersebut dapat dijadikan sebagai rujukan dalam aplikasi nutrigenomik dalam memitigasi stres panas pada ayam broiler di Indonesia, diharapkan. dengan berdasar suhu kandang saat pemeliharaan ayam broiler, dapat dibuat strategi nutrisi yang tepat sejak dari awal pemeliharaan, sehingga ternak ayam broiler sudah didukung dengan asupan nutrisi, yang akan bekerja ketika ayam broiler mengalami stres panas.

KESIMPULAN

Ekspresi gen HSP70 di dalam berbagai organ mengalami peningkatan saat ayam terpapar stres panas dan dapat menjadi indikator untuk stres panas. Pendekatan nutrisi melalui manajemen ketersediaan pakan, pemberian beberapa pakan suplemen atau aditif

menurunkan ekspresi gen HSP70 yang menunjukkan bahwa stres panas pada ayam broiler juga menurun. Dapat disimpulkan bahwa pendekatan nutrisi dapat digunakan sebagai metode untuk mitigasi stres panas pada ayam broiler dengan ekspresi gen HSP70 sebagai indikatornya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahiwe EU, Omede AA, Abdallah MB, Iji PA. 2018. Managing dietary energy intake br broiler chickens to reduce production cost and improve product quality [Internet]. [cited 10 September 2020]. Available from: <https://www.intechopen.com/books/animal-husbandry-and-nutrition/managing-dietary-energy-intake-by-broiler-chickens-to-reduce-production-costs-and-improve-product-qu>
- Ajakaiye JJ, Pérez-Bello A, Cuesta-Mazorra M, García-Díaz JR, Mollineda-Trujillo Á. 2010. Effects of vitamin C and E dietary supplementation on erythrocyte parameters of layer chickens reared in high ambient temperature and humidity. *Rev Bras Cienc Avic.* 12:205–209.
- Akbarian A, Michiels J, Degroote J, Majdeddin M, Golian A, De Smet S. 2016. Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. *J Anim Sci Biotechnol.* 7:1–14.
- Akbarian A, Michiels J, Golian A, Buyse J, Wang Y, De Smet S. 2014. Gene expression of heat shock protein 70 and antioxidant enzymes, oxidative status, and meat oxidative stability of cyclically heat-challenged finishing broilers fed *Origanum compactum* and *Curcuma xanthorrhiza* essential oils. *Poult Sci.* 93:1930–1941.
- Al-Aqil A, Zulkifli I. 2009. Changes in heat shock protein 70 expression and blood characteristics in transported broiler chickens as affected by housing and early age feed restriction. *Poult Sci.* 88:1358–1364.
- Albokhadaim IF, Althnaian TA, El-Bahr SM. 2019. Gene expression of heat shock proteins/factors (HSP60, HSP70, HSP90, HSF-1, HSF-3) and antioxidant enzyme activities in heat stressed broilers treated with Vitamin C. *Pol J Vet Sci.* 22:565–572.
- Amizar R, Suharti S, Jakaria, Mutia R. 2017. The expression of heat shock protein 70 gene with organic selenium supplementation and its effect on productivity of broilers in tropical environment. *J Indones Trop Anim Agric.* 42:279–287.
- Asamenew G, Kim HW, Lee MK, Lee SH, Kim YJ, Cha YS, Yoo SM, Kim JB. 2019. Characterization of phenolic compounds from normal ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) and black ginger (*Kaempferia parviflora* Wall.) using UPLC–DAD–QToF–MS. *Eur Food Res Technol.* 245:653–665.
- [BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. 2020. Kelembaban udara [Internet]. [accessed 26th September 2020]. Available from: <https://www.bps.go.id/searchengine/result.html>
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. Suhu minimum, rata-rata, dan maksimum, di Indonesia [Internet]. [accessed 26th September 2020]. Available from: <https://www.bps.go.id/statistictable/2017/02/09/1961/suhu-minimum-rata-rata-dan-maksimum-di-stasiun-pengamatan-bmkg-oc-2011-2015.html>
- Belal SA, Kang DR, Cho ESR, Park GH, Shim KS. 2018. Taurine reduces heat stress by regulating the expression of heat shock proteins in broilers exposed to chronic heat. *Rev Bras Cienc Avic.* 20:479–286.
- Benitez R, Ovilo NY. 2017. Nutrigenomics in farm animals. *J Investig Genomics.* 4:55–59.
- Chandana BC, Mondira B, Arundhati P, Narendra BL, Mineswar H, Gohain BA, Jyoti M, Sahadeb D. 2015. Effect of supplementation of Entada phaseoloides seed powder on growth performance, carcass characteristics and haemato- biochemical parameters along with its effect on expression of HSP70 in broiler chicken. *Int J Res Biosci.* 4:88–97.
- Chen H, Adam A, Cheng Y, Tang S, Hartung J, Bao E. 2015. Localization and expression of heat shock protein 70 with rat myocardial cell damage induced by heat stress *in vitro* and *in vivo*. *Mol Med Rep.* 11:2276–2284.
- Chen X, Yao H, Yao L, Zhao J, Luan Y, Zhang Z, Xu S. 2014. Selenium deficiency influences the gene expressions of heat shock proteins and nitric oxide levels in neutrophils of broilers. *Biol Trace Elem Res.* 161:334–340.
- Dai SF, Gao F, Zhang WH, Song SX, Xu XL, Zhou GH. 2011. Effects of dietary glutamine and gamma-aminobutyric acid on performance, carcass characteristics and serum parameters in broilers under circular heat stress. *Anim Feed Sci Technol.* 168:51–60.
- Damane MM, Barazandeh A, Mokhtari MS, Esmaeilipour O, Badakhshan Y. 2018. Evaluation of body surface temperature in broiler chickens during the rearing period based on age, air temperature and feather condition. *Iran J Appl Anim Sci.* 8:499–504.
- Dayyani N, Bakhtiari H. 2013. Heat stress in poultry: Background and affective factors. *Int J Adv Biol Biomed Res.* 1:1409–1413.
- Dukay B, Csoboz B, Tóth ME. 2019. Heat-shock proteins in neuroinflammation. *Front Pharmacol.* 10:920.
- Ezzat W, Abdallah EA, Rizk AM, Ouda MMM, Abd El-krim RE. 2017. Impact of chromium picolinate supplementation on productive performance, immune response and heat shock proteins of broiler chickens under heat-stress condition. *Egypt Poult Sci.* 37:559–583.
- Gan F, Chen X, Liao SF, Lv C, Ren F, Ye G, Pan C, Huang D, Shi J, Shi X, et al. 2014. Selenium-enriched probiotics improve antioxidant status, immune

- function, and selenoprotein gene expression of piglets raised under high ambient temperature. *J Agric Food Chem.* 62:4502–4508.
- Gao GL, Wang C, Zhao XZ, Wang HW, Li Q, Li J, Zhang KS, Zhong H, Wang QG. 2017. Effects of feeding conditions on gene expression in chicken breast muscle. *Genet Mol Res.* 16:gmr16019119.
- Ghormade V, Khare A, Baghel RPS. 2011. Nutrigenomics and its applications in animal science. *Vet Res Forum.* 2:147–155.
- Hajati H, Hassanabadi A, Golian A, Nassiri-Moghaddam H, Nassiri MR. 2015. The effect of grape seed extract and vitamin C feed supplementation on some blood parameters and HSP70 gene expression of broiler chickens suffering from chronic heat stress. *Ital J Anim Sci.* 14:3273.
- Hao Y, Gu XH. 2014. Effects of heat shock protein 90 expression on pectoralis major oxidation in broilers exposed to acute heat stress. *Poult Sci.* 93:2709–2717.
- Hao Y, Gu XH, Wang XL. 2012. Overexpression of heat shock protein 70 and its relationship to intestine under acute heat stress in broilers: 1. Intestinal structure and digestive function. *Poult Sci.* 91:781–789.
- Hasheimi SR, Zulkifli I, Somchit MN, Zunita Z, Loh TC, Soleimani AF, Tang SC. 2013. Dietary supplementation of *Zingiber officinale* and *Zingiber zerumbet* to heat-stressed broiler chickens and its effect on heat shock protein 70 expression, blood parameters and body temperature. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 97:632–638.
- Hidayat C, Sumiati, Jayanegara A, Wina E. 2020. Effect of zinc on the immune response and production performance of broilers: A meta-analysis. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 33:465–479.
- Huang Z, Rose AH, Hoffmann PR. 2012. The role of selenium in inflammation and immunity: From molecular mechanisms to therapeutic opportunities. *Antioxidants Redox Signal.* 16:705–743.
- Ikwegbue PC, Masamba P, Oyinloye BE, Kappo AP. 2018. Roles of heat shock proteins in apoptosis, oxidative stress, human inflammatory diseases, and cancer. *Pharmaceuticals.* 11:1–18.
- Jahanian R, Ashnagar M. 2015. Effect of dietary supplementation of mannan-oligosaccharides on performance, blood metabolites, ileal nutrient digestibility, and gut microflora in *Escherichia coli*-challenged laying hens. *Poult Sci.* 94:2165–2172.
- Jaiswal SK, Raza M, Uniyal S, Chaturvedani A, Sahu V, Dilliwar L. 2017. Heat stress and its relation with expression of heat shock proteins in poultry. *Int J Sci Env Tech.* 6:159–166.
- Jang HJ, Kwak JH, Cho EY, We YM, Lee YH, Kim SC, Han DJ. 2008. Glutamine induces heat-shock protein-70 and glutathione expression and attenuates ischemic damage in rat islets. *Transplant Proc.* 40:2581–2584.
- Jazideh F, Farhoomand P, Daneshyar M, Najafi G. 2014. The effects of dietary glutamine supplementation on growth performance and intestinal morphology of broiler chickens reared under hot conditions. *Turkish J Vet Anim Sci.* 38:264–270.
- Jiang S, Mohammed AA, Jacobs JA, Cramer TA, Cheng HW. 2020. Effect of synbiotics on thyroid hormones, intestinal histomorphology, and heat shock protein 70 expression in broiler chickens reared under cyclic heat stress. *Poult Sci.* 99:142–150.
- Kapakin TKA, Imik H, Gumus R, Kapakin S, Saglam YS. 2013. Effect of vit E on secretion of HSP-70 in testes of broilers exposed to heat stress. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 19:305–310.
- Khan AA, Ganai AM, Haq Z. 2018. Advances in nutrigenomics and its application in poultry. *Int J Curr Microbiol App Sci.* 7:2866–2872.
- Khan AZ, Kumbhar S, Hamid M, Afzal S, Parveen F, Liu Y, Shu H, Mengistu BM, Huang K. 2016. Effects of selenium-enriched probiotics on heart lesions by influencing the mRNA expressions of selenoproteins and heat shock proteins in heat stressed broiler chickens. *Pak Vet J.* 36:460–464.
- Khondowe P, Mutayoba B, Muhairwa A, Phiri E. 2018. Comparative effects of low energy diets on blood parameters and liver hsp70 and inos gene expressions among Tanzanian local chicken ecotypes. *Anim Res Int.* 15:3070–3081.
- Krup V, Prakash LH, Harini A. 2013. Pharmacological activities of Turmeric (*Curcuma longa* linn): A review. *J Homeopath Ayurvedic Med.* 2:133.
- Kumbhar S, Khan AZ, Parveen F, Nizamani ZA, Siyal FA, El-Hack ME, Gan F, Liu Y, Hamid M, Sonia A, et al. 2018. Impacts of selenium and vitamin E supplementation on mRNA of heat shock proteins, selenoproteins and antioxidants in broilers exposed to high temperature. *AMB Express.* 8:112.
- Lara LJ, Rostagno MH. 2013. Impact of heat stress on poultry production. *Animals.* 3:356–369.
- Liu H, Dicksved J, Lundh T, Lindberg JE. 2014. Heat shock proteins: Intestinal gatekeepers that are influenced by dietary components and the gut microbiota. *Pathogens.* 3:187–210.
- Lowman ZS, Edens FW, Ashwell CM, Nolin SJ. 2014. Actigen® influence on the gene expression of heat shock proteins in ross 708 broiler chickens. *Int J Poult Sci.* 13:114–123.
- Luna A, Lábaque MC, Zygadlo JA, Marin RH. 2010. Effects of thymol and carvacrol feed supplementation on lipid oxidation in broiler meat. *Poult Sci.* 89:366–370.
- Mack LA, Felver-Gant JN, Dennis RL, Cheng HW. 2013. Genetic variations alter production and behavioral

- responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poult Sci.* 92:285–294.
- Mandal AB, Kulkarni R, Rokade JJ, Bhanja SK, Singh R. 2017. Effect of dietary addition of amla (*Emblica officinalis*) on performance and HSP70 gene expression in coloured broiler chicken during extreme summer. *J Anim Res.* 7:233–241.
- May JM, Qu Z, Nazarewicz R, Dikalov S. 2013. Ascorbic acid efficiently enhances neuronal synthesis of norepinephrine from dopamine. *Brain Res Bull.* 90:35–42.
- Murugesan S, Ullengala R, Amirthalingam V. 2017. Heat shock protein and thermal stress in chicken. In: *Heat Shock proteins Vet Med Sci. New York (USA): Springer.* p. 179–193.
- Nieto G, Ros G, Castillo J. 2018. Antioxidant and Antimicrobial Properties of Rosemary (*Rosmarinus officinalis*, L.): A Review. *Medicines.* 5:1–13.
- Padayatty SJ, Levine M. 2016. Vitamin C physiology: The known and the unknown and goldilocks. *Oral Dis.* 22:463–493.
- Piestun Y, Druyan S, Brake J, Yahav S. 2013. Thermal manipulations during broiler incubation alter performance of broilers to 70 days of age. *Poult Sci.* 92:1155–1163.
- Piri N, Kwong JMK, Gu L, Caprioli J. 2016. Heat shock proteins in the retina: Focus on HSP70 and alpha crystallins in ganglion cell survival. *Prog Retin Eye Res.* 52:22–46.
- Quinteiro-Filho WM, Rodrigues M V., Ribeiro A, Ferraz-de-Paula V, Pinheiro ML, Sá LRM, Ferreira AJP, Palermo-Neto J. 2012. Acute heat stress impairs performance parameters and induces mild intestinal enteritis in broiler chickens: Role of acute hypothalamic-pituitary-adrenal axis activation. *J Anim Sci.* 90:1986–1994.
- Rajkumar U, Vinoth A, Reddy EPK, Shanmugam M, Rao SVR. 2018. Effect of supplemental trace minerals on Hsp-70 mRNA expression in commercial broiler chicken. *Anim Biotechnol.* 29:20–25.
- Rao SVR, Prakash B, Raju MVLN, Panda AK, Poonam S, Murthy OK. 2013. Effect of supplementing organic selenium on performance, carcass traits, oxidative parameters and immune responses in commercial broiler chickens. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 26:247–252.
- Ripps H, Shen W. 2012. Review: Taurine: A “very essential” amino acid. *Mol Vis.* 18:2673–2686.
- Rokade JJ, Kagate M, Bhanja SK, Mehra M, Goel A, Vispute M, Mandal AB. 2018. Effect of mannan-oligosaccharides (MOS) supplementation on performance, immunity and HSP70 gene expression in broiler chicken during hot-dry summer. *Indian J Anim Res.* 52:868–874.
- Sahin K, Orhan C, Tuzcu Z, Tuzcu M, Sahin N. 2012. Curcumin ameliorates heat stress via inhibition of oxidative stress and modulation of Nrf2/HO-1 pathway in quail. *Food Chem Toxicol.* 50:4035–4041.
- Schaffer SW, Ju Jong C, Kc R, Azuma J. 2010. Physiological roles of taurine in heart and muscle. *J Biomed Sci.* 17:S2.
- Shakeri M, Oskoueian E, Le HH, Shakeri M. 2020. Strategies to combat heat stress in broiler chickens: Unveiling the roles of selenium, vitamin E and vitamin C. *Vet Sci.* 1:71.
- Shim KS, Hwang KT, Son MW, Park GH. 2006. Lipid metabolism and peroxidation in broiler chicks under chronic heat stress. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 19:1206–1211.
- Simar D, Malatesta D, Mas E, Delage M, Caillaud C. 2012. Effect of an 8-weeks aerobic training program in elderly on oxidative stress and HSP72 expression in leukocytes during antioxidant supplementation. *J Nutr Heal Aging.* 16:155–161.
- Singh RK, Jaishankar J, Muthamilarasan M, Shweta S, Dangi A, Prasad M. 2016. Genome-wide analysis of heat shock proteins in C 4 model, foxtail millet identifies potential candidates for crop improvement under abiotic stress. *Sci Rep.* 6:32641.
- Sohail MU, Ijaz A, Younus M, Shabbir MZ, Kamran Z, Ahmad S, Anwar H, Yousaf MS, Ashraf K, Shahzad AH, Rehman H. 2013. Effect of supplementation of mannan oligosaccharide and probiotic on growth performance, relative weights of viscera, and population of selected intestinal bacteria in cyclic heat-stressed broilers. *J Appl Poult Res.* 22:485–491.
- Surai PF, Fisinin VI. 2014. Selenium in poultry breeder nutrition: An update. *Anim Feed Sci Technol.* 191:1–15.
- Tamzil MH, Haryani NKD, Indarsih B. 2016. Reduced expression of heat shock protein (HSP) 70 gene by ascorbic acid supplementation in broiler chickens exposed to transportation stress to maintain the quality of meat and hematological parameters. *Int J Poult Sci.* 24:57–66.
- Tang S, Yin B, Xu J, Bao E. 2018. Rosemary reduces heat stress by inducing CRYAB and HSP70 expression in broiler chickens. *Oxid Med Cell Longev.* 2018:7014126.
- Tate DJ, Miceli M V., Newsome DA. 1999. Zinc protects against oxidative damage in cultured human retinal pigment epithelial cells. *Free Radic Biol Med.* 26:704–713.
- Tellez G, Latorre JD, Kuttappan VA, Kogut MH, Wolfenden A, Hernandez-Velasco X, Hargis BM, Bottje WG, Bielke LR, Faulkner OB. 2014. Utilization of rye as energy source affects bacterial translocation, intestinal viscosity, microbiota composition, and bone

- mineralization in broiler chickens. *Front Genet.* 5:339.
- Wang WC, Yan FF, Hu JY, Amen OA, Cheng HW. 2018. Supplementation of *Bacillus subtilis*-based probiotic reduces heat stress-related behaviors and inflammatory response in broiler chickens. *J Anim Sci.* 96:1654–1666.
- Xie J, Tang L, Lu L, Zhang L, Xi L, Liu HC, Odle J, Luo X. 2014. Differential expression of heat shock transcription factors and heat shock proteins after acute and chronic heat stress in laying chickens (*Gallus gallus*). *PLoS One.* 9:e102204.
- Yu J, Bao E. 2008. Effect of acute heat stress on heat shock protein 70 and its corresponding mRNA expression in the heart, liver, and kidney of broilers. *Asian-Australasian J Anim Sci.* 21:1116–1126.
- Yue DB, Yan LY, Luo HL, Xu X, Jin XX. 2010. Effect of vitamin E supplementation on semen quality and the testicular cell membranal and mitochondrial antioxidant abilities in Aohan fine-wool sheep. *Anim Reprod Sci.* 118:217–222.
- Yun SH, Moon YS, Sohn SH, Jang IS. 2012. Effects of cyclic heat stress or vitamin C supplementation during cyclic heat stress on HSP70, inflammatory cytokines, and the antioxidant defense system in Sprague Dawley rats. *Exp Anim.* 61:543–553.
- Zhang J, Xu L, Zhang L, Ying Z, Su W, Wang T. 2014b. *Curcumin attenuates* D-galactosamine/lipopolysaccharide-induced liver injury and mitochondrial dysfunction in mice. *J Nutr.* 144:1211–1218.
- Zhang JF, Hou X, Ahmad H, Zhang H, Zhang LL, Wang T. 2014a. Assessment of free radicals scavenging activity of seven natural pigments and protective effects in AAPH-challenged chicken erythrocytes. *Food Chem.* 145:57–65.
- Zhang JF, Hu Z, Lu C, Bai K, Zhang LL, Wang T. 2015. Effect of various levels of dietary curcumin on meat quality and antioxidant profile of breast muscle in broilers. *J Agric Food Chem.* 63:3880–3886.
- Zhang WW, Kong LN, Zhang XQ, Luo QB. 2014c. Alteration of HSF3 and HSP70 mRNA expression in the tissues of two chicken breeds during acute heat stress. *Genet Mol Res.* 13:9787–9794.
- Zhu YW, Lu L, Li WX, Zhang LY, Ji C, Lin X, Liu HC, Odle J, Luo XG. 2015. Effect of dietary manganese on antioxidant status and expression levels of heat-shock proteins and factors in tissues of laying broiler breeders under normal and high environmental temperatures. *Br J Nutr.* 114:1965–1974.
- Zilae M, Ferns GAA, Ghayour-Mobarhan M. 2014. Heat shock proteins and cardiovascular disease. *Adv Clin Chem.* 64:73–115.

Pemanfaatan Minyak Atsiri sebagai *Rumen Modifier* pada Sapi Perah

(The Use of Essential Oils as Rumen Modifier in Dairy Cows)

Dewi Ayu Ratih Daning^{1,2}, C Hanim², BP Widyobroto² dan LM Yusiati²

¹Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada

²Politeknik Pembangunan Pertanian Malang

Korespondensi e-mail: daningstpp@gmail.com

(Diterima 28 September 2020 – Direvisi 24 November 2020 – Disetujui 7 Desember 2020)

ABSTRACT

Feed efficiency is essential for dairy cows because it can increase production and quality of milk, and reduce methane emissions in the environment. One of the strategies to increase feed efficiency is using rumen modifier. Essential oils have antimicrobial activities and have been used as rumen modifier in dairy cows. The aim of this paper is to review several studies on the utilization of essential oils as feed additive to enhance milk production and quality of dairy cow. Based on some research reports, using essential oils which contained thymol, eugenol, cinnamaldehyde and carvacrol in dairy cattle feed decreased the population of protozoa, methanogens, proteolytic, and biohydrogenase bacteria. The impact of modulating rumen microbial population has led to optimal rumen fermentation resulted in the efficiency of carbohydrate, protein, and fat utilizations. It can be concluded that essential oils are potential as rumen modifier by inhibit methanogenesis, increase asam propionate, energy efficiency and ruminal by pass protein. The inconsistent results on milk production and milk fat requires further research to study deeper the effect of dosage and type of essential oils on dairy cows performance.

Key words: Essential oil, rumen modifier, milk production, milk quality

ABSTRAK

Efisiensi pakan sangat penting dilakukan pada ternak perah karena dapat meningkatkan produksi dan kualitas susu, serta menurunkan emisi metana pada lingkungan. Salah satu strategi peningkatan efisiensi pakan yaitu dengan menggunakan *rumen modifier*. Minyak atsiri dengan kemampuannya sebagai anti mikroba telah digunakan sebagai *rumen modifier* pada ternak perah. Paper ini bertujuan untuk mengulas beberapa kajian penelitian tentang penggunaan minyak atsiri sebagai aditif pakan untuk meningkatkan produksi dan kualitas susu sapi perah. Berdasarkan beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa penggunaan minyak atsiri dengan komponen seperti timol, eugenol, sinamaldehida, dan carvacrol pada pakan sapi perah dapat menurunkan populasi protozoa, metanogen, bakteri proteolitik dan bakteri biohidrogenase. Adanya rekayasa populasi mikroba rumen menyebabkan hasil fermentasi rumen lebih optimal dalam efisiensi pemanfaatan karbohidrat, protein, dan lemak. Disimpulkan bahwa minyak atsiri dapat digunakan sebagai rumen modifier dengan menghambat proses metanogenesis, meningkatkan kadar asam propionat, efisiensi penggunaan energi dan protein lolos rumen. Pengaruh minyak atsiri yang tidak konsisten terhadap peningkatan produksi susu dan lemak susu memerlukan penelitian lebih lanjut untuk mempelajari lebih dalam pengaruh dosis dan jenis minyak atsiri pada performa sapi perah.

Kata kunci: Minyak atsiri, modifikasi rumen, produksi susu, kualitas susu

PENDAHULUAN

Kebutuhan susu dalam negeri hanya mampu dipenuhi sekitar 19%, sedangkan 81% nya masih impor (Kementerian Pertanian, BPS, 2019). Salah satu penyebab kondisi tersebut adalah rendahnya produktivitas sapi perah, termasuk produksi susu. Berbagai upaya dilakukan guna meningkatkan produktivitas sapi perah, diantaranya melalui peningkatan efisiensi penggunaan nutrisi. Optimalisasi fungsi rumen merupakan kunci dalam peningkatan efisiensi nutrisi pakan. Fungsi rumen sangat penting karena mikrobiota rumen yang bertanggung jawab

terhadap degradasi dan fermentasi komponen utama pakan yang dicerna oleh ternak ruminansia. Menurut Thomassen et al. (2009) jika nutrisi tidak dikonversikan ke dalam produksi susu dan cadangan tubuh, maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan dalam bentuk emisi yaitu amonia dan metana sehingga perlu adanya strategi untuk mengoptimalkan efisiensi pakan. Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi pakan yaitu dengan menggunakan aditif sebagai *rumen modifier*.

Rumen modifier didefinisikan sebagai "aditif pakan" yang mengubah fermentasi rumen, pertumbuhan mikroba, dan memiliki dampak positif

pada efisiensi pakan. Selain itu, digunakan dalam pendekatan pemodelan diet, pengubah rumen ini harus terbukti memiliki kapasitas untuk memodifikasi beberapa langkah kunci dari proses biologis pencernaan rumen. *Rumen modifier* dapat mengoptimalkan beberapa fungsi rumen, sehingga bermanfaat untuk ruminansia diantaranya: 1) penurunan produksi metana yang berdampak pada peningkatan asam propionat, sehingga dapat tercapai efisiensi energi; 2) mengurangi degradasi protein pakan untuk meningkatkan bioavailabilitas asam amino di usus kecil; 3) mengurangi laju degradasi karbohidrat yang cepat difermentasi (amilum, sukrosa) dan mengontrol konsentrasi asam laktat; 4) peningkatan kecernaan serat (Jouany & Morgavi 2007).

Monensin merupakan salah satu *rumen modifier* yang digunakan pada pakan ruminansia dan dikelompokkan sebagai antibiotik karena mekanismenya sebagai antimikroba spesifik pada rumen dan terbukti dapat meningkatkan efisiensi pakan. Namun, penggunaan antibiotik pada pakan banyak mendapat perhatian dari masyarakat dikarenakan adanya kekhawatiran terhadap residu produk, sehingga adanya pelarangan di Uni Eropa sejak Januari 2006 (1831/2003 / CEE, Komisi Eropa, 2003) dan di Indonesia dengan adanya aturan UU No. 41 tahun 2014 tentang Peternakan dan Kesehatan. Beberapa penelitian dalam bidang nutrisi ruminansia banyak difokuskan untuk menemukan alternatif pengganti antibiotik.

Minyak atsiri yang merupakan senyawa volatil terdiri campuran dari berbagai senyawa metabolit sekunder, telah banyak mendapatkan perhatian sebagai alternatif pengganti antibiotik karena memiliki kemampuan sebagai anti mikroba. Beberapa penelitian penggunaan minyak atsiri menunjukkan bahwa fermentasi rumen dipengaruhi oleh minyak atsiri sehingga pemanfaatan minyak atsiri sebagai aditif pakan dalam pakan sapi perah memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi nutrisi, produksi dan kualitas susu. Tetapi, penggunaan minyak atsiri sampai saat ini masih berasal dari tanaman *temperate*. Indonesia memiliki potensi tanaman herbal dan aromatik yang sangat banyak, sehingga perlu adanya evaluasi penggunaannya sebagai aditif pakan. Review ini dilakukan untuk memberikan informasi beberapa kajian penelitian tentang penggunaan minyak atsiri sebagai aditif pakan sapi perah untuk meningkatkan produksi dan kualitas susu sapi perah.

MINYAK ATSIRI DAN KOMPONEN BIOAKTIF

Komposisi kimia dan sumber minyak atsiri

Minyak atsiri merupakan fraksi volatil yang terdiri dari campuran senyawa metabolit sekunder tanaman.

Berbeda dengan sebutan namanya “oil”, minyak atsiri tidak lengket seperti minyak dengan warna bening dan agak kekuningan dan menimbulkan aroma khas dari tanaman. Secara umum, konstituen dalam minyak atsiri adalah terpen (monoterpen dan sesquiterpen), senyawa aromatik (aldehida, alkohol, fenol, turunan metoksi, dan sebagainya), dan terpenoid (isoprenoid). Senyawa dan aroma minyak atsiri dapat dibagi menjadi 2 kelompok utama: hidrokarbon terpena dan teroksigenasi senyawa.

Hidrokarbon terpena: Hidrokarbon adalah molekul, yang terdiri dari atom H dan C dalam satu rantai. Hidrokarbon ini bisa asiklik, siklik (monosiklik, bisiklik, atau trisiklik), atau aromatik. Terpena merupakan senyawa kimia yang sering ditemukan di minyak atsiri. Terpena terbuat dari beberapa unit isoprena (5 karbon unit dasar, C₅). Minyak atsiri juga terdiri dari monoterpena (C₁₀) dan sesquiterpena (C₁₅), yang merupakan hidrokarbon dengan rumus umum (C₅H₈). Minyak atsiri sebagian besar mengandung monoterpena dan sesquiterpena, dengan berat molekul masing-masing adalah C₁₀H₁₆ (BM 136 g/mol) dan C₁₅H₂₄ (BM 204 g/mol). Meskipun sesquiterpena lebih besar dalam bobot molekul, struktur dan sifat fungsional sesquiterpena mirip dengan monoterpena. Untuk diterpena, triterpena, dan tetraterpena, mereka memiliki molekul lebih besar dari monoterpena dan sesquiterpena, tetapi keberadaannya dalam minyak atsiri dengan konsentrasi yang rendah (Flour-Paneri & Giannenas 2019).

Senyawa teroksigenasi: Senyawa ini adalah kombinasi dari C, H, dan O, dan ada berbagai senyawa yang ditemukan dalam minyak esensial. Senyawa teroksigenasi diperoleh dari turunan terpena, biasa disebut dengan terpenoid. Beberapa senyawa kelompok oksigenasi di dalam minyak atsiri tanaman ditunjukkan sebagai berikut: - Fenol: timol, eugenol, carvacrol, chavicol, dan sebagainya. - Alkohol: Alkohol monoterpena: borneol, isopulegol, lavanduol, α -terpineol, dan sebagainya. Alkohol sesquiterpena: elemol, nerolidol, santalol, α -santalol. Aldehida: citral, myrtenal, cuminaldehyde, citronella, cinnamaldehyde, benzaldehida. Keton: carvone, menthone, pulegone, fenchone, camphor, thujone, verbenone. Ester: bomil asetat, linalyl asetat, citronellyl asetat, geranyl asetat, dan sebagainya. Oksida: 1,8-cineole, bisabolone oxide, linalool oxide, sclareol oksida. - Lakton: bergaptene, nepetalactone, psoralen, aesculatine, citroptene. Eter: 1,8-cineole, anethole, elemicin, myristicin, dan sebagainya (Young 2019).

Aktivitas anti mikroba dari minyak atsiri

Kemampuan minyak atsiri telah terbukti dapat digunakan sebagai antimikroba. Carvacrol adalah komponen utama minyak atsiri dari oregano (60%

hingga 74%) dan thyme (45%) yang memiliki spektrum luas terhadap aktivitas antimikroba yaitu bakteri Gram positif dan Gram negatif. Carvacrol dapat menghancurkan membran luar bakteri Gram negatif, melepaskan lipopolisakarida dan mengubah permeabilitas membran sitoplasma ke ATP. Untuk bakteri Gram positif, carvacrol dapat berinteraksi dengan selaput bakteri dan mengubah permeabilitas untuk kation seperti H^+ dan K^+ . Secara umum, aktivitas antimikroba dari minyak atsiri lebih besar pada bakteri Gram positif daripada bakteri Gram negatif. Proses perubahan gradien ion menyebabkan kerusakan proses penting dalam sel dan akhirnya ke kematian sel (Tsai et al. 2013).

Aktivitas minyak atsiri terkait dengan komposisi, gugus fungsi, dan interaksi sinergis antar komponen kimia. Penghilangan substituen cincin alifatik carvacrol sedikit menurunkan aktivitas antimikroba. 2-Amino-p-cymene memiliki struktur yang mirip dengan carvacrol, tetapi tidak memiliki gugus hidroksil memiliki aktivitas sebesar 3 kali lebih rendah dibandingkan dengan carvacrol. Hal ini menunjukkan peran penting dari gugus hidroksil dalam aktivitas antimikroba dari minyak atsiri. Gugus hidroksil berada di dalam struktur senyawa fenolik memiliki aktivitas antimikroba yang lebih besar dibandingkan komponen yang lainnya (Thormar 2011).

Minyak atsiri memiliki kemampuan seperti halnya antibiotik yaitu bakteriostatik (mencegah bakteri) atau bakterisidal (membunuh bakteri). Mekanisme antimikroba pada minyak atsiri yang bersifat bakteriostatik akan menjadi bakterisidal tergantung dari konsentrasi dan populasi bakteri yang dihambat. Mekanisme bakteriostatik memiliki aksi terbalik, jika sel dapat menetralkan zat antimikroba, sehingga sel mikroba kembali memiliki fungsi reproduksinya. Berbeda dengan sifat bakterisidal memiliki sifat permanen, meskipun setelah proses naturalisasi, sel mikroba akan tetap tidak bisa tumbuh dan bereproduksi. Biasanya, mekanisme antimikroba tidak dihitung berdasarkan tiap sel, tetapi populasi mikroba, karena beberapa sel akan mengalami fase reproduksi, sedangkan yang lain sudah mencapai fase kematian, sehingga untuk membedakan jenis bakteriostatik dan bakterisidal akan mengalami kesulitan (Shaaban et al. 2012).

Minyak atsiri yang memiliki kemampuan sebagai bakteriostatik, salah satunya adalah golongan fenol karena adanya gugus hidroksil yang mampu mengikat protein sel dan melewati lapisan lipid dari bakteri, sehingga menyebabkan lisis sel, dan terganggunya aktivitas enzimatis dari mikroba. Efisiensi zat antimikroba dari minyak atsiri tergantung jenis, genus, spesies, dan strain target mikroorganisme, selain faktor lingkungan seperti pH, aktivitas air, temperatur, komposisi atmosfer, dan kemampuan mikroba

menggunakan substrat (Faleiro 2011). Aktivitas antimikroba dari minyak atsiri dapat dihitung berdasarkan komponen kimia seperti nilai pKa, rasio hidropobik dan lipolitik, solubilitas, dan volatilitas. Thymol dan carvacrol dari minyak atsiri mampu membunuh bakteri patogen *E. coli*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella choleraesuis*, dan *Salmonella typhimurium*, jenis kelompok minyak atsiri dari fenol lebih kuat menghambat bakteri Gram positif, dibandingkan Gram negatif (Shaaban et al. 2012).

MINYAK ATSIRI TERHADAP FERMENTASI RUMEN

Semua jenis pakan yang masuk ke dalam rumen pasti akan difermentasi oleh mikroba rumen, aktivitas mikroba rumen sangat penting terhadap pencernaan ternak ruminansia karena sebagian kebutuhan nutrisi ruminansia dipenuhi oleh hasil fermentasi mikroba rumen. Karena hal tersebut, dibutuhkan suatu metode untuk meningkatkan nutrisi ruminansia melalui manipulasi fermentasi di dalam rumen (McDonald et al. 2010). Jouany & Morgavi (2007) mengidentifikasi ada lima cara yang mungkin untuk memperbaiki nutrisi ruminansia, 1) Meningkatkan pencernaan karbohidrat struktural, 2) Memproteksi pakan sumber protein yang berkualitas tinggi agar tidak didegradasi di dalam rumen, 3) Mengubah produk akhir fermentasi mikroba, 4) Memperbaiki pertumbuhan mikroba, dan 5) Mengurangi degradasi protein menjadi NH_3 baik dari sumber protein dan non protein nitrogen.

Manipulasi fermentasi di dalam rumen mampu meningkatkan efisiensi nutrisi. Manipulasi tersebut sebelumnya dilakukan dengan penambahan antibiotik *ionophore*, tetapi saat ini, dengan penambahan senyawa sekunder tanaman seperti saponin, tanin dan minyak atsiri. Sebagai pakan aditif, minyak atsiri sudah banyak digunakan untuk manipulasi mikroba rumen dengan pertimbangan antara lain berat molekul kecil, tidak termetabolisme dalam saluran cerna, tidak bersifat toksik, tidak ada residu dalam produk, memiliki aktivitas dapat menggantikan antibiotik (Tisserand & Young 2014).

MINYAK ATSIRI TERHADAP KECERNAAN NUTRIEN

Kecernaan nutrisi merupakan salah satu aspek yang menentukan kualitas pakan buatan karena akan mempengaruhi keseimbangan komposisi nutrisi yang dapat dimanfaatkan. Aktivitas minyak atsiri yang memiliki kemampuan sebagai rumen modifier berpengaruh terhadap pencernaan beberapa nutrisi pakan seperti karbohidrat, protein, dan lemak. Matloup

et al. (2017) melaporkan terjadi kenaikan pencernaan bahan organik (BO), lemak kasar (LK), NDF dan ADF ketika ditambahkan minyak atsiri ketumbar dengan dosis 14 ml/hari pada pakan sapi perah. Penambahan minyak atsiri dari kayu putih dengan dosis 0,029% dalam BK pakan (290 mg/kg pakan) juga menunjukkan hasil yang sama yaitu terjadi kenaikan pencernaan BK, BO, PK, SK, LK, dan NDF pakan (Shwerab et al. 2014). Lebih lanjut, Silva et al. (2020) juga melaporkan bahwa campuran minyak atsiri terdiri dari capsaicin, carvacrol, sinamaldehid, dan eugenol sebanyak 150 mg/ kg BK pakan dapat meningkatkan pencernaan BK, BO, dan PK pakan.

Pengaruh minyak atsiri terhadap pencernaan nutrisi masih bervariasi karena aktivitasnya berhubungan terhadap keberagaman mikroba rumen (Patra & Yu 2015). Hal ini juga dilaporkan dari penelitian Benchaar (2020) bahwa penambahan minyak atsiri oregano sebagai sumber carvacrol pada pakan sapi perah dengan dosis 50 mg/kgBK pakan tidak berpengaruh terhadap total pencernaan nutrisi. Lebih lanjut, Benchaar et al. (2006) juga melaporkan, ketika dosis dinaikkan dengan sumber minyak atsiri yang sama dari 0,75 g/ekor/hari menjadi 2 g/ekor/hari, minyak atsiri tidak berpengaruh terhadap pencernaan BK, PK, NDF tetapi meningkatkan pencernaan ADF pakan. Castillejos et al. (2008) menjelaskan bahwa penambahan eugenol dengan level dosis 5, 50 dan 500 mg/L juga tidak berpengaruh terhadap pencernaan BK, NDF dan ADF pakan. Pengaruh minyak atsiri yang beragam terhadap pencernaan nutrisi tergantung dari dosis dan jenis dari minyak atsiri sehingga penggunaannya sebagai aditif pakan perlu mempertimbangkan efektivitas dosis minyak atsiri.

PERAN MINYAK ATSIRI TERHADAP PRODUKSI VFA

Bagian dari modifikasi hasil fermentasi sumber karbohidrat yang paling efisien sebagai sumber energi adalah asam propionat karena berkorelasi dengan penurunan produksi metana. VFA diserap melalui dinding rumen kemudian ditransportasikan pada sirkulasi darah menuju ke hati. Di dalam hati, energi diproduksi kemudian digunakan untuk berbagai jenis fungsi performa produksi (produksi susu, pemeliharaan sistem tubuh, kebuntingan dan pertumbuhan) (Jacobs 2003). Minyak atsiri dari thyme dan kayu manis dengan dosis masing-masing 5 g/ekor/hari pada pakan sapi perah berpengaruh terhadap kenaikan konsentrasi asam propionat di dalam rumen sebesar 19,83% dan 13,76% secara berturut-turut dibandingkan kontrol secara *in vivo* (Vakili et al. 2013). Penambahan minyak atsiri cengkeh dengan dosis 0,125 mg/kg BK pakan secara *in vitro* juga meningkatkan konsentrasi asam propionat sebesar 9,76% dari kontrol (Günel et al.

2017). Penggunaan minyak atsiri dengan komponen campuran yang terdiri dari kayu putih, peppermint, dan mentol dengan dosis 16 mg/L volume air minum sapi perah secara *in vivo* terjadi kenaikan kadar asam propionat sebesar 12,23 % di dalam rumen dibandingkan kontrol (Soltan et al. 2009). Menurut Benchaar (2020) penambahan minyak atsiri dari oregano dengan dosis 50 mg/ekor/hari pada pakan sapi perah secara *in vivo* tidak berpengaruh terhadap kadar asam propionat.

Evaluasi penggunaan minyak atsiri terhadap kadar asam propionat baik *in vitro* dan *in vivo* perlu dilakukan untuk memberikan informasi dosis dan jenis minyak atsiri yang tepat. Hal ini penting dilakukan karena asam propionat merupakan senyawa glukogenik di dalam hati yang digunakan untuk produksi glukosa untuk sintesis laktosa didalam kelenjar mammae (Chamberlin & Wilkinson 2009). Selama laktasi, kuantitas produksi susu akan diatur oleh kadar laktosa di dalam alveoli. Laktosa mempengaruhi tekanan osmotik antara darah dan alveoli, kemudian air dalam darah akan ditarik ke dalam alveoli. Beberapa zat dalam susu seperti mineral, vitamin, atau imunoglobulin akan melewati membran sel langsung dari darah ke dalam lumen melalui protein transporter. Aktivitas protein transporter ini meningkat ketika penyerapan air ke dalam sel sekretori kelenjar mammae (Jacobs 2003).

Kualitas dari lemak susu sapi perah ditentukan dari hasil degradasi serat pakan yang kemudian diubah menjadi asam asetat di dalam rumen, sehingga perlu adanya evaluasi pengaruh penggunaan minyak atsiri terhadap kadar asam asetat. Menurut Flores et al. (2013) penambahan campuran minyak atsiri yang terdiri dari eugenol dan sinamaldehida dengan dosis hingga 600 mg/kg/ekor/hari tidak mempengaruhi kadar asam asetat. Oh et al. (2019) juga melaporkan bahwa penambahan campuran minyak atsiri yang terdiri dari carvacrol, timol, dan eugenol dengan dosis 3,5 g/ekor/hari juga tidak mempengaruhi kadar asam asetat. Penggunaan minyak atsiri dari cengkeh dan thyme secara *in vitro* juga memiliki pengaruh yang sama terhadap kadar asam asetat yaitu tidak signifikan dibandingkan kontrol, tetapi penambahan minyak atsiri bunga lawang dengan dosis 250 mg/L dapat meningkatkan kadar asam asetat sebesar 32,29% dibandingkan kontrol (Günel et al. 2017a). Perbedaan hasil pada kadar asam asetat ini disebabkan oleh aktivitas minyak atsiri terhadap bakteri selulolitik untuk mendegradasi serat. Menurut hasil penelitian Patra & Yu (2012), minyak atsiri kayu putih, bawang putih, peppermint, dan oregano menurunkan kadar asam asetat dan kadar serat secara signifikan kecuali minyak cengkeh. Hasil penurunan serat dan asam asetat juga berkorelasi dengan penurunan populasi bakteri selulolitik (*Fibrobacter succinogenes*, *Ruminococcus*

flavefaciens, dan *R. albus*) sejalan dengan kenaikan dosis minyak atsiri. Namun demikian, beberapa penelitian melaporkan bahwa penggunaan campuran minyak atsiri dengan dosis 1 g/ekor/hari atau 150 mg/kg pakan tidak ada pengaruh terhadap populasi bakteri rumen atau bakteri selulolitik secara *in vivo* pada sapi perah (Benchaar et al. 2006; 2007; Giannenas et al. 2011; Schären et al. 2017). Perbedaan kadar asam asetat dari hasil fermentasi rumen memiliki korelasi dengan populasi bakteri selulolitik, sehingga dimungkinkan dalam penggunaan minyak atsiri sebagai rumen modifier harus dipertimbangkan dosis dan jenis, sehingga tidak mempengaruhi mikroba yang memiliki peran penting dalam fermentasi nutrisi pakan.

PENGARUH MINYAK ATSIRI TERHADAP DEGRADASI PROTEIN

Protein pakan di dalam rumen akan mengalami hidrolisis menjadi asam amino dan oligopeptida. Selanjutnya asam amino akan mengalami degradasi menjadi NH_3 , VFA, dan CO_2 . Lebih kurang 82% mikroba rumen dapat menggunakan nitrogen amonia. Karena itu, mikroba lebih suka merombak asam amino menjadi amonia. Kecukupan konsentrasi amonia dalam rumen diperlukan untuk pertumbuhan optimal mikroba dan proses fermentasi. Namun demikian, suplai dari protein mikroba masih kurang mencukupi kebutuhan ternak sehingga diperlukan protein *by pass* (lolos rumen), untuk mengurangi degradasi rumen dan membuat asam amino tersedia untuk diserap di usus halus (Chamberlin & Wilkinson 2009). Minyak atsiri dengan aktivitasnya sebagai anti mikroba dapat menurunkan populasi mikroba rumen jenis HAP (*Hyper ammonia producer*) yaitu *Peptostreptococcus anaerobius*, *Clostridium sticklandii*, and *Clostridium aminophilum* yang menyebabkan amonia produksi berlebih di dalam rumen. Selain itu minyak atsiri juga dapat menurunkan *Prevotella* yang memiliki aktivitas proteolitik (Khateri et al. 2017).

Benchaar et al. (2007) melaporkan bahwa tidak ada pengaruh terhadap konsentrasi NH_3 ketika pakan disuplementasi menggunakan 0,75 g/ekor/hari minyak atsiri. Patra & Yu (2015) melaporkan bahwa penambahan 0,5 g/L dari oregano dan pepermint pada fermentasi rumen secara *in vitro* menyebabkan penurunan populasi bakteri *Prevotella*, yang diikuti dengan penurunan NH_3 . Hal ini sejalan dengan Busquet et al. (2005) yang melaporkan bahwa penambahan carvacrol 3,000 mg/L menyebabkan konsentrasi NH_3 juga mengalami penurunan. McIntosh et al. (2003) melaporkan penambahan campuran minyak atsiri timol, eugenol, dan carvacrol sebesar 1 gram/hari menghambat pertumbuhan bakteri yang mendegradasi asam amino menjadi amonia. Mungkin jenis, campuran dan konsentrasi minyak atsiri serta

campuran pakan yang digunakan menyebabkan perbedaan pengaruh minyak atsiri terhadap pembentukan amonia di dalam rumen.

MINYAK ATSIRI SEBAGAI AGENSI PENGHAMBAT METANOGENESIS

Produk utama dari fermentasi monosakarida adalah VFA, terutama asam asetat (A), asam propionat (P), asam butirat (B), dan valerat (V). Disamping n-butirat, dan n-valerat terdapat pula isobutirat dan isovalerat. Umumnya perbandingan VFA dalam rumen berkisar 65% A, 20% P, 10% B dan 5% V (Friggens et al. 1998). Hasil samping dari fermentasi karbohidrat berupa gas yang dikeluarkan melalui proses eruktasi. Gas-gas utama yang dihasilkan adalah CO_2 (60%), CH_4 (30-40%), dan N_2 dalam jumlah yang bervariasi, dan sejumlah H_2S , H_2 , dan O_2 . Gas metana dibentuk dari reduksi CO_2 dan format oleh bakteri metanogenik. Di dalam rumen, metanogen hidup secara simbiosis dengan protozoa baik secara ekto dan endo, sehingga menurut Dai & Faciola (2019) produksi metana berkorelasi dengan populasi protozoa. Gas metana adalah suatu senyawa berenergi tinggi dan dikeluarkan sebagai produk sisa; menunjukkan hilangnya sekitar 8% energi dari total energi tercerna suatu pakan (Morgavi et al. 2012), sehingga perlu adanya strategi menurunkan produksi metana.

Minyak atsiri yang memiliki aktivitas sebagai antimikroba dapat digunakan sebagai agen penurunan produksi metana yaitu dengan menghambat populasi protozoa dan metanogen. Menurut penelitian Nooriyan Soroor & Rouzbehan (2017) pemberian minyak kayu putih pada dosis 30 $\mu\text{L/L}$ medium *in vitro* dapat menurunkan populasi protozoa sebesar 37,5% yang berkorelasi dengan penurunan metana sebesar 60,7% dibandingkan kontrol. Di dalam penelitian ini juga dilaporkan bahwa protozoa jenis *Entodinae* dan *Diplodinae* yang memiliki korelasi terbesar dalam produksi metana. Günel et al. (2017) juga melaporkan bahwa penggunaan minyak atsiri bunga lawang, cengkeh, dan thyme, secara *in vitro* dengan 0,5 mg/BK pakan dapat menurunkan produksi metana secara berturut-turut sebagai berikut 32,89%, 37,94%, 76,61%. Selanjutnya dilaporkan bahwa penurunan metana berkorelasi negatif dengan kenaikan asam propionat yang menjelaskan terjadi perubahan penggunaan substrat hidrogen yang tidak dikonversikan menjadi metana melainkan menjadi asam propionat. Menurut Patra & Yu (2012) minyak atsiri dari cengkeh, kayu putih, bawang putih, oregano, dan pepermint sebagai agensi penghambat metanogenesis karena dapat menurunkan populasi metanogen dan protozoa.

Penggunaan minyak atsiri pada pakan sapi perah secara *in vivo* juga telah dilakukan oleh beberapa

peneliti untuk mengetahui pengaruhnya terhadap produksi metana. Hart et al. (2019) melaporkan bahwa penggunaan minyak atsiri komersil pada pakan sapi perah secara *in vivo* menurunkan produksi metana sebesar 6% per ekor per hari, atau 20% per kg produksi susu per ekor dibandingkan kontrol setelah 3 masa percobaan. Hal ini memberikan informasi bahwa penurunan metana akan memberikan efisiensi penggunaan energi bagi sapi laktasi. Penelitian Klop et al. (2017) juga melaporkan bahwa penggunaan minyak atsiri komersil berpengaruh terhadap penurunan metana sebesar 12% hanya pada minggu pertama percobaan. Hasil ini mengindikasikan bahwa penurunan produksi metana berkorelasi juga terhadap masa adaptasi dan penggunaan aditif dengan sistem rotasi.

MINYAK ATSIRI TERHADAP PRODUKSI DAN KUALITAS SUSU

Minyak atsiri yang memiliki mekanisme aksi sebagai antimikroba di dalam rumen juga akan berpengaruh terhadap hasil degradasi nutrisi di dalam

rumen dan metabolisme nutrisi sapi perah laktasi. Hasil degradasi nutrisi sumber protein dan karbohidrat di dalam rumen menentukan produksi susu sapi perah laktasi, sehingga perlu adanya informasi terkait penggunaan dosis minyak atsiri terhadap produksi dan kualitas susu. Berdasarkan hasil kajian literatur yang tersaji pada Tabel 1 penambahan minyak atsiri baik itu tunggal dan campuran rata-rata dengan dosis 0,2 hingga 3,5 g/ekor/hari yang ditambahkan pada pakan basal yaitu hijauan dan konsentrat denganimbangan 60:40, kandungan protein 16%, dan metode pemberian pakan *total mixed ration* (TMR). Identifikasi komponen bioaktif juga tersaji dalam Tabel 1. Berdasarkan hasil kajian literatur penggunaan minyak atsiri pada pakan sapi perah banyak terdapat pada kelompok fenol. Menurut Young (2019), fenol merupakan kelompok bioaktif yang paling banyak terdapat pada minyak atsiri dan memiliki aktivitas anti mikroba sangat kuat. Adanya gugus hidroksil yang terdapat pada fenol memiliki mekanisme yaitu berikatan dengan protein dan lipid pada membran bakteri (Tissery & Young 2014).

Tabel 1. Dosis penggunaan minyak atsiri pada pakan sapi perah

Study	dosis (g/Kg BK)	Periode (hari)	PK%	NEI MJ/Kg	H:K	Pakan	Penambahan ke dalam pakan
Benchaar (2020)	0,5	28	17,9	1,60	60:40	TMR	<i>Oregano oil</i>
Silva et al. (2020)		56	16,6		50:50	TMR	<i>Carvacrol, cinnamaldehyde, eugenol, dan capsaicin</i>
Kholif et al. (2020)	3	57	16,1	1,60	50:50	TMR	<i>Linalool</i>
Hart et al. (2019)	1	154	18,2	1,65	80:20	TMR	<i>Coriander seed oil, geranyl acetate, eugenol</i>
Joch et al. (2019)	1,2	105	19,0	1,68	60:40	TMR	<i>Cresol, thymol, limonene</i>
Elcoso et al. (2019)	1	56	15,3	1,58	45:55	TMR	<i>Eugenol, geranyl acetate, coriander oil</i>
Braun et al. (2019)	1,2	40	15,3	1,65	70:30	TMR	<i>Menthol, eugenol, anethol</i>
Oh et al. (2019)	3,5	28	15,5	1,56	60:40	TMR	<i>Carvacol, eugenol, thymol</i>
Silva et al. (2018)	0,4	21	16,0	1,73	40:60	TMR	<i>Thymol, eugenol, vanillin, limonene</i>
Oh et al. (2017)	0,5	28	16,1	1,67	60:40	TMR	<i>Capsicum</i>
Blanch et al. (2016)	0,3	28	16,1	1,67	70:30	TMR	<i>Cinnamaldehyd, garlic oil</i>
Drong et al. (2016)	1	56	19,7	9,2	50:50	TMR	<i>Thymol, guaiacol eugenol, vanillin salicylaldehyde dan limonene (CRINA)</i>
Shwerab et al. (2014)	0,5	22	16,1			silage	<i>Eucalyptus oil</i>
Flores et al. (2013)	0,2	63	16,2			pasture	<i>Eugenol, cinnamaldehyde</i>
Tekippe et al. (2013)	0,5	40	15,5	1,65	55:45	TMR	<i>Eugenol, cinnamaldehyde</i>

H:Kn= Hijauan:Konsentrat

Tabel 2. Minyak atsiri terhadap produksi dan komposisi susu sapi perah

Study	Kontrol				Minyak atsiri			
	Prod susu (kg/hari)	Lemak (kg/hari)	Protein (kg/hari)	Laktosa (kg/hari)	Prod susu (kg/hari)	Lemak (kg/hari)	Protein (kg/hari)	Laktosa (kg/hari)
Benchaar. (2020)	34,3	1,27	1,12	1,59	34,6	1,29	1,11	1,61
Silva et al. (2020)	30,1	0,94	0,96	1,39	30,8	0,95	0,98	1,40
Kholif et al. (2020)	13,4	0,41	0,41	0,48	14,2	0,46	0,46	0,51
Hart et al. (2019)	28,3	1,32	0,96	1,34	31,2	1,42	1,05	1,47
Joch et al.(2019)	41,9	1,76	1,34	2,78	37,4	1,39	1,20	1,83
Elcoso et al. (2019)	31,8	1,23	0,98	td	32,9	1,28	1,02	td
Braun et al. (2019)	31,8	1,15	1,06	td	33,0	1,23	1,11	td
Oh et al.(2019)	28,4	1,48	1,20	1,86	26,9	1,49	1,18	1,82
Silva et al. (2018)	31,5	1,11	0,99	1,48	31,1	1,07	0,93	1,41
Oh et al. (2017)	34	1,11	0,94	1,27	37,4	1,06	0,90	1,28
Blanch et al. (2016)	29,4	1,07	0,98	1,43	30,0	1,07	0,99	1,47
Drong et al. (2016)	27,1	1,60	0,96	1,30	29,9	1,88	0,99	1,37
Shwerab et al.(2014)	13,1	0,44	0,39	0,70	14,0	0,48	0,47	0,76
Flores et al. (2013)	20,2	0,70	0,73	1,02	19,9	0,69	0,75	1,01
Tekippe et al. (2013)	35,9	1,39	1,11	1,72	35,2	1,33	1,09	1,66
Rata-rata	28,68	1,13	0,94	1,41	29,23	1,13	0,94	1,35
Standar deviasi	7,58	0,37	0,25	0,53	7,24	0,36	0,21	0,37

Aktivitas anti mikroba dari minyak atsiri akan berdampak terhadap kemampuan mikroba rumen dalam mendegradasi nutrisi, hal ini juga akan berdampak terhadap metabolisme yang terjadi pada sapi perah laktasi sehingga akan mempengaruhi terhadap produksi dan kualitas susu. Pada Tabel 2 dilaporkan bahwa evaluasi minyak atsiri sebagai aditif pakan sapi perah memiliki hasil yang tidak konsisten dengan dosis dan jenis minyak yang berbeda, sehingga perlu adanya penelitian yang lebih banyak untuk mengetahui respon produksi ternak metode secara *in vivo* dengan menggunakan berbagai macam sumber minyak atsiri. Meskipun data yang diperoleh saat ini pada sapi perah laktasi tidak konsisten.

Dalam penelitian Drong et al. (2016) penambahan minyak atsiri dengan produk komersial CRINA dapat meningkatkan 9,36% produksi susu. Diperoleh adanya korelasi kenaikan kadar asam propionat di dalam fermentasi rumen dengan produksi susu. Castillejos et al. (2006) juga menjelaskan bahwa aktivitas anti bakteri oleh komponen bioaktif menyebabkan adanya perubahan mikrobiota rumen, sehingga menyebabkan penurunan komposisi asam lemak dibandingkan asam propionat di dalam komponen VFA. Asam propionat dapat digunakan secara efektif sebagai sumber energi untuk ruminansia, pengaruh ini bisa berdampak secara signifikan dalam produksi susu (Klevenhusen et al. 2012). Tetapi Benchaar (2020) dalam penelitian

menggunakan minyak atsiri oregano dan carvacrol murni juga dilaporkan bahwa tidak ada pengaruh terhadap parameter fermentasi rumen, produksi, dan komposisi susu.

Komposisi susu yang terdiri lemak, protein, dan laktosa ditentukan dari hasil fermentasi nutrisi yang terjadi di dalam rumen, kemudian dilanjutkan dalam metabolisme sapi laktasi. Tabel 2 memperlihatkan tidak adanya perubahan rata-rata produksi (kg/hari) lemak, protein, dan laktosa. Silva et al. (2020) melaporkan bahwa campuran minyak atsiri berpengaruh terhadap kenaikan produksi lemak di dalam susu sebesar 0,11% tetapi tidak ada pengaruh terhadap kadar protein dan laktosa. Walaupun ada beberapa publikasi melaporkan bahwa penggunaan minyak atsiri dengan kandungan linalool dapat meningkatkan produksi (kg/hari) lemak, protein, laktosa sebesar 0,11 hingga 0,15%. Namun, beberapa penelitian juga melaporkan bahwa terjadinya penurunan kadar lemak, protein, dan laktosa sebesar 0,10-0,15%.

Mekanisme pengaruh lemak susu masih belum jelas dan membutuhkan penelitian lebih lanjut. Benchaar et al. (2006) melaporkan bahwa minyak atsiri terhadap produksi susu pada suplementasi pakan sapi perah dalam periode tengah-laktasi sebesar 2 g/ekor/hari CRINA hanya menurunkan *fat corrected milk* (FCM) tanpa ada pengaruh terhadap lemak susu. Tassoul & Shaver (2009) melaporkan penelitian

sejenis, dengan tidak ada pengaruh terhadap produksi susu ketika sapi perah disuplementasi dari tiga minggu sebelum *calving* sampai 15 minggu postpartum dengan penambahan dosis minyak atsiri dengan nama komersial (CRINA) 1,2 gram/hari/sapi. Kung et al. (2008) melaporkan bahwa terjadi kenaikan produksi susu tetapi tidak ada pengaruh terhadap lemak susu pada awal sampai tengah laktasi dengan penambahan 1 g/ekor/hari (CRINA). Mekanisme tentang pengaruh minyak atsiri terhadap produksi susu masih berbeda tergantung tahapan laktasi (awal dan tengah laktasi), tetapi ini mungkin dihubungkan dengan perubahan profil mikroba dan kebutuhan nutrisi sebagai sapi transisi hingga periode sapi laktasi. Minyak atsiri telah banyak dibuktikan dalam manipulasi fermentasi rumen secara *in vitro*, tetapi sedikit untuk pengaruh secara *in vivo* karena itu sangat penting terkait ekosistem rumen masih banyak belum dipahami, secara garis besar mekanisme pemanfaatan minyak atsiri sebagai aditif pakan sapi perah tersaji pada Gambar 1.

Pengaruh minyak atsiri terhadap produksi sapi perah selain hubungannya dengan mekanisme antimikroba sebagai modulator rumen juga terkait reseptor minyak atsiri (*transient receptor potential* (TRP) channel A1 dan TRPV3 ditemukan di jaringan epitel pada usus halus (Holzer 2010), pada jaringan sapi dan kambing (Rosendahl et al. 2016). Penelitian Oh et al. (2017) menjelaskan bahwa pengaruh minyak atsiri pada ternak ruminansia terkait dengan status imun, regulasi insulin atau stres oksidatif diindikasikan dari beberapa review penelitian hubungannya terkait TRP channel. Minyak atsiri juga berhubungan dengan jalur ekspresi dari protein transpor di rumen (Mirzaei-Alamouti et al. 2016). Pada sapi perah, penyerapan Ca^{2+} sangat penting untuk dievaluasi untuk produktivitas sapi perah, hal ini hubungannya dengan kandungan plasma rendah Ca^{2+} dan menyebabkan penyakit metabolisme (*milk fever*) (Martín-Tereso & Martens 2014). Pada banyak jaringan epitel, transpor kation hubungannya dengan kation divalen yang termasuk dalam kelompok TRP (Wilkens et al. 2009). Menariknya dari penelitian Nilius & Szallasi (2014) minyak atsiri teridentifikasi sebagai stimulator untuk meningkatkan transport Ca^{2+} dan beberapa kation yang lain, beberapa penelitian juga mengidentifikasi minyak atsiri sebagai stimulator penyerapan Na^+ , NH_4^+ dan Ca^{2+} , hal ini juga berhubungan dengan ekspresi TRPV3 pada jaringan ternak ruminan (Rosendahl et al. 2016).

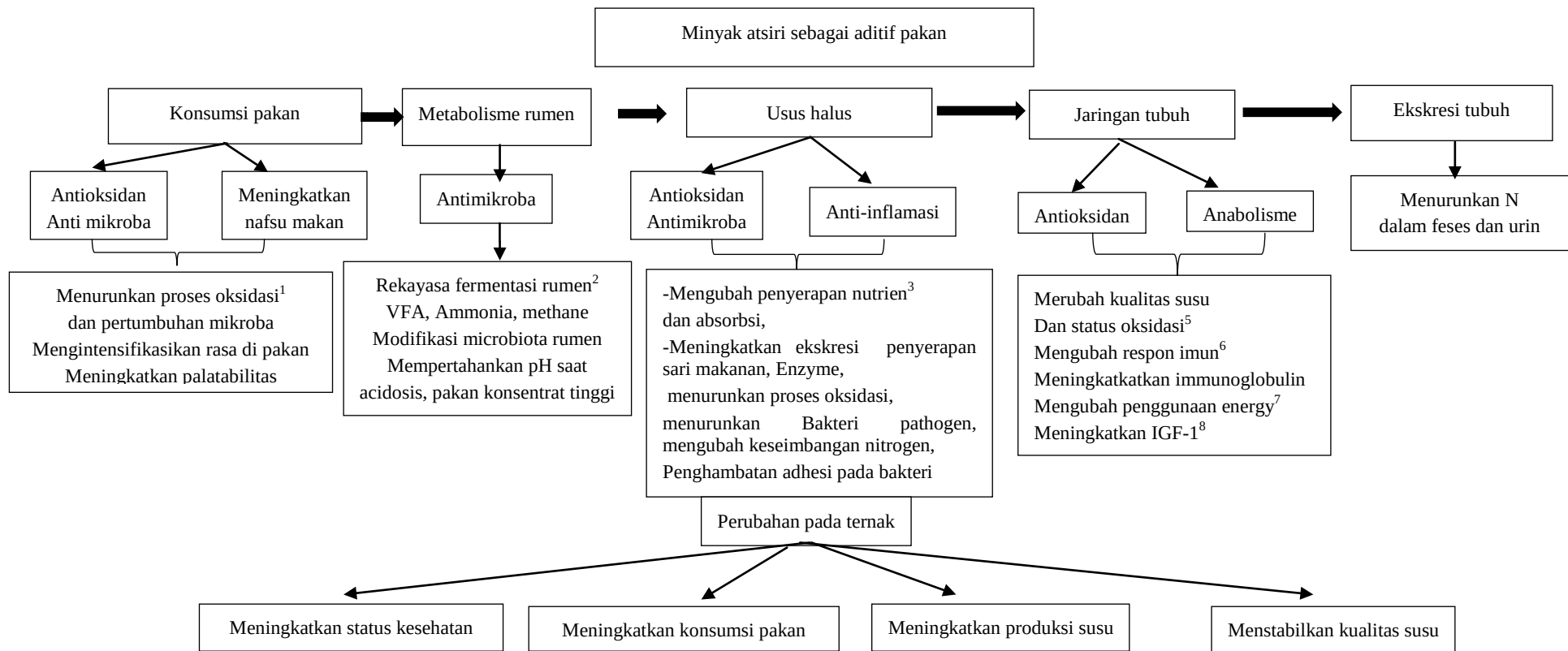
Hasil-hasil penelitian ini mendukung tentang hipotesis bahwa TRPV3 merupakan mediasi sebagai *transport membrane nutrient* yang dibawa oleh minyak atsiri melewati membrane epitel dari ruminan (Schrappers et al. 2018). Braun et al (2019) juga menjelaskan bahwa pengaruh minyak atsiri terhadap peningkatan absorpsi kation melalui jalur TRP berdampak terhadap penyerapan nutrisi dan mineral

sehingga memberikan pengaruh yang positif untuk produksi dan status kesehatan sapi perah. Campuran minyak atsiri yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari menthol dan sedikit eugenol dan anethol (MEA) yang diberikan sebanyak 1,2 gram/ekor/hari. Pengaruh MEA sebagai aditif pakan dapat meningkatkan produksi susu, lemak susu, dan produksi protein pada konsumsi bahan kering yang tetap. Beberapa penelitian tentang minyak atsiri pada produksi sapi perah memiliki pengaruh yang berbeda tergantung jenis minyak atsiri dan rancangan penelitian yang digunakan (Khiaosa-ard & Zebeli 2013).

Penelitian dari Braun et al. (2019) sangat menarik karena plasma urea signifikan turun, hal ini menjelaskan bahwa rendahnya urea susu selama penambahan minyak atsiri. *Milk urea nitrogen* (MUN) dapat digunakan sebagai prediksi total ekskresi nitrogen di urin. Penelitian lain tentang pengaruh minyak atsiri terhadap MUN dilaporkan oleh Giannenas et al. (2011) bahwa terjadi penurunan level MUN pada pakan sapi perah yang diberi EO komersial. Penelitian penggunaan campuran minyak atsiri yang berasal dari mint, thyme, rosemary dan cengkeh dilaporkan dapat mengeleminasi pengaruh negatif akibat pakan dengan konsentrat tinggi untuk sapi perah laktasi yaitu terjadinya *subacute ruminal acidosis* (SARA). Penyakit pada rumen ini dapat menurunkan pH dan ketidakseimbangan mikroba rumen, hal ini menyebabkan ternak menjadi stres dan menghasilkan senyawa yang bersifat toksik seperti *Lipopolysaccharides* (LPS) dan *biogenic amine* (BA), akibatnya meningkatkan mukosa rumen selama SARA. Rata-rata kejadian SARA menyebabkan sapi tidak dalam kondisi normal sehingga kekurangan plasma mineral, laminitis, abomasum tidak pada anatominya, lemak hati. Suplementasi minyak atsiri memberikan hasil yang berbeda saat pakan sapi perah diberikan konsentrat tinggi yaitu menurunkan LPS dan BA, mencegah penurunan pH, menurunkan fermentasi pati, meningkatkan level asam butirat. Secara keseluruhan suplementasi minyak atsiri pada pakan sapi perah dapat mencegah pengaruh negatif akibat pemberian konsentrat tinggi dan menurunkan konsentrasi molekul toksik di dalam rumen.

POTENSI MINYAK ATSIRI DARI TANAMAN AROMATIK DI INDONESIA

Setiap daerah memiliki keunikan lingkungan yang artinya juga memiliki beragam jenis spesifik spesies tanaman. Beberapa spesies tanaman berasal dari satu daerah kemudian berkembang ke beberapa daerah yang ditanam baik secara sengaja atau tidak, tetapi untuk beberapa jenis tanaman masih dibatasi penyebarannya sesuai dengan lokasi geografisnya berasal. Dilaporkan bahwa terdapat 40 jenis minyak atsiri yang berasal dari



Gambar 1. Mekanisme penggunaan minyak atsiri terhadap respon produksi sapi perah

Keterangan: (Tager & Krause 2011)¹, (Benchaar et al. 2008)², (Santos et al. 2010)³, (Oh et al. 2017)⁴, (Kotsampasi et al. 2018)⁵, (Schären et al. 2017)⁶, (Castillejos et al. 2006b), (Chapman et al. 2017)⁸

Indonesia dan memiliki manfaatnya berdasarkan komponen bioaktifnya. Potensi produk dari minyak atsiri di Indonesia seperti kayu putih, kunyit, lengkuas, nilam, kayu manis, cengkeh, pala, gaharu, jeruk nipis, cendana, kenanga, kemangi, lada, ketumbar, jahe, kencur, melati, sereh, lemon, sirih, mawar, pinus, dan akar wangi. Indonesia merupakan pengeksport minyak atsiri terbesar di dunia, terutama minyak nilam hampir 80-90% berasal dari Indonesia dengan volume 1.200-1.500 ton/tahun, (Ministry of Trade 2011).

Kegunaan minyak atsiri sangat banyak tergantung dari jenis tumbuhan yang diambil hasil sulingnya. Minyak atsiri digunakan sebagai bahan baku minyak wangi, kosmetik, obat-obatan, juga sebagai perasa dalam makanan. Penelitian pemanfaatan untuk ternak masih kurang, padahal dari uraian diatas minyak atsiri memiliki fungsi yang baik dalam efisiensi nutrisi pakan, sehingga perlu adanya penelitian-penelitian penggunaan minyak atsiri yang berasal dari tanaman di Indonesia. Mengingat Indonesia merupakan Negara yang memiliki biodiversitas sumber atsiri, peluang penggunaan minyak atsiri sangat besar untuk digunakan sebagai aditif pakan, Namun demikian, perlu juga adanya evaluasi dalam penggunaannya terhadap kontinuitas produksi dan kualitas dari minyak atsiri.

KESIMPULAN

Minyak atsiri dapat digunakan sebagai rumen modifier dengan menghambat proses metanogenesis, meningkatkan kadar asam propionat dan efisiensi penggunaan energi. Selain itu, minyak atsiri juga dapat digunakan untuk meningkatkan protein lolos rumen dengan menekan populasi bakteri proteolitik *Prevotella ruminicola*, yang mencerna protein. Lebih lanjut, minyak atsiri dapat meningkatkan produksi asam lemak tidak jenuh dalam susu melalui mekanisme penurunan proses biohidrogenasi. Namun demikian, penggunaan minyak atsiri secara langsung pada pakan sapi perah masih belum konsisten dalam meningkatkan produksi dan kualitas susu, sehingga perlu adanya studi lebih lanjut terkait penggunaan sumber dan level minyak atsiri dan jenis komponen bioaktif yang digunakan terhadap performa sapi perah.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pertanian. 2019. Outlook komoditas pertanian subsektor peternakan (susu). 1st ed. Jakarta (Indonesia): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Benchaar C. 2020. Feeding oregano oil and its main component carvacrol does not affect ruminal fermentation, nutrient utilization, methane emissions, milk production or milk fatty acid composition of dairy cows. *J Dairy Sci.* 103:1516-1527. doi: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2019-17230>.
- Benchaar C, Calsamiglia S, Chaves AV, Fraser GR, Colombatto D, McAllister TA, Beauchemin KA. 2008. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. *Anim Feed Sci Technol.* 145:209-228.
- Benchaar C, Duynisveld JL, Charmley E. 2006. Effects of monensin and increasing dose levels of a mixture of essential oil compounds on intake, digestion and growth performance of beef cattle. *Can J Anim Sci.* 86:91-96.
- Benchaar C, Petit HV., Berthiaume R, Ouellet DR, Chiquette J, Chouinard PY. 2007. Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage. *J Dairy Sci.* 90:886-897.
- Benchaar C, Petit HV., Berthiaume R, Whyte TD, Chouinard PY. 2006. Effects of addition of essential oils and monensin premix on digestion, ruminal fermentation, milk production, and milk composition in dairy cows. *J Dairy Sci.* 89:4352-4364.
- Blanch M, Carro MD, Ranilla MJ, Viso A, Vázquez-Añón M, Bach A. 2016. Influence of a mixture of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen fermentation, feeding behavior and performance of lactating dairy cows. *Anim Feed Sci Technol.* 219:313-323.
- Braun HS, Schrapers KT, Mahlkow-Nerge K, Stumpff F, Rosendahl J. 2019. Dietary supplementation of essential oils in dairy cows: Evidence for stimulatory effects on nutrient absorption. *Animal.* 13:518-523.
- Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, Kamel C. 2005. Screening for effects of plant extracts and active compounds of plants on dairy cattle rumen microbial fermentation in a continuous culture system. 124:597-613.
- Castillejos L, Calsamiglia S, Ferret A. 2006a. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *J Dairy Sci.* 89:2649-2658.
- Castillejos L, Calsamiglia S, Ferret A. 2006b. Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *J Dairy Sci.* 89:2649-2658.
- Castillejos L, Calsamiglia S, Martín-Tereso J, Ter Wijlen H. 2008. In vitro evaluation of effects of ten essential oils at three doses on ruminal fermentation of high concentrate feedlot-type diets. *Anim Feed Sci Technol.* 145:259-270.
- Chamberlain A, JM Wilkinson. 2009. Feeding the dairy cow. 4th ed. United Kingdom: Chalcombe publications.
- Chapman CE, Chester-Jones H, Ziegler D, Clapper JA, Erickson PS. 2017. Effects of cinnamaldehyde or monensin on performance of weaned Holstein dairy heifers. *J Dairy Sci.* 100:1712-1719.

- Dai X, Faciola AP. 2019. Evaluating strategies to reduce ruminal protozoa and their impacts on nutrient utilization and animal performance in ruminants – a meta-analysis. *Front Microbiol.* 10:1-16.
- Drong C, Meyer U, von Soosten D, Frahm J, Rehage J, Breves G, Dänicke S. 2016. Effect of monensin and essential oils on performance and energy metabolism of transition dairy cows. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 100:537-551.
- Elcoso G, Zweifel B, Bach A. 2019. Effects of a blend of essential oils on milk yield and feed efficiency of lactating dairy cows. *Appl Anim Sci.* 35:304-311.
- Faleiro ML. 2011. The mode of antibacterial action of essential oils. *Sci against Microb Pathog Commun Curr Res Technol Adv.* 3:1143-1156.
- Flores AJ, Garcarena AD, Hernández Vieyra JM, Beauchemin KA, Colombatto D. 2013. Effects of specific essential oil compounds on the ruminal environment, milk production and milk composition of lactating dairy cows at pasture. *Anim Feed Sci Technol.* 186:20-26.
- Flour-Paneri P, Giannenas EC and I. 2019. Feed additives (aromatic plants and herbs in animal nutrition and health). 1st ed. 125 London wall. London (UK): Academic Press, Elsevier.
- Friggens NC, Oldham JD, Dewhurst RJ, Horgan G. 1998. Proportions of volatile fatty acids in relation to the chemical composition of feeds based on grass silage. *J Dairy Sci.* 81:1331-1344.
- Giannenas I, Skoufos J, Giannakopoulos C, Wiemann M, Gortzi O, Lalas S, Kyriazakis I. 2011. Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. *J Dairy Sci.* 94:5569-5577.
- Günal M, Pinski B, AbuGhazaleh AA. 2017a. Evaluating the effects of essential oils on methane production and fermentation under *in vitro* conditions. *Ital J Anim Sci.* 16:500-506.
- Günal M, Pinski B, Abu Ghazaleh AA. 2017b. Evaluating the effects of essential oils on methane production and fermentation under *in vitro* conditions. *Ital J Anim Sci.* 16:500-506.
- Hart KJ, Jones HG, Waddams KE, Worgan HJ, Zweifel B, Newbold CJ. 2019. An essential oil blend decreases methane emissions and increases milk yield in dairy cows. *Open J Anim Sci.* 9:259-267.
- Holzer P. 2010. TRP Channels in the digestive system. *Curr Pharm Biotechnol.* 12:24-34.
- Jacobs J. 2002. Feeding dairy cows. Victoria (Australia): The State of Victoria, Department of Natural Resources and Environment.
- Joch M, Kudrna V, Hák J, Božik M, Homolka P, Illek J, Tyrolová Y, Výborná A. 2019. In vitro and in vivo potential of a blend of essential oil compounds to improve rumen fermentation and performance of dairy cows. *Anim Feed Sci Technol.* 251:176-186.
- Jouany JP, Morgavi DP. 2007. Use of “natural” products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal.* 1:1443-1466.
- Khateri N, Azizi O, Jahani-Azizabadi H. 2017. Effects of a specific blend of essential oils on apparent nutrient digestion, rumen fermentation and rumen microbial populations in sheep fed a 50:50 alfalfa hay: Concentrate diet. *Asian-Australas J Anim Sci.* 30:370-378.
- Khiaosa-ard R, Zebeli Q. 2013. Meta-analysis of the effects of essential oils and their bioactive compounds on rumen fermentation characteristics and feed efficiency in ruminants 1. 2006:1819-1830.
- Kholif AE, Hassan AA, El Ashry GM, Bakr MH, El-Zaiat HM, Olafadehan OA, Matloup OH, Sallam SMA. 2020. Phytogenic feed additives mixture enhances the lactational performance, feed utilization and ruminal fermentation of Friesian cows. *Anim Biotechnol.* 4:1-11.
- Klevenhusen F, Muro-Reyes A, Khiaosa-ard R, Metzler-Zebeli BU, Zebeli Q. 2012. A meta-analysis of effects of chemical composition of incubated diet and bioactive compounds on *in vitro* ruminal fermentation. *Anim Feed Sci Technol.* 176:61-69.
- Klop G, Dijkstra J, Dieho K, Hendriks WH, Bannink A. 2017. Enteric methane production in lactating dairy cows with continuous feeding of essential oils or rotational feeding of essential oils and lauric acid. *J Dairy Sci.* 100:3563-3575.
- Kotsampasi B, Tsiplakou E, Christodoulou C, Mavrommatis A, Mitsiopolou C, Karaïskou C, Sossidou E, Fragioudakis N, Kapsomenos I, Bampidis VA, et al. 2018. Effects of dietary orange peel essential oil supplementation on milk yield and composition, and blood and milk antioxidant status of dairy ewes. *Anim Feed Sci Technol.* 245:20-31.
- Kung L, Williams P, Schmidt RJ, Hu W. 2008. A blend of essential plant oils used as an additive to alter silage fermentation or used as a feed additive for lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 91:4793-4800.
- Martín-Tereso J, Martens H. 2014. Calcium and magnesium physiology and nutrition in relation to the prevention of milk fever and tetany (dietary management of macrominerals in preventing disease). *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 30:643–670.
- Matloup OH, Tawab AMA El, Hassan AA, Hadhoud FI, Khatlab MSA, Khalel MS, Sallam SMA, Kholif AE. 2017. Performance of lactating Friesian cows fed a diet supplemented with coriander oil_ Feed intake, nutrient digestibility, ruminal fermentation, blood chemistry, and milk production. *Anim Feed Sci Technol.* 226:88-97.
- McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA, Wilkinson RG. 2010. Animal nutrition. 7th ed. Edinburg (UK): Pearson.
- Mcintosh FM, Williams P, Losa R, Wallace RJ, Beever DA, Newbold CJ. 2003. Effects of Essential Oils on Ruminal Microorganisms and Their Protein Metabolism. 69:5011–5014.

- Ministry of Trade RI. 2011. Indonesian essential oils : The scents of natural life. Indones Essent Oil Secents Nat Life. 1:52.
- Mirzaei-Alamouti H, Moradi S, Shahalizadeh Z, Razavian M, Amanlou H, Harkinezhad T, Jafari-Anarkooli I, Deiner C, Aschenbach JR. 2016. Both monensin and plant extract alter ruminal fermentation in sheep but only monensin affects the expression of genes involved in acid-base transport of the ruminal epithelium. *Anim Feed Sci Technol.* 219:132-143.
- Morgavi DP, Martin C, Jouany JP, Ranilla MJ. 2012. Rumen protozoa and methanogenesis: Not a simple cause-effect relationship. *Br J Nutr.* 107:388-397.
- Nilius B, Szallasi A. 2014. Transient receptor potential channels as drug targets: From the science of basic research to the art of medicine. *Pharmacol Rev.* 66:676-814.
- Nooriyan Soroor ME, Rouzbehan Y. 2017. Effect of essential oils of eucalyptus (*Eucalyptus globulus* labill) and angelica (*Heraclum persicum* desf. ex fischer) on in vitro ruminal fermentation, protozoal population and methane emission using afshari sheep inoculum. *J Agric Sci Technol.* 19:553-567.
- Oh J, Harper M, Giallongo F, Bravo DM, Wall EH, Hristov AN. 2017. Effects of rumen-protected Capsicum oleoresin on immune responses in dairy cows intravenously challenged with lipopolysaccharide. *J Dairy Sci.* 100:1902-1913.
- Oh J, Harper M, Hristov AN. 2019. Effects of lowering crude protein supply alone or in a combination with essential oils on productivity, rumen function and nutrient utilization in dairy cows. *Animal.* 13:2510-2518.
- Patra AK, Yu Z. 2012. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. *Appl Environ Microbiol.* 78:4271-4280.
- Patra AK, Yu Z. 2015. Essential oils affect populations of some rumen bacteria *in vitro* as revealed by microarray (RumenBactArray) analysis. *Front Microbiol.* 6:1-13.
- Rosendahl J, Braun HS, Schrapers KT, Martens H, Stumpff F. 2016. Evidence for the functional involvement of members of the TRP channel family in the uptake of Na⁺ and NH₄⁺ by the ruminal epithelium. *Pflugers Arch Eur J Physiol.* 468:1333-1352.
- Santos MB, Robinson PH, Williams P, Losa R. 2010. Effects of addition of an essential oil complex to the diet of lactating dairy cows on whole tract digestion of nutrients and productive performance. *Anim Feed Sci Technol.* 157:64-71.
- Schären M, Drong C, Kiri K, Riede S, Gardener M, Meyer U, Hummel J, Urich T, Breves G, Dänicke S. 2017. Differential effects of monensin and a blend of essential oils on rumen microbiota composition of transition dairy cows. *J Dairy Sci.* 100:2765-2783.
- Schrapers KT, Sponder G, Liebe F, Liebe H, Stumpff F. 2018. The bovine TRPV3 as a pathway for the uptake of Na⁺, Ca²⁺, and NH₄⁺. *PLoS One.* 13:1-28.
- Shaaban HAE, El-Ghorab AH, Shibamoto T. 2012. Bioactivity of essential oils and their volatile aroma components: Review. *J Essent Oil Res.* 24:203-212.
- Shwerab AM, Khalel MS, Hassan AAK. 2014. The act of eucalyptus leaves as source of essential oils on dairy cows performance. *Egypt J Nutr Feed.* 17:207-224.
- Silva GG, Takiya CS, Valle TA Del, Jesus EF De, Grigoletto NTS, Nakadonari B, Cortinhas CS, Acedo TS, Rennó FP. 2018. Nutrient digestibility, ruminal fermentation, and milk yield in dairy cows fed a blend of essential oils and amylase. *J Dairy Sci.* 101:9815-9826.
- Silva RB da, Pereira MN, Araujo RC de, Silva W de R, Pereira RAN. 2020. A blend of essential oils improved feed efficiency and affected ruminal and systemic variables of dairy cows. *Transl Anim Sci.* 4:182-193.
- Soltan MAEK, Shewita RS, Al-Sultan SI. 2009. Influence of essential oils supplementation on digestion, rumen fermentation, rumen microbial populations and productive performance of dairy cows. *Asian J Anim Sci.* 3:1-12.
- Tager LR, Krause KM. 2011. Effects of essential oils on rumen fermentation, milk production, and feeding behavior in lactating dairy cows. *J Dairy Sci.* 94:2455-2464.
- Tassoul MD, Shaver RD. 2009. Effect of a mixture of supplemental dietary plant essential oils on performance of periparturient and early lactation dairy cows. *J Dairy Sci.* 92:1734-1740.
- Tekippe JA, Tacoma R, Hristov AN, Lee C, Oh J, Heyler KS, Cassidy TW, Varga GA, Bravo D. 2013. Effect of essential oils on ruminal fermentation and lactation performance of dairy cows. *J Dairy Sci.* 96:7892-7903.
- Thomassen MA, Dolman MA, van Calster KJ, de Boer IJM. 2009. Relating life cycle assessment indicators to gross value added for Dutch dairy farms. *Ecol Econ.* 68:2278-2284.
- Thormar H. 2011. Lipids and essential oils as antimicrobial agents. West Sussex (UK): John Wiley & Sons, Inc.
- Tsai ML, Wu CT, Lin TF, Lin WC, Huang YC, Yang CH. 2013. Chemical composition and biological properties of essential oils of two mint species. *Trop J Pharm Res.* 12:577-582.
- Vakili AR, Khorrami B, Mesgaran MD, Parand E. 2013. The effects of thyme and cinnamon Essential oils on performance, rumen fermentation and blood metabolites in Holstein calves consuming high concentrate diet. *Asian-Australas J Anim Sci.* 26:935-944.
- Wilkens MR, Kunert-Keil C, Brinkmeier H, Schröder B. 2009. Expression of calcium channel TRPV6 in ovine epithelial tissue. *Vet J.* 182:294-300.
- Young G. 2019. Essential oils pocket references. 8th ed. China: Life Science Publishing.
- Young RT. 2014. Essential oil safety - robert tisserand. 2nd ed. Williamson EM, editor. London (UK): Elsevier BV.

Strategi Adaptasi Tanaman Pakan Ternak terhadap Perubahan Iklim (Adaptation Strategy of Forage Crops to Climate Change)

Harmini dan A Fanindi

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16720
Korespondensi e-mail: hmini2011@gmail.com

(Diterima 6 Agustus 2020 – Direvisi 20 November 2020 – Disetujui 10 Desember 2020)

ABSTRACT

Climate change is characterized by an increasing in temperature, drought, and an increase in CO₂. This paper aims to describe the strategy to deal with climate change in forage crops. Plant adaptation mechanisms include increasing water content, cell membrane stability, and photosynthetic capacity by suppressing stomata conductance and C consumption through respiration. The impacts of climate change on feed crops include: decreased productivity and nutrient content, and reduced planting area which affects the supply of animal feed so that food availability is disrupted. Adaptation strategies are carried out by managing the cultivation of forage plants, including time selection of planting and harvesting, as well as irrigation. Besides, it is necessary to select adaptive fodder plants through breeding. Breeding methods are conducted through the exploration of genetic resources until obtaining a new superior forage crop, adaptive to climate change.

Key words: Adaptation, climate change, forage

ABSTRAK

Perubahan iklim ditandai dengan kenaikan suhu, kekeringan dan peningkatan CO₂. Tujuan dari tulisan ini adalah untuk memaparkan strategi dalam pengembangan tanaman pakan ternak untuk menghadapi perubahan iklim. Mekanisme adaptasi tanaman diantaranya meningkatkan kandungan air, stabilitas membran sel dan kapasitas fotosintesis dengan menekan konduktansi stomata dan konsumsi C melalui respirasi. Dampak perubahan iklim terhadap tanaman pakan ternak diantaranya: produktivitas dan kandungan nutrisi menurun, serta luas tanam yang berkurang yang berpengaruh terhadap penyediaan pakan ternak sehingga ketersediaan pangan terganggu. Strategi adaptasi dilakukan dengan manajemen budidaya tanaman pakan diantaranya dengan pemilihan waktu tanam, panen dan irigasi serta pemilihan tanaman pakan ternak yang adaptif melalui pemuliaan. Metode pemuliaan dilakukan dengan cara eksplorasi sumber daya genetik (SDG) sampai dengan perakitan varietas unggul baru tanaman pakan ternak (TPT) adaptif pada perubahan iklim.

Kata kunci: Adaptasi, perubahan iklim, tanaman pakan ternak

PENDAHULUAN

Perubahan iklim adalah peralihan yang terjadi pada iklim, diidentifikasi dari rerata dan variabilitas pada waktu dan dekade yang lama (Hartmann et al. 2013). Perubahan iklim disebabkan oleh peningkatan gas rumah kaca dan sektor peternakan menyumbang 14,5% dari total emisi gas rumah kaca yang tersusun dari 27% CO₂, 29 % N₂O dan 44% CH₄ (Herawati 2012; Rojas-Downing et al. 2017). Indikator perubahan iklim diantaranya perubahan suhu permukaan, curah hujan, suhu dan tinggi permukaan laut, serta iklim dan cuaca ekstrem, yang berdampak pada perubahan ekosistem. Hal ini berpengaruh secara langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan fisik dan biologis (Evans & Moustakas 2018). Suhu tinggi, perubahan curah hujan dan peningkatan CO₂ berdampak pada pertumbuhan padang rumput yang berpengaruh pada kualitas dan produksi biomassa

tanaman sehingga menurunkan produktivitas ternak (Mäkinen et al. 2015; Moore & Ghahramani 2013). Terjadi juga perubahan pola curah hujan, kenaikan suhu serta kombinasi keduanya akan merubah komposisi pastura sehingga menyebabkan penurunan kapasitas tampung ternak di padang penggembalaan (Hidosa & Guyo 2017; Gitz et al. 2016). Variabilitas iklim akan menyebabkan ledakan (*outbreak*) hama penyakit tanaman (Susanti et al. 2019), menggeser frekuensi dan intensitas penyakit pada tanaman (Garrett et al. 2016).

Negara-negara berkembang rentan terhadap perubahan iklim karena dominasi sektor pertanian, iklim lebih hangat serta keterbatasan sumber daya untuk adaptasi dengan teknologi baru (Giridhar & Samireddypalle 2015). Terjadinya peningkatan suhu akan menurunkan kualitas bulir padi, sementara pergeseran musim kemarau yang semakin panjang akan menurunkan produktivitas padi (Sudarma & As-syakur

2018). Peningkatan suhu dan defisit curah hujan juga berpengaruh pada penyimpanan C tanah (Sanaullah et al. 2014). Dampak perubahan iklim dapat dikurangi dengan identifikasi wilayah kekeringan, banjir, endemik hama dan penyakit serta penggunaan sarana dan prasarana teknologi untuk mendukung produktivitas tanaman pangan (Santoso 2016). Adaptasi terbukti mampu meningkatkan hasil panen 10,4% di Asia Tenggara sementara tanpa adaptasi menurun 0,6% (Porter et al. 2019). Serangkaian pendekatan mitigasi baik pendekatan *top – down* dan *bottom – up* serta opsi adaptasi di sektor peternakan telah dilakukan. Assesment Report IPCC 2014 difokuskan pada *incremental to transformational adaptation*, dengan pendekatan pada sistem pangan melalui adaptasi dan jalur adopsi secara konsisten (Jarraud & Steiner 2015).

Strategi untuk menangani perubahan iklim atau menahan laju perubahan iklim diantaranya melalui diversifikasi dengan mengintegrasikan antara tanaman biji-bijian dengan tanaman pakan ternak (Giridhar & Samireddypalle 2015). Jenis tanaman yang dipilih adalah jenis biji-bijian dan tanaman pakan ternak lainnya. Sistem integrasi tanaman ternak (SITT) telah banyak dilakukan di kalangan peternak dalam beberapa dekade, baik antara tanaman pangan–ternak, kehutanan–ternak, maupun perkebunan-ternak. Namun pada strategi adaptasi perlu ditekankan pada variabilitas tanaman untuk menekan gagal panen. Makalah ini menguraikan tentang strategi pengembangan tanaman pakan ternak dalam menghadapi perubahan iklim. Tujuan dari penulisan makalah ini: 1) menjelaskan dampak perubahan iklim terhadap tanaman pakan ternak, 2) strategi adaptasi pengembangan tanaman pakan ternak terhadap perubahan iklim.

DAMPAK PERUBAHAN IKLIM PADA TANAMAN PAKAN TERNAK

Dampak perubahan iklim terhadap pertumbuhan

Perubahan iklim berdampak pada pertumbuhan tanaman pakan ternak (TPT) (Tabel 1). Dampak terjadinya perubahan iklim menyebabkan peningkatan CO₂, suhu, kekeringan, serta meningkatnya permukaan air sehingga luas daratan berkurang. Faktor yang berpengaruh akibat terjadinya perubahan iklim terhadap produktivitas tanaman pakan ternak (TPT) adalah peningkatan CO₂, suhu, dan kekeringan (Tabel 1). Peningkatan CO₂ sampai 550 ppm pada TPT sorgum dan *ryegrass* yang diuji di laboratorium menunjukkan bahwa terjadi peningkatan ukuran daun, *nodul* (bintil) pada akar, produksi biji, dan sebagian besar tanaman produksi biomassa meningkat.

Peningkatan CO₂ juga menyebabkan bertambahnya ukuran nodul pada akar kedelai. Peningkatan produktivitas TPT akibat peningkatan CO₂ karena CO₂ merupakan zat yang dibutuhkan pada proses fotosintesis. Namun peningkatan CO₂ dalam jangka panjang akan menurunkan produktivitas tanaman seperti ukuran daun mengecil dan produksi biomassa rendah. Hal ini disebabkan peningkatan CO₂ yang terus menerus akan meningkatkan konsentrasi CO₂ melebihi ambang batas tanaman yang dapat digunakan. Perubahan suhu juga salah faktor yang berpengaruh terhadap produktivitas tanaman. Penurunan suhu pada TPT akan menyebabkan ukuran daun mengecil dan produksi biomassa menurun, sebaliknya peningkatan CO₂ dan suhu bersama-sama akan meningkatkan ukuran daun. Kenaikan suhu akan meningkatkan respirasi pada malam hari dan peningkatan serangan hama dan penyakit tanaman sehingga menurunkan produktivitas tanaman. Kekeringan juga merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas TPT karena pada musim kemarau produktivitasnya menurun hampir 50%. Penurunan akibat kekeringan bisa dilihat dari produktivitas sorgum, *sheepgrass*, *Pennisetum*. Perubahan iklim dalam jangka panjang akan berakibat pada penurunan produktivitas TPT. Dampak perubahan iklim yang menyebabkan terjadinya peningkatan CO₂ tidak selalu memberikan efek negatif pada pertumbuhan tanaman jika tidak diikuti oleh peningkatan suhu. Peningkatan CO₂ dalam jangka panjang tanpa diikuti oleh peningkatan suhu akan berakibat buruk pada tanaman.

Dampak perubahan iklim terhadap kandungan nutrisi

Perubahan iklim berdampak pada kandungan nutrisi tanaman pakan ternak (TPT) disajikan dalam Tabel 2. Peningkatan CO₂ menurunkan kandungan nutrisi dari TPT namun dengan pemberian *mikoriza* mampu meningkatkan kandungan nutrisi TPT, sementara peningkatan suhu meningkatkan kadar abu dan lemak pada rumput di padang penggembalaan. Peningkatan CO₂ yang disertai dengan kenaikan suhu menurunkan pencernaan tanaman dan kandungan antioksidan, sementara kekeringan meningkatkan kandungan bahan kering, serat kasar, *Neutral Detergent Fibre* (NDF), *Acid Detergent Fibre* (ADF) dari TPT. Kekeringan yang disertai dengan peningkatan CO₂ menurunkan kandungan protein pada TPT. Dampak perubahan iklim terhadap kualitas tanaman pakan ternak (TPT) tergantung kepada beberapa faktor seperti peningkatan CO₂, kenaikan suhu, maupun kekeringan. Peningkatan CO₂ secara umum akan menurunkan kualitas TPT, terlebih jika

Tabel 1. Dampak perubahan iklim terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman

Faktor perubahan iklim	Jenis tanaman	Fasilitas/jenis tanah	Pengaruh pada pertumbuhan tanaman	Pustaka
Peningkatan CO ₂	Sorgum, <i>Ryegrass</i> , <i>Ryegrass mixtures</i> (<i>Lolium multiflorum</i> Lam)	Laboratorium, <i>free-air</i> CO ₂ enrichment (FACE)	Ukuran daun, biji dan produksi biomassa meningkat	Kimball (2016)
Peningkatan CO ₂	Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merr);	FACE Laboratorium , <i>free-air</i> CO ₂ Laboratorium , <i>free-air</i> CO ₂ enrichment (FACE)	Peningkatan nodul (bintil) pada akar 134-229%	Gray et al. (2012)
Peningkatan CO ₂	<i>Agropyron cristatum</i> , <i>Bromus inermis</i> , <i>Pascopyrum smithii</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Schedonorus arundinaceus</i> , <i>Buchloe dactyloides</i> , <i>Bouteloua gracilis</i> , <i>Sorghastrum nutans</i>	<i>Chamber</i> ; CO ₂ (jangka pendek – jangka panjang)	Produksi biomassa rendah	McGranahan & Yurkonis (2018)
Peningkatan CO ₂ ; peningkatan suhu ; peningkatan CO ₂ disertai kenaikan suhu	<i>Stylosanthes capitata</i> Vogel (C3).	FACE; tipe tanah Latosol merah dengan tekstur tanah liat; pH 4.0-5.5; pupuk NPK 1 ton ha ⁻¹	Peningkatan CO ₂ : ukuran daun meningkat; sedangkan penurunan suhu: ukuran daun mengecil; peningkatan CO ₂ dan suhu: ukuran daun meningkat	Habermann et al. (2019)
Peningkatan CO ₂	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	Tipe tanah pasir dan gambut ringan	Produksi biomassa meningkat	Baslam et al. (2013)
Kekeringan	Sorgum; <i>pearl millet</i> (jewawut)	tanah alfisol dan pasir (3:1); rumah kaca	Daun mengecil	Choudhary et al. (2019)
Kekeringan	<i>Sheepgrass</i> (<i>Leymus chinensis</i>)	parameter terkontrol siklus terang / gelap 14/10 jam (25/20 ° C) dan intensitas cahaya serta kelembaban masing-masing 280 µmol / m ² dan 50%.	Klorosis ; produksi biomassa menurun	Li et al. (2018)
Kekeringan	Sorgum mutan Patir	Tipe tanah ultisol, pH masam	Produksi biomassa menurun, pertumbuhan tinggi tanaman dan proporsi malai meningkat	Sriagtula & Sowmen (2018)
Kekeringan	<i>Agropyron cristatum</i> , <i>Bromus inermis</i> , <i>Pascopyrum smithii</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Schedonorus arundinaceus</i> , <i>Buchloe dactyloides</i> , <i>Bouteloua gracilis</i> , <i>Sorghastrum nutans</i>	<i>Chamber</i> dengan kontrol CO ₂ .	Produksi biomassa tinggi	McGranahan & Yurkonis (2018)
Kekeringan	<i>Pennisetum</i>	Irigasi dan non irigasi	Tanpa irigasi (kekeringan) produksi menurun	Turano et al. (2016)

Tabel 2. Dampak perubahan iklim terhadap kandungan nutrisi tanaman pakan ternak

Faktor perubahan iklim	Tanaman pakan ternak	Tipe tanah , perlakuan	Kualitas hijauan	Pustaka
Peningkatan CO ₂ dan suhu	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	Campuran perlite–vermiculite (2, p/1, v/v); inokulasi <i>Sinorhizobium meliloti strain</i>	Kandungan protein dan serat kasar serta pencernaan <i>in vitro</i> menurun, tetapi dengan inokulasi <i>Sinorhizobium</i> mampu meningkatkan kualitas dari alfalfa	Sanz-Sáez et al. (2012)
Peningkatan CO ₂	Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	<i>Mikoriza arbuskula</i>	Pemberian mikoriza arbuskula mampu meningkatkan kualitas nutrisi alfalfa pada daun karena level glukosa dan fruktosa meningkat dan menurunkan lignin.	Baslam et al. (2013)
Peningkatan CO ₂ dan kekeringan	<i>Agropyron cristatum</i> , <i>Bromus inermis</i> , <i>Pascopyrum smithii</i> , <i>Poa pratensis</i> , <i>Schedonorus arundinaceus</i> , <i>Buchloe dactyloides</i> , <i>Bouteloua gracilis</i> , <i>Sorghastrum nutans</i>	<i>Chamber</i>	kandungan protein menurun	McGranahan & Yurkonis (2018)
Peningkatan CO ₂ dan kekeringan	<i>Stylosanthes capitata</i>	<i>freeair controlled enhancement</i> (FACE), kandungan kimia tanah seragam pada setiap plot percobaan, dengan pH 5,3 sampai 5,5	Antioksidan menurun	Borjas-Ventura et al. 2020
Kekeringan	<i>Sorgum mutan</i> Patir	Tipe tanah ultisol, pH masam	Bahan kering meningkat	Sriagtula & Sowmen (2018)
Kekeringan	Sorgum	Lempung (<i>clay</i>), pH 7,3-7,5	Serat kasar dan NDF tinggi	Bhattarai et al. (2020)
Kekeringan	Jagung TPT (<i>Zea mays</i>)	Pasir	Protein, serat kasar, abu, kadar air menurun	Nawaz et al. (2016)
Kekeringan	Pennisetum	Irigasi dan non irigasi, uji lapang, plot	Kandungan bahan kering , kadar abu, kadar lemak, TDN, dan ME meningkat, sedangkan pati, lignin, ADF, NDF menurun. Tetapi baik yang meningkat atau yang menurun tidak nyata berbeda	Turano et al. (2016)
Kekeringan	Hijauan sorgum , jagung, <i>Sudangrass</i>	Tipe tanah cinnamon, index kekeringan 2	Kandungan protein tidak berbeda diantara tiga jenis TPT:NDF dan ADF <i>Sudangrass</i> lebih rendah, dan sorgum memiliki produksi tertinggi dengan kualitas nutrisi yang hampir sama	Huang et al. (2020)
Peningkatan suhu	<i>Grazing forage</i>	Padang penggembalaan	Kadar abu dan kadar lemak meningkat	Berauer et al. (2020)

terjadi kombinasi dengan peningkatan suhu maupun kekeringan. Dampak kekeringan tergantung kepada jenis spesies. Sebagian besar spesies TPT yang mengalami kekeringan akan meningkatkan kandungan bahan kering, serat kasar, protein, TDN, dan penurunan ADF dan NDF. Tetapi peningkatan maupun penurunan tidak nyata berbeda. Namun demikian harus mengkaji kembali apakah kekeringan jangka panjang akan menurunkan kualitas TPT. Selain itu, perlu kaji apakah TPT yang diuji merupakan TPT yang toleran terhadap kekeringan sehingga dapat beradaptasi pada kondisi kekeringan.

STRATEGI MENGATASI MASALAH PERUBAHAN IKLIM UNTUK TANAMAN PAKAN TERNAK

Manajemen pengembangan tanaman pakan ternak

Dampak perubahan iklim global akan menggerakkan wilayah adaptasi pada sebagian besar TPT (tanaman pakan ternak) (Baron & Bélanger 2020). Secara umum langkah yang dapat diambil diantaranya pemanfaatan varietas tanaman toleran lahan kering, diversifikasi tanaman, perubahan pola tanam, metode pengolahan tanah yang tepat dengan mempertahankan kelembaban tanah (Akinagbe & Irohibe 2015). Peningkatan CO₂ akan meningkatkan kompetisi antara tanaman dan mikroorganisme untuk mendapatkan nitrogen (N) di tanah. Peningkatan CO₂ akan diikuti oleh peningkatan fotosintesis karena pemilihan kultivar tanaman yang adaptif suhu tinggi dan peningkatan fiksasi nitrogen sehingga mengakibatkan pencucian N di tanah (Stuart et al. 2011). Hal ini mengakibatkan terbatasnya nitrogen di tanah sehingga perlu pemberian mineral pada tanah (Rütting et al. 2010). Sistem tanam *intercropping* memberikan hasil lebih tinggi pada alfalfa di bawah kondisi peningkatan CO₂ (Thivierge et al. 2016), namun jarak antar tanaman harus diperhatikan karena adanya peningkatan persaingan dalam mendapatkan air dan N (Cobon et al. 2020). Penurunan tekanan pada padang penggembalaan di musim dingin penting untuk memulihkan pemanfaatan padang penggembalaan secara berkelanjutan (Fan et al. 2010). Respon tanaman terhadap stress kekeringan tergantung pada lamanya terpapar stress, tahapan perkembangan tanaman, potensi genetik dan lingkungan sekitarnya (Zargar et al. 2017). Beberapa langkah yang dapat dilakukan adalah dengan menyesuaikan jadwal pemotongan rumput, *stocking rate*, pengairan,

pemupukan dan skema produksi lainnya (Gómara et al. 2020).

Adaptasi terhadap peningkatan CO₂ dan suhu melalui pengenalan spesies dan varietas tanaman baru yang dapat dipanen berulang kali dengan produksi tanaman lebih tinggi dan perluasan area yang cocok untuk budidaya tanaman, pengairan cukup, mempertahankan spesies unggul, dan perubahan umur potong maupun umur panen (Bisgrove & Matzner 2002; Olesen & Bindi 2002). *Agrostis stolonifera* var. *Palustris* dan *Festuca aurandinacea* Schreb var *Kentucky 31* yang diberi nitrit oksida sebanyak 150 µm mampu mengurangi stress kekeringan dengan menjaga stabilitas membran dan menginduksi aktivitas enzim antioksidan (Hatamzadeh et al. 2015). Pemberian mikoriza pada alfalfa yang terpapar CO₂ tinggi mampu meningkatkan hemiselulosa dan menurunkan konsentrasi lignin dalam dinding sel daun serta meningkatkan kadar glukosa dan fruktosa pada batang (Baslam et al. 2013). Pengairan penting diperhatikan pada sorgum sebagai tanaman toleran kering terhadap konsentrasi total N, sianida dan nitrat dan pengembangan varietas baru dengan kandungan sianogenik yang rendah perlu dilakukan (Gleadow et al. 2016). Kualitas hijauan dipengaruhi oleh lingkungan, genotif, fisiologis dan biokemistri, anatomi dan struktur morfologi tanaman (Moore et al. 2020). Perubahan iklim perlu disikapi dengan beberapa langkah diantaranya penggunaan varietas rendah emisi, penggunaan pupuk organik, serta penyesuaian teknik budidaya melalui pengelolaan air (Sudarma & As-syakur 2018). Adaptasi terbukti mampu meningkatkan hasil panen pada rumput sebesar 11,8%, sedangkan tanpa adaptasi hasil panen turun 8,5% (Porter et al. 2019).

Pengembangan tanaman pakan adaptif

Tanaman pakan ternak (TPT) yang adaptif terhadap dampak perubahan iklim perlu dikembangkan untuk mengatasi perubahan iklim yang terjadi. Oleh karena itu diperlukan strategi pengembangan TPT yang adaptif. Strategi dalam pengembangan TPT diperlukan melalui metode pemuliaan, yang dapat dilakukan dengan dua cara yaitu melalui pemuliaan konvensional atau pendekatan molekuler. Metode pemuliaan TPT mengikuti metode pemuliaan secara umum, meliputi beberapa tahapan, mulai dari eksplorasi sumber daya genetik (SDG) untuk mencari sumber keragaman baru TPT yang unggul dan adaptif terhadap perubahan iklim. Mencari TPT yang jalur fotosintesisnya *Crassulaceae Acid Metabolism* (CAM), atau merakit varietas TPT fakultatif sampai

pelepasan varietas unggul baru adaptif terhadap perubahan iklim. Sumber daya genetik yang diperoleh dikoleksi agar keragaman genetiknya tidak punah. Plasma nutfah dalam koleksi tersebut bisa digabungkan keunggulannya atau digunakan untuk membentuk kombinasi gen atau keragaman genetik baru melalui persilangan atau hibridisasi, mutasi, atau rekayasa genetik. Proses selanjutnya dengan melakukan seleksi untuk memilih calon TPT yang sesuai dengan tujuan pemuliaan untuk varietas TPT adaptif. Seleksi dilanjutkan dengan beberapa rangkaian pengujian dan evaluasi untuk mendapatkan keunggulan, stabilitas dan adaptasi varietas yang baru yang adaptif perubahan iklim. Setelah proses itu dilakukan pemurnian terhadap varietas tersebut sehingga dihasilkan varietas TPT unggul baru yang adaptif perubahan iklim.

Varietas tanaman pakan ternak yang toleran cekaman abiotik dibutuhkan untuk menghadapi perubahan iklim. Mekanisme adaptasi terhadap kekeringan dengan menghindari kekeringan, menghindari dehidrasi, toleran dehidrasi, dan adaptasi kekeringan (Fukai & Cooper 1995). Mekanisme ini berakibat pada menurunnya hasil karena pengurangan air akan menurunkan fiksasi CO₂. Tanaman toleran kekeringan dapat dilihat dari kemampuan mengambil air secara maksimal dengan perluasan dan kedalaman sistem perakaran, serta kemampuan tanaman mempertahankan turgor melalui penurunan potensial osmotik (Sopandie 2013). Secara fisiologis, adaptasi tanaman terjadi dengan pengaturan potensial osmotik, akumulasi asam amino prolin, akumulasi asam absisik (ABA). Sifat toleran kekeringan dikontrol oleh banyak gen. Pendekatan beragam dengan mengintegrasikan aspek fisiologis, genomik dan pemodelan iklim diperlukan untuk pengembangan tanaman sehingga pasokan pangan tetap terjaga (Leisner 2020).

Penurunan produksi hijauan pakan ternak dapat diatasi dengan sistem tanam *intercropping*, pemilihan waktu tanam dan panen yang tepat, serta pemilihan varietas tanaman pakan ternak (Alan Rotz et al. 2016). Melalui sistem pemodelan atau eksperimental dapat dilihat perlakuan adaptasi terhadap perubahan iklim mampu memberikan dampak positif terhadap hasil pada tanaman C3 sebesar 7,25% (Makowski et al. 2020). Lebih lanjut dilaporkan bahwa adaptasi mampu meningkatkan hasil 5 sampai 35% dengan kandungan nutrisi yang dapat dipertahankan sama melalui modifikasi penambahan jadwal panen (Thivierge et al. 2016). Adaptasi tanaman terhadap suhu tinggi dapat terjadi dengan adaptasi fenologi dan morfologi tanaman, serta respon jangka pendek dengan penghindaran (*avoidance*) atau mekanisme aklimatisasi seperti merubah orientasi daun,

penurunan suhu melalui transpirasi, atau perubahan komposisi lipida membran (Sopandie 2013). Namun respon jangka panjang belum dapat diprediksi pada kondisi lapang dimana terdapat interaksi antar tanaman serta tanah dan lingkungan (Lüscher et al. 2004). Adaptasi tanaman pakan juga harus diperhatikan dan diperlakukan untuk mengatasi perubahan iklim pada sektor peternakan (Wreford & Topp 2020).

Penelitian beberapa tanaman pakan pada berbagai kondisi iklim, tataguna lahan dan jenis tanah terlihat adanya perbedaan potensi dan karakteristik tanaman pakan. Jenis tanaman yang tahan naungan berbeda dengan tanaman yang tahan kekeringan atau suhu tinggi. *Mikania cordata* merupakan tanaman pakan merambat yang mampu tumbuh dengan baik di bawah naungan dan menutupi vegetasi lahan kering sehingga potensial untuk dikembangkan sebagai sumber hijauan pakan ternak. Selain itu tanaman ini dapat meningkatkan penyerapan gas rumah kaca (GRK) (Suarna & Suryani 2018). Dalam hubungan dengan kekeringan, beberapa tanaman pakan legum dilaporkan tahan kekeringan antara lain *Stylosanthes guianensis*, *Leucaena leucocephala*, *Macroptilium atropurpureum*. (Prawiradiputra et al. 2012). Tanaman legum alfalfa (*Medicago sativa*) termasuk yang toleran terhadap stres kekeringan dan peningkatan CO₂ karena alfalfa memiliki penurunan potensial air yang lebih rendah dan komposisi membran yang berbeda dibanding tanaman lain (Sgherri et al. 1998).

Dalam adaptasi perubahan lingkungan, beberapa jenis rumput dilaporkan memiliki sifat toleran kekeringan diantaranya: *Cenchrus ciliaris*, *Panicum antidotale*, *Cynodon dactylon*, *Panicum coloratum*, *Setaria sphacelata* (Prawiradiputra et al. 2012) sehingga jenis rumput ini berpotensi untuk dikembangkan pada daerah lahan kering. Penelitian jenis rumput C3 dan C4 pada lahan kering dan kadar CO₂ yang lebih tinggi dilakukan oleh McGranahan & Yurkonis (2018) yang melaporkan bahwa rumput C4 lebih toleran terhadap pembatasan air dan juga terhadap peningkatan CO₂ dibanding rumput C3. Hal ini karena rumput C3 adalah rumput yang tumbuh di daerah dingin sedangkan rumput C4 adalah rumput yang tumbuh di daerah tropis. Selain rumput, tanaman seperti jagung, sorgum merupakan tanaman C4. Pemuliaan tanaman toleransi kekeringan bisa dimulai dengan jenis rumput C4 (van der Kooi et al. 2016). Jenis rumput lain yang tumbuh baik di daerah tropis yaitu *Brachiaria humidicola* karena mampu meningkatkan kesuburan tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik serta agregat tanah (Horrocks et al. 2019).

Rumput benggala (*Megathyrsus maximus*) dan signal grass (*Brachiaria decumbens*) (*Urochloa* spp) dapat ditanam untuk adaptasi lingkungan karena termasuk rumput tropis yang menekan nitrifikasi tanah, mengurangi kehilangan N, sehingga meningkatkan manfaat pemupukan N dengan pada rotasi tanam (Rocha et al. 2019). Dari studi kesesuaian iklim menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) diperoleh beberapa tanaman yang paling sesuai dengan lahan di provinsi Bali, yaitu rumput gajah, rumput setaria, jagung dan ubi kayu yang sudah tersebar di beberapa daerah di provinsi Bali (As-syakur et al. 2011). Peningkatan suhu mampu meningkatkan produksi biomassa pada jagung *hybrid* meskipun hasil panen menurun (Hatfield & Prueger 2015).

Peningkatan CO₂ dan suhu akan terjadi di masa depan sebagai akibat perubahan iklim. Inokulasi alfalfa dengan *Sinorhizobium meliloti* mampu mempertahankan kualitas dan kecernaan alfalfa pada kondisi perubahan iklim sehingga pemanfaatannya dapat dioptimalkan (Sanz-Sáez et al. 2012). *Introgesi* gen dan faktor transkripsi dengan menyisipkan gen-gen toleran kekeringan pada saat hibridisasi melalui pendekatan transgenik akan menghasilkan kultivar toleran kekeringan yang efisien dibanding pemuliaan konvensional (Zargar et al. 2017). Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) toleran stres kekeringan karena memiliki miRNAs yang teridentifikasi sebagai gen toleran kekeringan (Bhat et al. 2020). Kemajuan teknologi pemuliaan tanaman berbasis genom membantu untuk menghasilkan tanaman adaptif perubahan iklim (Scheben et al. 2016). *Chloris virgata* toleran terhadap stress kekeringan dan memiliki daya kecambah yang tinggi (Lin et al. 2016). Sorgum manis adalah tanaman yang toleran kering karena hanya membutuhkan sedikit air, tetapi memberikan hasil yang tinggi, serta kualitas gizi yang serupa dengan jagung (Huang et al. 2020). Padang penggembalaan di daerah tropis yang ditanami *Brachiaria humidicola* mempunyai stabilitas agregat tanah, kerapuhan dan kandungan karbon organik tanah yang lebih baik dibanding *Panicum maximum* (Horrocks et al. 2019). *Ryegrass* (C3) menunjukkan hasil yang tinggi meskipun *Hybrid rice grain* (C3) mampu menghasilkan hasil yang lebih tinggi pada CO₂ tinggi sehingga berpotensi untuk dikembangkan di masa depan (Kimball 2016).

KESIMPULAN

Perubahan iklim berdampak pada produksi dan kandungan nutrisi tanaman pakan ternak (TPT). Strategi adaptasi perlu dilakukan melalui beberapa

langkah diantaranya: manajemen budidaya dan pemilihan TPT yang adaptif. Metode pemuliaan dilakukan dengan cara eksplorasi sumber daya genetik sampai dengan perakitan varietas unggul TPT adaptif pada perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Akinnagbe O, Irohabe I. 2015. Agricultural adaptation strategies to climate change impacts in Africa: a review. *Bangladesh J Agric Res.* 39:407-418.
- Alan Rotz C, Howard SR, Stoner AMK, Hayhoe K. 2016. Farm simulation can help dairy production systems adapt to climate change. In *Madison [USA]*. 7:91-124).
- As-syakur AR, Suarna IW, Rusna IW, Dibia IN. 2011. Pemetaan kesesuaian iklim tanaman pakan serta kerentanannya terhadap perubahan iklim dengan sistem informasi geografi (sig) di Provinsi Bali. *Pastura.* 1:9-15.
- Baron VS, Bélanger G. 2020. Climate, climate-change and forage adaptation. In: Moore KJ, Collins M, Nelson CJ, Redfearn DD, editors. *Forages Ecology: II.* 7th. p. 151-186).
- Baslam M, Antolín, MC, Gogorcena Y, Muñoz F, Goicoechea N. 2013. Changes in alfalfa forage quality and stem carbohydrates induced by arbuscular mycorrhizal fungi and elevated atmospheric CO₂. *Ann Appl Biol.* 164:190-199.
- Berauer BJ, Wilfahrt PA, Reu B, Schuchardt MA, Garcia-Franco N, Zistl-Schlingmann M, Dannenmann M, Kiese R, Kühnel A, Jentsch A. 2020. Predicting forage quality of species-rich pasture grasslands using vis-NIRS to reveal effects of management intensity and climate change. *Agric Ecosys Environ.* 296:1-9.
- Bhat KV, Mondal TK, Gaikwad AB, Kole PR., Chandel G, Mohapatra T. 2020. Genome-wide identification of drought-responsive miRNAs in grass pea (*Lathyrus sativus* L.). *Plant Gene.* 21:1-12.
- Bhattarai B, Singh S, West CP, Ritchie G L, Trostle CL. 2020. Effect of deficit irrigation on physiology and forage yield of forage sorghum, pearl millet, and corn. *Crop Sci.* 30:1-30.
- Bisgrove R, Matzner E. 2002. Gardening in the global greenhouse: the impacts of climate change on the gardens in the UK. Technical Report UKCIP.
- Borjas-Ventura R, Ferraudo AS, Martínez CA, Gratão PL. 2020. Global warming: Antioxidant responses to deal with drought and elevated temperature in *Stylosanthes capitata*, a forage legume. *J Agron Crop Sci.* 206:13-27.

- Choudhary S, Guha A, Kholova J, Pandravada A, Messina CD, Cooper M, Vadez V. 2019. Maize, sorghum, and pearl millet have highly contrasting species strategies to adapt to water stress and climate change-like conditions. *Plant Sci.* 295, article no 110297. .
- Cobon DH, Stone G, Carter J, McKeon G, Zhang, B, Heidemann H. 2020. Native pastures and beef cattle show a spatially variable response to a changing climate in Queensland, Australia. *European Journal of Agronomy.* 114: 1-11.
- Evans MR, Moustakas A. 2018. Plasticity in foraging behaviour as a possible response to climate change. *Ecol Inform.* 47:61–66.
- Fan JW, Shao QQ, Liu JY, Wang JB, Harris W, Chen ZQ, Zhong HP, Liu XL. 2010. Assessment of effects of climate change and grazing activity on grassland yield in the Three Rivers Headwaters Region of Qinghai–Tibet Plateau, China. *Environ Monit Assess.* 170:571-584.
- Fukai S, Cooper M. 1995. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. *Field Crops Res.* 40:67-86.
- Garrett KA, Nita M, De Wolf ED, Esker PD, Gomez-Montano L, Sparks AH. 2016. Plant pathogens as indicators of climate change. In: *Climate change: observed impacts on planet earth.* 2nd ed. UK: Elsevier BV.
- Giridhar K, Samireddypalle A. 2015. Impact of climate change on forage availability for livestock. In: *Climate change impact on livestock: Adaptation and mitigation.* p. 97-112.
- Gitz V, Meybeck A, Lipper L, Young C, Braatz S. 2016. Climate change and food security: Risks and responses. USA: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gleadow RM, Ottman MJ, Kimball BA, Wall GW, Pinter PJ, LaMorte RL, Leavitt SW. 2016. Drought-induced changes in nitrogen partitioning between cyanide and nitrate in leaves and stems of sorghum grown at elevated CO₂ are age dependent. *Field Crops Res.* 185: 97-102.
- Gómara I, Bellocchi G, Martin R, Rodríguez-Fonseca B, Ruiz-Ramos M. 2020. Influence of climate variability on the potential forage production of a mown permanent grassland in the French Massif Central. *Agric Forest Meteorol.* 280:1-18
- Gray SB, Strellner RS, Puthuval KK, Ng C, Shulman RE, Siebers MH, Leakey ADB. 2012. Minirhizotron imaging reveals that nodulation of field-grown soybean is enhanced by free-air CO₂ enrichment only when combined with drought stress. *Funct Plant Biol.* 40: 137-147.
- Habermann E, de Oliveira EA D, Contin DR, San Martin JAB, Curtarelli L, Gonzales-Meler MA, Martinez CA. 2019. Stomatal development and conductance of a tropical forage legume are regulated by elevated [CO₂] under moderate warming. *Front Plant Sci.* 10.
- Hartmann DL, Klein Tank AMG, Rusticucci M, Al E. 2013. Observations: Atmosphere and surface. In: Stocker TF, et al., editors. *Climate change 2013.* Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Hatamzadeh A, Molaahmad Nalousi A, Ghasemnezhad M, Biglouei MH. 2015. The potential of nitric oxide for reducing oxidative damage induced by drought stress in two turfgrass species, creeping bentgrass and tall fescue. *Grass Forage Sci.* 70:538-548.
- Hatfield JL, Prueger JH. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. In: *Weather and Climate Extremes.* 10: 4–10
- Herawati T. 2012. Refleksi sosial dari mitigasi emisi gas rumah kaca pada sector peternakan di Indonesia. *Wartazoa.* 22:35-45
- Hidosa D, Guyo M. 2017. Climate change effects on livestock feed resources: A review. *J Fisher Livest Prod.* 05.
- Horrocks CA, Arango J, Arevalo A, Nuñez J, Cardoso JA, Dungait JAJ. 2019. Smart forage selection could significantly improve soil health in the tropics. *Sci the Total Environ.* 688:609-621.
- Huang Z, Dunkerley D, López-Vicente M, Wu GL. 2020. Trade-offs of dryland forage production and soil water consumption in a semi-arid area. *Agric Water Managem.* 241:1-7.
- Jarraud M, Steiner A. 2015. Summary for policymakers. In: *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the intergovernmental panel on climate change.* 9781107025:3-22
- Kimball BA. 2016. Crop responses to elevated CO₂ and interactions with H₂O, N, and temperature. *Current Opinion Plant Biol.* 31:36-43.
- Leisner CP. 2020. Review: Climate change impacts on food security-focus on perennial cropping systems and nutritional value. *Plant Sci.* 293:1-7.
- Li L, Yang H, Liu P, Ren W, Wu X, Huang F. 2018. Combined impact of heat stress and phosphate deficiency on growth and photochemical activity of sheepgrass (*Leymus chinensis*). *J Plant Physiol.* 231:271-276.
- Lin J, Shao S, Wang Y, Qi M, Lin L, Wang Y, Yan X. 2016. Germination responses of the halophyte *Chloris virgata* to temperature and reduced water

- potential caused by salinity, alkalinity and drought stress. *Grass Forage Sci.* 71:507-514.
- Lüscher A, Daepp M, Blum H, Hartwig U A, Nösberger J. 2004. Fertile temperate grassland under elevated atmospheric CO₂ - Role of feed-back mechanisms and availability of growth resources. *Eur J Agron.* 21:379-398.
- Mäkinen H, Kaseva J, Virkajärvi P, Kahiluoto H. 2015. Managing resilience of forage crops to climate change through response diversity. *Field Crops Res.* 183:23-30.
- Makowski D, Marajo-Petitzon E, Durand JL, Ben-Ari T. 2020. Quantitative synthesis of temperature, CO₂, rainfall, and adaptation effects on global crop yields. *Eur J Agron.* 115:1-11.
- McGranahan DA, Yurkonis KA. 2018. Variability in grass forage quality and quantity in response to elevated CO₂ and water limitation. *Grass Forage Sci.* 73:517-521.
- Moore AD, Ghahramani A. 2013. Climate change and broadacre livestock production across southern Australia. 1. Impacts of climate change on pasture and livestock productivity and on sustainable levels of profitability. *Global Change Biol.* 19:1440-1455.
- Moore KJ, Lenssen AW, Fales SL. 2020. Factors affecting forage quality. In: CJR Kenneth J. Moore, Collins M, editors. *Forages*: John Wiley & Sons Ltd. p. 701-717.
- Nawaz F, Naeem M, Ashraf MY, Tahir MN, Zulfiqar B, Salahuddin M, Shabbir RN, Aslam M. 2016. Selenium supplementation affects physiological and biochemical processes to improve fodder yield and quality of maize (*Zea mays* L.) under water deficit conditions. *Front Plant Sci.* 7:1-13.
- Olesen J, Bindi M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur J Agron.* 16:39-62.
- Porter JR, Challinor AJ, Henriksen CB, Howden SM, Martre P, Smith P. 2019. Invited review: Intergovernmental panel on climate change, agriculture, and food-A case of shifting cultivation and history. *Global Change Biol.* 25:2518-2529.
- Prawiradiputra B, Sutedi E, Sajimin S, Fanindi A. 2012. *Hijauan pakan ternak untuk lahan sub-optimal*. 1st ed. Jakarta (Indones): IAARD Press.
- Rocha KF, Mariano E, Grassmann CS, Trivelin PCO, Rosolem CA. 2019. Fate of 15N fertilizer applied to maize in rotation with tropical forage grasses. *Field Crops Res.* 238:35-44.
- Rojas-Downing MM, Nejadhashemi AP, Harrigan T, Woznicki SA. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management.* 16:145-163.
- Rütting T, Clough TJ, Müller C, Ieffering M, Newton PCD. 2010. Ten years of elevated atmospheric carbon dioxide alters soil nitrogen transformations in a sheep-grazed pasture. *Global Change Biol.* 16:2530-2542.
- Sanaullah M, Chabbi A, Girardin C, Durand JL, Poirier M, Rumpel C. 2014. Effects of drought and elevated temperature on biochemical composition of forage plants and their impact on carbon storage in grassland soil. *Plant Soil.* 374:767-778.
- Santoso AB. 2016. Pengaruh perubahan iklim terhadap produksi tanaman pangan di Provinsi Maluku. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan.* 35:29-38.
- Sanz-Sáez Á, Erice G, Aguirreolea J, Muñoz F, Sánchez-Díaz M, Irigoyen JJ. 2012. Alfalfa forage digestibility, quality and yield under future climate change scenarios vary with *Sinorhizobium meliloti* strain. *J Plant Physiol.* 169:782-788.
- Scheben A, Yuan Y, Edwards D. 2016. Advances in genomics for adapting crops to climate change. *Current Plant Biol.* 6:2-10.
- Sgherri CLM, Quartacci MF, Menconi M, Raschi A, Navara-Izzo F. 1998. Interactions between drought and elevated CO₂ on alfalfa plants. *J Plant Physiology.* 152:118-124.
- Sopandie D. 2013. *Fisiologi adaptasi tanaman terhadap cekaman abiotik pada agroekosistem tropika*. 1st ed. Bogor (Indones): IPB Press.
- Sriagtula R, Sowmen S. 2018. Evaluasi pertumbuhan dan produktivitas sorgum mutan. *Jurnal Peternakan Indonesia.* 20:130-144.
- Stuart ME, Gooddy DC, Bloomfield JP, Williams AT. 2011. A review of the impact of climate change on future nitrate concentrations in groundwater of the UK. *Sci Total Environ.* 409:2859-2873.
- Suarna IW, Suryani N. 2018. Potensi produksi hijauan *Mikania cordata* sebagai pakan ternak ruminansia di Provinsi Bali. *Pastura.* 7:74-77.
- Sudarma IM, As-syakur AR. 2018. Dampak perubahan iklim terhadap sektor pertanian di Provinsi Bali. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian.* 12:87-98.
- Susanti E, Surmaini E, Estiningtyas W. 2019. Parameter iklim sebagai indikator peringatan dini serangan hama penyakit tanaman. *Jurnal Sumberdaya Lahan.* 12:59-70.
- Thivierge MN, Jégo G, Bélanger G, Bertrand A, Tremblay GF, Rotz CA, Qian B. 2016. Predicted yield and nutritive value of an alfalfa-thimothy mixture under climate change and elevated

- atmospheric carbon dioxide. *Agron J.* 108:585-603.
- Turano B, Tiwari UP, Jha R. 2016. Growth and nutritional evaluation of napier grass hybrids as forage for ruminants. *Trop Grassl.* 4:168-178.
- van der Kooi CJ, Reich M, Löw M, De Kok LJ, Tausz M. 2016. Growth and yield stimulation under elevated CO₂ and drought: A meta-analysis on crops. *Environ Experim Botany.* 122:150-157.
- Wreford A, Topp CFE. 2020. Impacts of climate change on livestock and possible adaptations: A case study of the United Kingdom. *Agric Systems.* 178:1-11.
- Zargar SM, Gupta N, Nazir M, Mahajan R, Malik, FA, Sofi, N, Shikari, AB, Salgotra RK. 2017. Impact of drought on photosynthesis: Molecular perspective. *Plant Gene.* 11:154-159.

Etika Kesejahteraan Hewan dalam Penelitian dan Pengujian: Implementasi dan Kendalanya

(Animal Welfare Ethics in Research and Testing: Implementation and its Barrier)

Sutiastuti Wahyuwardani¹, SM Noor¹ dan B Bakrie²

¹Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata No. 30 Bogor 16124

²Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian, Jl Tentara Pelajar No.10, Bogor 16124
Korespondensi e-mail: sutiastutiw@yahoo.co.id

(Diterima 9 Juli 2020 – Direvisi 16 November 2020 – Disetujui 16 November 2020)

ABSTRACT

Experimental animals have an important role in research and testing to improve human and animal health. The use of animal in an experiment must be balanced between science and ethical values of animal welfare. This paper discusses the role of IACUC, the implications of animal welfare for research, animal ethical clearance and obstacles in the implementation of animal welfare. Institution of Animal Care Use Committee (IACUC) has an important role to ensure that researcher has animal ethical clearance before conducting research and testing. Research and testing using animal should comply with ethical principles: respect, beneficiary and justice; 3Rs principles: Replacement, Reduction, Refinement and 5F/Freedom: freedom from hunger and thirst, heat and discomfort, pain, trauma and disease, fear and stress and expressing behavior naturally. The application of animal ethics clearance in Indonesia in research using animals is compulsory in various institutions. However, there are several barriers in its implementation, including some research institutions do not have IACUC, some researchers are lack of awareness to apply for animal ethical clearance, reluctant to IACUC requirements, lack of animal facilities that meet animal welfare requirements and lack of competence in animal handling according to animal welfare.

Key words: Animal welfare, ethical clearance, IACUC, research

ABSTRAK

Hewan coba memiliki peran penting dalam penelitian dan pengujian untuk meningkatkan kesehatan manusia dan hewan. Pemanfaatan hewan dalam penelitian harus seimbang antara ilmu pengetahuan dengan nilai-nilai etika kesejahteraan hewan (kesrawan). Tulisan ini membahas Komisi Kesejahteraan dan Penggunaan Hewan atau *Animal Care Use Committee* (IACUC), implikasi kesrawan dalam penelitian, klirens etik hewan dan kendala dalam implementasinya. Peranan IACUC dalam institusi untuk memastikan bahwa peneliti telah mempunyai klirens etik hewan dan memenuhi kaidah kesrawan dalam memanfaatkan hewan dalam penelitian. Persyaratan kesrawan yang harus dipenuhi adalah penerapan prinsip etika penelitian: *respect* (hormat), *beneficiary* (bermanfaat) dan *justice* (adil) terhadap hewan; prinsip 3Rs: *Replacement* (penggantian), *Reduction* (pengurangan), *Refinement* (perbaikan) dan 5F/*freedom*: kebebasan dari rasa lapar dan haus, rasa panas dan tidak nyaman, rasa nyeri, trauma dan penyakit, ketakutan dan stres serta mengekspresikan perilaku alami. Penerapan klirens etik hewan di Indonesia dalam riset telah banyak dipersyaratkan di berbagai institusi, namun menghadapi beberapa kendala dalam implementasinya antara lain: beberapa institusi belum memiliki IACUC, beberapa peneliti kurang memiliki kesadaran untuk mengajukan klirens etik hewan, keberatan dengan persyaratan IACUC, fasilitas hewan yang belum memenuhi persyaratan kesrawan dan masalah kompetensi penanganan hewan sesuai kesrawan.

Kata kunci: Kesejahteraan hewan, klirens etik, IACUC, penelitian

PENDAHULUAN

Hewan banyak dimanfaatkan dalam berbagai aspek kehidupan manusia sejak zaman dahulu sebagai tenaga kerja, alat transportasi, konsumsi, hiburan maupun sebagai hewan kesayangan dan untuk penelitian serta pengujian. Hewan yang digunakan dalam penelitian disebut hewan coba atau hewan model yaitu hewan yang sengaja dipelihara untuk kepentingan penelitian baik di laboratorium maupun dalam skala

yang lebih luas. Penggunaan hewan dalam penelitian dan pengujian dapat meningkatkan kualitas hidup hewan itu sendiri maupun manusia seperti untuk pengembangan vaksin, obat, alat diagnosis, uji toksisitas, uji coba klinis obat, perbaikan prosedur bedah dan lain-lainnya. Penerapan kesrawan dalam industri peternakan diakui berpotensi meningkatkan produktivitas hewan dan meningkatkan kualitas daging (Sinclair et al. 2019). Dapat dikatakan bahwa hewan mempunyai peranan yang sangat penting dalam

membantu meningkatkan pengetahuan dan juga memberikan kontribusi dalam menemukan solusi terkait permasalahan biologis dan biomedis baik pada manusia maupun hewan (Andersen & Winter 2019).

Penggunaan hewan coba dalam penelitian walaupun bermanfaat dalam meningkatkan kualitas hidup manusia dan hewan namun banyak ditentang oleh kelompok *animal right* (hak asasi hewan) karena hewan juga mempunyai hak asasi untuk hidup sebagaimana mestinya, tidak untuk dieksploitasi sebagai subyek dalam penelitian, untuk konsumsi, pakaian, hiburan, atau disalahgunakan dengan cara apapun. Sebaliknya, disisi lain, para ilmuwan sepakat bahwa penelitian menggunakan hewan diperbolehkan, namun dengan menerapkan kaidah kesejahteraan hewan (kesrawan). Kesejahteraan hewan adalah keadaan terukur pada hewan yang mungkin terkait dengan kecukupan kemampuan hewan untuk mengatasi lingkungannya.

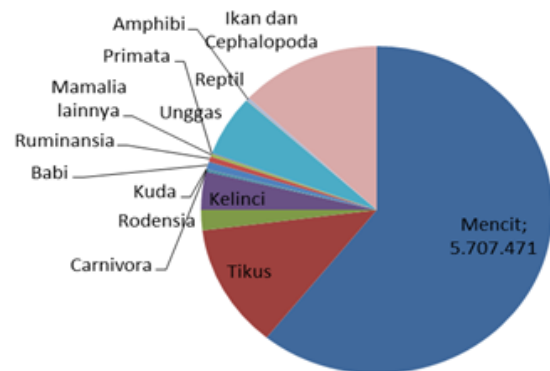
Beberapa konsep terkait kesrawan telah dikemukakan para ilmuwan sebagai dasar untuk menilai penelitian atau pemanfaatan hewan (Bruckner 2019). Penggunaan hewan dalam penelitian perlu disesuaikan dengan persyaratan dan tujuan penelitian yang dilakukan. Alternatif pengganti penggunaan hewan perlu menjadi pertimbangan misal dengan model komputer, kultur sel *in vitro*, layar enzimatik dan hewan model (Doke & Dhawale 2015). Perangkat lunak dapat digunakan untuk menggantikan hewan dalam memprediksi toksisitas bahan kimia (Richard 2018).

Saat ini, penerapan kesrawan dalam penelitian menggunakan hewan coba di Indonesia menjadi persyaratan dalam mengajukan proposal penelitian. Semua pihak yang terlibat dalam penelitian menggunakan subyek hewan dituntut untuk memenuhi kaidah kesrawan sebagai bentuk penghargaan atas hewan yang dikorbankan untuk kesejahteraan hidup manusia. Oleh karena itu peranan Komisi Pengawas Kesejahteraan dan Penggunaan Hewan atau *Animal Care Use Commiitte* (IACUC) dalam suatu institusi sangat penting untuk menjamin tercapainya kesejahteraan hewan yang digunakan selama proses penelitian. Beberapa peraturan pemerintah terkait kesejahteraan hewan telah diterbitkan dan menjadi salah satu landasan penerapan kesrawan dalam penelitian dan pengujian. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka pada tulisan ini membahas IACUC dan peranannya dalam institusi, implikasi kesrawan dalam penelitian, klirens etik hewan dan kendala dalam implementasinya.

PENGUNAAN HEWAN DALAM PENELITIAN

Penggunaan hewan untuk kepentingan penelitian dan pengujian sampai saat ini masih sangat tinggi

(Popa et al. 2015). Beberapa negara telah mengeluarkan data penggunaan hewan dalam penelitian seperti Canada dalam laporan tahunan *Canadian Council on Animal Care* (CCAC) dan negara-negara Uni Eropa dalam *Report Form The Commission to The European Parliament and Council* (CEPC). Sedangkan di Indonesia belum ada data resmi yang dilaporkan mengenai jumlah hewan yang digunakan dalam penelitian atau pengujian. Menurut laporan *The Commission to The European Parliament and Council* (CEPC 2019), bahwa hewan yang paling banyak digunakan untuk tujuan riset di negara-negara Uni Eropa periode tahun 2015-2017 adalah mencit, hewan air (ikan dan *cephalopoda*) dan tikus (Gambar 1).



Gambar 1. Jenis hewan yang digunakan dalam penelitian di Uni Eropa 2017 (CEPC 2019)

Mencit dan tikus adalah spesies rodensia yang banyak dipakai untuk model hewan penelitian biomedis karena adanya kesamaan anatomis, fisiologis, dan genetiknya dengan manusia (Bryda 2013). Data hewan yang dipakai sebagai pengguna pertama (*first use*) dalam penelitian dan pengujian pada tahun 2017 di Eropa adalah 9.388.162 ekor, jumlah ini telah mengalami penurunan dibandingkan pada tahun 2016 (9.817.946 ekor) dan tahun 2015 (9.590.379 ekor). Total penggunaan hewan (penggunaan pertama dan penggunaan ulang) untuk penelitian dan pengujian menurun 2% dari 9,78 juta pada 2015 menjadi 9,58 juta kegunaan pada 2017 (CEPC 2019). Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa peran hewan dalam penelitian/pengkajian masih tinggi dan belum dapat digantikan dengan alternatif pengganti lainnya. Menurut Popa et al. (2015) tingginya penggunaan hewan dalam penelitian disebabkan karena belum memungkinkan untuk mempelajari efek manipulasi gen secara *in vitro*.

Pengembangan prosedur dan mekanisme yang menjamin bahwa penggunaan hewan dalam penelitian dan pengujian harus dilakukan dengan prosedur yang secara ilmiah dan etis dapat dipertanggungjawabkan. Kepedulian terhadap kesejahteraan hewan telah dimulai

sejak tahun 1970, yaitu sejak pertama kali *animal welfare* diperkenalkan oleh Brambell & Roger dalam *The Brambell Committee Report* tahun 1965. Selanjutnya, konsep kesrawan mengalami perkembangan seperti tercantum dalam *Press Statement Farm Animal Welfare Council* pada tanggal 5 Desember 1979 dan semenjak itu perhatian terhadap kesrawan mengalami peningkatan secara eksponensial (Rollin 2017).

Hewan dapat digunakan dalam penelitian maupun pengujian namun harus diperlakukan sesuai dengan kaidah kesrawan dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Penelitian relevan untuk kepentingan kesehatan manusia atau hewan dan dapat memajukan pengetahuan ilmiah, atau untuk kebaikan masyarakat.
2. Tidak ada alternatif lain pengganti hewan dalam penelitian, misal belum ada model *in vitro* yang tersedia seperti pengaturan hormonal pada manusia dan hewan, perjalanan suatu penyakit, bagaimana penyebarannya dan pengaruhnya terhadap kekebalan tubuh, penelitian pada organ usus maupun otak (Barré-Sinoussi & Montagutelli 2015).
3. Tidak dapat menduplikasi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, misal karena heterogenitas dan kompleksitas biologis serta penggunaan metode atau teknologi yang tidak standar (Bert et al. 2019) sehingga harus dilakukan penelitian lagi dengan menggunakan hewan lainnya.

KESEJAHTERAAN HEWAN (ANIMAL WELFARE)

Sejak abad kelima sebelum Masehi, penelitian ilmiah yang melibatkan hewan telah dilaporkan dan semakin meningkat penggunaannya sejak abad kesembilan belas. Kaidah kesejahteraan hewan saat itu hanya dilakukan untuk mengurangi tingkat stres pada hewan saja dan tidak memperhitungkan penderitaan hewan. Pada tahun 1824, pertama kali dibentuk masyarakat perlindungan hewan, *Society for the Preservation of Cruelty to Animals* di Inggris untuk mencegah kasus kekejaman pada hewan (Franco et al. 2014). Definisi kesejahteraan hewan adalah segala urusan yang berhubungan dengan keadaan fisik dan mental hewan menurut ukuran perilaku alami hewan yang perlu diterapkan dan ditegakkan untuk melindungi hewan dari perlakuan setiap orang yang tidak layak terhadap hewan yang dimanfaatkan manusia (Undang-undang RI Nomor 18 Tahun 2009). Sasaran dari kesejahteraan hewan adalah semua hewan yang berinteraksi dengan manusia dimana intervensi manusia sangat mempengaruhi kelangsungan hidup hewan, bukan hewan yang hidup di alam.

Prinsip-prinsip kesejahteraan hewan

Berdasarkan survei menunjukkan dukungan masyarakat terhadap penelitian menggunakan hewan di Inggris mengalami penurunan dari 75% menjadi 66%, Amerika dari 63% menjadi 51% dan Canada hanya mendapat dukungan 44% pada periode tahun 2002-2016 (Clemence & Leaman 2016). Oleh karena itu, penggunaan hewan dalam penelitian dan pengujian harus memenuhi prinsip kesrawan dengan mengikuti kode etik penelitian, etik penggunaan dan etik pemeliharaan. Penggunaan hewan sebagai subyek dalam penelitian harus secara moral menghormati hewan yang dimanfaatkan dalam penelitian (*respect*); menguntungkan atau bermanfaat untuk pengetahuan (*beneficiary*) dan harus bersikap adil (*justice*) dalam pemakaian hewan dalam arti tidak boleh digunakan secara terus menerus.

Prinsip “3 Rs” atau konsep Tiga R’ Russell dan Burch tertuang dalam buku *‘The Principles of Human Experimental Technique’* yaitu: *replacement* (penggantian), *reduction* (pengurangan) dan *refinement* (perbaikan) (Cheluvappa et al. 2017). Konsep 3Rs telah ditetapkan sebagai pendekatan yang diterima secara internasional untuk penelitian yang melibatkan hewan dan telah dijadikan undang-undang di banyak negara. Konsep 3Rs merupakan etika standar yang dapat digunakan sebagai landasan untuk mewujudkan suatu eksperimen yang sesuai dengan prinsip kesrawan dengan cara mencari alternatif yang memungkinkan untuk melakukan pengurangan jumlah hewan yang digunakan dalam percobaan, dan menyempurnakan prosedur untuk meminimalkan atau menghilangkan penderitaan hewan coba (Popa et al. 2015).

Replacement

Istilah *replacement* mengacu pada metode yang menghindari penggunaan hewan dengan menggantinya dengan alternatif lain, seperti sel atau organisme yang lebih rendah. Pengembangan metode *replacement* yang memungkinkan adalah penggunaan non-hewan dalam penelitian, misalnya dengan non-mahluk hidup (*inanimate systems*), *in-vitro* dan hewan non-tradisional. Konsep *replacement* ada 2 yaitu *replacement* absolut menggunakan non-hewan dan *replacement* relatif menggunakan kelas/ordo lebih rendah atau mengganti hewan dengan organ/kultur jaringan hewan dari rumah potong atau simulasi komputer (Baker 2011). Penggunaan simulasi komputer sebagai alternatif menggantikan hewan saat ini meningkat pesat, sebagai contoh QSAR (*Quantitative Structure Activity Relationship*), CoMFA (*Comparative Molecular Field Analysis*), *Advance Biomedical Computing Centre* dan *Dissection Simulations* (Kilkenny et al. 2010).

Hewan invertebrata banyak dipakai sebagai alternatif pengganti penggunaan hewan untuk penelitian dasar fungsi biologi manusia, sebagai contoh mempelajari perkembangan penyakit Alzheimer, *neurodegenerative*, aspek sensasi nyeri digunakan lalat buah *Drosophila* (Harrison et al. 2010). Penggunaan jamur lendir *Dictyostelium* pada penelitian tentang epilepsi dan gangguan bipolar juga telah dilaporkan (Williams et al. 2006). Hampir semua organisme termasuk bakteri dan *yeast* dapat digunakan untuk mendeteksi mutasi gen.

Menggunakan sukarelawan manusia dalam penelitian juga dapat sebagai alternatif pengganti hewan penelitian. Beberapa penelitian menggunakan relawan manusia telah dilakukan antara lain studi *microdosing* (penggunaan obat dosis yang sangat rendah untuk mempelajari distribusi dan metabolisme), *non-invasive imaging* (MRI dan PET *scanning*), diet dan rasa sakit. Penggunaan sukarelawan manusia dalam penelitian meskipun diperbolehkan namun sukarelawan harus mendapat informasi secara lengkap (*inform concern*), kompeten dan tidak ada paksaan, serta memberikan persetujuan dan tingkat bahaya penelitian yang dapat ditimbulkan "minimal". Pada Deklarasi Helsinki, penelitian biomedis yang melibatkan subjek manusia harus didasarkan pada "percobaan laboratorium dan hewan yang dilakukan secara memadai dan pengetahuan berdasarkan literatur ilmiah". Subjek manusia tidak boleh digunakan kecuali eksperimen berhasil dilakukan pada hewan serta secara *in vitro*, telah diselesaikan. Deklarasi tersebut dapat memungkinkan dilanjutkan ke uji klinis jika penelitian pada hewan yang memadai menunjukkan ketidaktepatan penerapan, atau tidak adanya model hewan yang berguna dan jika hewan mati segera setelah menerima vaksin, maka pasti akan melarang penggunaan vaksin pada manusia (Mariner 1989).

Pencarian cepat untuk informasi penggantian hewan coba dapat dilakukan melalui database seperti PUBMED/MEDLINE, TOXNET & AGRICOLA. Sejumlah situs web lain memberikan panduan yang baik tentang cara mencari alternatif dalam penelitian, pengujian dan pendidikan, dan menyediakan tautan ke basis data alternatif khusus seperti AnimAlt-Zebet (yang utamanya adalah toksikologi) dan NORINA.

Reduction

Reduction (Cheluvappa et al. 2017) mengacu pada metode yang meminimalkan penggunaan hewan dan memungkinkan peneliti untuk memperoleh jumlah informasi yang sebanding dari lebih sedikit hewan atau untuk mendapatkan lebih banyak informasi dari jumlah hewan yang sama tanpa meningkatkan rasa sakit atau kesusahan. Beberapa metode untuk mengurangi jumlah hewan dalam penelitian dapat dilakukan dengan

menetapkan *group size* yang rasional, melalui *pilot study* (penelitian pendahuluan), perhitungan statistik untuk menentukan jumlah populasi hewan termasuk *power* analisis yang merujuk kepada literatur yang berkualitas baik dan/atau pedoman yang berlaku. Penelitian pendahuluan menggunakan sedikit hewan dapat memprediksi keberhasilan/kegagalan induksi hewan model dan variasi respon induksi, mengantisipasi risiko kematian, derajat keparahan rasa nyeri/sakit danantisipasi dampak buruk. Penentuan desain yang cermat, penggunaan kelompok kontrol yang efisien dan tepat dengan prosedur yang terstandarisasi dapat meminimalisir variasi. Selain itu juga dapat menggunakan model hewan yang tepat dan seragam secara genetik dapat memastikan keberhasilan penelitian. Pengurangan penggunaan hewan juga dapat dilakukan dengan memaksimalkan penggunaan hewan, misalnya dengan memanfaatkan jaringan dari beberapa peneliti (*tissue archive; tissue sharing*).

Refinement

Refinement (Cheluvappa et al. 2017) mengacu pada metode yang meminimalkan atau mengurangi potensi rasa sakit dan kesusahan serta meningkatkan kesejahteraan untuk kehidupan hewan dengan memodifikasi teknik/metode penelitian. Penyempurnaan teknik atau metode yang digunakan dalam prosedur perlakuan pada hewan dapat mengurangi rasa sakit dan *distress* pada saat penelitian dan meningkatkan kualitas penelitian. Contoh penerapan konsep *refinement* adalah dengan memilih metode yang paling non invasif yang tidak menimbulkan rasa sakit dan stres hewan, program manajemen rasa sakit (anestesia, analgesia), penggunaan metode yang sudah terstandar dan habituasi terhadap prosedur pemeliharaan maupun prosedur penelitian serta melibatkan personil yang terlatih dan kompeten.

Prinsip 5 F

Prinsip 5F (*Five freedom*) atau lima kebebasan mengacu pada *Farm Animal Welfare Council* yang menjamin penerapan kesrawan pada hewan secara manusiawi yaitu bebas rasa lapar dan haus (hewan diberi kemudahan akses untuk minum dan pakan sesuai diet, rasa panas dan tidak nyaman (hewan diberi naungan yang nyaman untuk beristirahat); rasa nyeri, trauma dan penyakit (hewan diberikan pencegahan dan pengobatan yang sesuai dengan penanganannya); ketakutan dan stres jangka panjang (mencegah penderitaan hewan seminimal mungkin); dan mengekspresikan tingkah laku alami (hewan diberikan ruang gerak dan fasilitas sesuai kebutuhan hewan (Manteca et al. 2012; Mellor 2016).

Ilmu kesejahteraan hewan berevolusi secara terus menerus dalam 30 tahun terakhir, beberapa konsep kesrawan dikemukakan oleh para ilmuwan yang menyatakan bahwa konsep 5F tersebut belum mencukupi untuk diterapkan dalam mewujudkan kesejahteraan hewan. Duncan (2005) menyatakan bahwa kesrawan tidak hanya sekedar mengurangi penderitaan hewan tetapi juga timbulnya kebahagiaan. Green & Mellor (2011) mengemukakan konsep kualitas hidup diperlukan untuk melengkapi konsep 5F dengan membedakan faktor fisik/fungsional dan mental yang berkontribusi pada kesrawan. Hemsworth et al. (2015) menyatakan bahwa manajemen hewan di abad 21 akan menekankan pentingnya memberikan perlakuan yang positif dan hal ini perlu diprioritaskan pada saat memonitor atau melakukan penilaian terhadap penerapan kesrawan hewan dalam penelitian.

Beausoleil & Mellor (2015) menyatakan bahwa untuk menilai penerapan kesrawan dalam penanganan hewan dapat digunakan metoda *Five Domain* yang sistematis untuk melihat dampak perlakuan terkait domain fungsional yaitu: nutrisi, lingkungan, kesehatan atau status fungsional, dan perilaku serta satu domain yaitu keseluruhan kondisi mental atau afektif. Namun demikian, Webster (2016) menyatakan bahwa konsep 5F jauh lebih sederhana, tidak mengkaitkan kesrawan dengan status mental dan prinsip-prinsip dasarnya bersifat abadi. Evaluasi terhadap penerapan etika penggunaan hewan harus mempertimbangkan banyak sudut pandang yang bertentangan (Khoo 2018).

Penerapan kesrawan pada peternakan menggunakan prinsip efisiensi, berpotensi menimbulkan konflik. Namun demikian, potensi konflik dapat diminimalkan dengan menunjukkan dari segi manfaat finansial yang diperoleh oleh masyarakat dan peternak dengan menerapkan kesrawan. Manfaat tersebut mencakup peningkatan keuntungan melalui: (i) penurunan angka kematian; (ii) peningkatan kesehatan; (iii) peningkatan kualitas produk; (iv) peningkatan resistensi penyakit dan berkurangnya obat-obatan; (v) risiko zoonosis dan penyakit bawaan makanan yang lebih rendah; (vi) kepuasan kerja bagi peternak yang merupakan tanggung jawab sosial perusahaan; dan (vii) memperoleh harga lebih tinggi dari konsumen. Konflik yang ada saat ini diharapkan dapat diselesaikan dimasa mendatang dengan adanya perkembangan genetika, perbaikan manajemen, dan pengembangan teknologi (Dawkins 2017).

Penerapan kaidah 3Rs dalam penelitian atau pengujian yang paling sulit kemungkinan adalah penggantian hewan coba baik secara alternatif maupun absolut. Hal ini karena tidak mudah mengganti kebiasaan (*mindset*) peneliti yang selama ini sudah terbiasa dan mudah untuk mendapatkan hewan coba dalam penelitian maupun pengujian. Selain itu tidak mudah pula untuk mengganti hewan dengan ordo yang

lebih rendah seperti *zebrafish*, *drosophila* karena selain sulit untuk mendapatkannya juga diperlukan pelatihan khusus untuk perawatannya. Sementara penerapan kaidah 5 F walaupun nampaknya mudah dilakukan dalam penelitian menggunakan hewan coba namun untuk menyediakan fasilitas dan prasarana hewan yang memenuhi aspek kesrawan yang dapat mengekspresikan tingkah laku natural hewan diperlukan biaya yang cukup tinggi.

PERATURAN DAN PEDOMAN KESEJAHTERAAN HEWAN

Penggunaan atau penanganan hewan di berbagai aspek telah dikaji oleh beberapa peneliti baik di luar negeri maupun di dalam negeri. Hasil analisis *Harm-Benefit* (HBA) menemukan bahwa sebagian besar penelitian melibatkan penderitaan hewan yang hebat. Banyak hewan menderita kerusakan parah yang tidak terkait dengan manfaat yang diperoleh untuk kepentingan manusia (Pound & Nicol 2018). Penggunaan hewan dalam penelitian merupakan hak istimewa yang diberikan kepada peneliti melalui komisi yang ditunjuk untuk memberikan klirens etik hewan dengan mengacu peraturan dan pedoman yang telah ditetapkan oleh pembuat kebijakan. Persetujuan penggunaan hewan dalam penelitian umumnya diberikan oleh pembuat kebijakan setelah dilakukan analisa *Harm-Benefit* (HBA) (Brønstad et al. 2016). Beberapa undang-undang atau peraturan terkait dengan perawatan dan penggunaan hewan saat ini adalah sebagai berikut:

a. *Animal Welfare Act Regulations* (USDA 2005)

Undang-undang Kesejahteraan Hewan Federal Amerika Serikat yang disahkan menjadi undang-undang pada tahun 1966, merupakan satu-satunya hukum yang mengatur perlakuan hewan dalam penelitian, pameran, transportasi, dan perlakuan dalam perdagangan. Undang-undang ini merupakan acuan standar minimal dalam menyusun kebijakan dan pedoman lainnya, termasuk cakupan spesies tambahan atau spesifikasi untuk perawatan dan penggunaan hewan.

b. *Public Health Service Policy on Humane Care and Use of Laboratory Animals* (PHS 1985)

Kebijakan PHS dimaksudkan untuk melengkapi prinsip-prinsip yang ditetapkan pemerintah Amerika Serikat dalam perawatan vertebrata yang digunakan dalam pengujian, penelitian dan pelatihan. Persyaratan yang telah dikembangkan tersebut wajib dipatuhi oleh semua lembaga yang menggunakan hewan dalam penelitian, pengajaran atau pengujian yang didanai oleh *National Institutes of Health* (NIH). Lembaga NIH juga mengharuskan penggunaan panduan Standar Layanan Kesehatan, *Public Health Service Policy on Humane Care and Use of Laboratory Animals* (NIH 2015), yang

merupakan panduan yang disusun untuk perawatan dan penggunaan hewan laboratorium.

c. *Association for the Assessment and Accreditation of Laboratory Animal Care – International (AAALAC-I)*

Merupakan organisasi nirlaba yang mempromosikan tindakan yang manusiawi terhadap penggunaan hewan dalam ilmu pengetahuan melalui program akreditasi Internasional secara sukarela. Akreditasi AAALAC-I diakui di seluruh dunia sebagai simbol perawatan yang berkualitas terhadap hewan yang digunakan untuk penelitian, pengajaran serta pengujian dengan menerapkan kesrawan (Gettayacamin & Retnam 2017).

Beberapa buku pedoman penggunaan hewan dalam penelitian juga dapat digunakan sebagai acuan terkait aspek kesrawan antara lain:

a. *Guide for The Care and Use of Laboratory Animals* (ILAR 2011)

Panduan ini merupakan pedoman perawatan dan penggunaan hewan laboratorium yang layak secara ilmiah dan manusiawi disusun berdasarkan pendapat dan pengalaman para ahli dengan metode dan praktik yang telah terbukti konsisten dan berkualitas dan sebagai dasar untuk pengembangan program perawatan dan penggunaan hewan yang komprehensif, menerapkan konsep dan standar kinerja, sesuai dengan tujuan dan hasil yang hendak dicapai.

b. *The Guide for Care and Use of Agriculture Animals in Agricultural Research and Teaching* (ADSA 2011)

Panduan untuk perawatan dan penggunaan hewan pertanian dalam penelitian dan pengajaran (Panduan Agricultural/Ag) sebagai referensi berbasis ilmu pengetahuan dan pedoman berbasis kinerja untuk pemanfaatan ternak, terkait pengayaan lingkungan, penanganan transportasi, biosekuriti dan hewan ternak hasil rekayasa genetika dan *cloning*. Panduan ini dapat membantu peneliti dalam merencanakan dan melakukan eksperimen sesuai dengan prinsip ilmiah, etika, dan kemanusiaan.

c. *AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals* (AVMA 2020)

Pedoman ini berisi kriteria untuk eutanasia, dan metode serta agen eutanasia yang tepat, untuk membantu dokter hewan dalam pelatihan profesi. Pedoman tersebut juga berisi penjelasan proses eutanasia yang juga melibatkan proses lain, tidak sekedar mematikan hewan. Selain menjelaskan metode dan penggunaan bahan eutanasia yang tepat, juga dijelaskan perlunya dipertimbangkan penggunaan pre-eutanasia (mis. sedasi) dan penanganan hewan dalam praktikum, serta pembuangan limbah dan kadefer. Meskipun peraturan dan perundang-undangan yang mengatur terkait penerapan kesrawan sudah ada, monitoring terhadap pelanggaran dan penerapan sanksi

belum direalisasikan. Hal ini kemungkinan disebabkan masih banyak peneliti yang belum memahami kesrawan.

KOMISI KESEJAHTERAAN DAN PENGGUNAAN HEWAN (IACUC)

Komisi Kesejahteraan dan Penggunaan Hewan atau *Institutional Animal Care and Use Committee* (IACUC) sangat diperlukan dalam penerapan kesrawan pada penelitian yang memanfaatkan hewan coba. Istilah IACUC secara resmi diperkenalkan pada tahun 1986 di dalam amandemen Undang-undang Kesejahteraan Hewan Amerika Serikat. Kegiatan IACUC dilaporkan kepada NIH, Laboratorium Kesejahteraan Hewan *Office of Laboratory Animal Welfare* (OLAW) setiap tahun. Peraturan kesejahteraan hewan federal Amerika Serikat dan Kebijakan Layanan Kesehatan Publik tentang Perawatan Manusiawi dan Penggunaan Hewan Laboratorium mengharuskan agar IACUC melakukan tinjauan berkelanjutan dari semua kegiatan penelitian hewan (USDA 2005). Sistem pemantauan mandiri di tingkat lokal ini penting untuk memastikan program perawatan dan penggunaan hewan yang efektif dan sesuai. Integral dengan sistem ini adalah tanggung jawab menyelidik untuk pengawasan subjek hewan penelitian mereka, dengan demikian tidak ada aktivitas yang dapat dilakukan tanpa persetujuan IACUC (Silk et al. 2014).

Institutional Animal Care Unit Committee merupakan komisi etik hewan yang legal secara hukum untuk memastikan semua kegiatan penelitian yang melibatkan hewan telah memenuhi peraturan dan kebijakan yang mengatur penggunaan hewan dalam penelitian. Komite etik hewan IACUC ini dibentuk untuk mengawasi program kesehatan hewan, fasilitas hewan dan semua prosedur dalam hal perawatan dan penggunaan hewan di institusi. Komposisi IACUC minimal lima anggota yang ditunjuk oleh manajer eksekutif di institusi. Salah satu anggota IACUC harus Dokter Hewan yang sudah terlatih atau berpengalaman dengan penelitian hewan laboratorium, peneliti yang kompeten, non peneliti dan 1 satu orang yang tidak boleh memiliki hubungan dengan institusi kecuali hanya untuk melayani di IACUC (non afiliasi) (ILAR 2011). Anggota IACUC yang tidak berafiliasi secara memadai dapat mewakili komunitas di sekitarnya (Silverman et al. 2010).

Tanggung jawab IACUC memastikan bahwa program perawatan dan penggunaan hewan di fasilitas sesuai dengan pedoman *The Public Health Service Policy on Humane Care and Use of Laboratory Animals*, *The Animal Welfare Act* dan *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals* (PHS 1985). Beberapa tugas dan fungsi IACUC dalam suatu

institusi adalah sebagai berikut: membuat rekomendasi mengenai berbagai aspek program perawatan hewan, fasilitas hewan atau pelatihan personil; meninjau dan menyetujui, modifikasi atau menunda persetujuan proposal studi penggunaan hewan atau mengusulkan perubahan signifikan dalam proposal studi penggunaan hewan yang sebelumnya telah disetujui mengenai penggunaan hewan dalam kegiatan yang sedang berlangsung serta mempunyai otorisasi untuk menanggulangi aktivitas yang melibatkan hewan (Mohan & Foley 2019). Selain melakukan evaluasi prosedur penggunaan hewan dalam penelitian, IACUC juga mempunyai tugas untuk melakukan inspeksi semua fasilitas penggunaan hewan (ILAR 2011).

Komisi etik hewan dalam suatu institusi mempunyai cara yang sama dalam mereview proposal yang menggunakan hewan coba dalam riset sesuai dengan pedoman kesrawan, seperti dokumen pengajuan, proposal penelitian yang berisi penjelasan secara rinci prosedur penanganan hewan selama penelitian, formulir komisi etik dan daftar riwayat hidup penanggung jawab penelitian (Noor et al. 2015). Klirens etik hewan akan dikeluarkan oleh IACUC apabila proposal yang diajukan telah memenuhi persyaratan kesrawan terkait 3Rs dan 5F dan IACUC akan melakukan monitoring dan inspeksi penerapan kesrawan selama penelitian berjalan. Vandervord et al. (2015) menyatakan bahwa monitoring kesrawan dapat meningkatkan pada kepatuhan terhadap kaidah kesrawan yang lebih baik, hanya saja dalam implementasi monitoring dan inspeksi diperlukan biaya. Bert et al. (2019) menyatakan bahwa berbagai pengalaman terkait cara perkandangan, penanganan, dan langkah-langkah perbaikan dapat mempercepat kemajuan dalam meningkatkan penerapan kesrawan hewan laboratorium.

Penerapan kesejahteraan hewan di Indonesia

Aspek kesrawan dalam penggunaan hewan belum sepenuhnya diterapkan diberbagai bidang di Indonesia (Dameanti et al. 2019). Penerapan pada rumah potong hewan hanya sebesar 63,04% sebelum penyembelihan dan 75,96% pada proses penyembelihan (Mandala et al. 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Bhaskara et al. (2015) berdasarkan penilaian skoring aspek penampungan hewan dan aspek penyembelihan, menunjukkan penerapan kesrawan pada sapi yang dipotong di RPH Kotamadya Banda Aceh dinilai baik, begitu juga dengan penerapan kesrawan pada *petshop* yang relatif baik (Hartuti et al. 2014). Penerapan kesrawan dalam kegiatan penelitian telah menjadi persyaratan dalam pengajuan proposal penelitian yang menggunakan subyek hewan karena berpotensi memperbaiki kualitas hasil penelitian (Darusman et al.

2018) misalnya dengan memberikan pengayaan lingkungan yang sesuai (Bayne & Würbel 2014).

Beberapa institusi di Indonesia telah membentuk IACUC yang berfungsi mengawasi dan memberikan persetujuan penggunaan hewan sebelum penelitian dilaksanakan. Komisi etik penggunaan hewan di beberapa institusi ada yang menyatu dengan komisi etik penelitian, sementara di institusi lainnya berdiri sendiri. Beberapa institusi di Indonesia yang telah memiliki IACUC antara lain Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Komisi Kesejahteraan Hewan Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian/KKHB), Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan (Komisi Etik Penelitian Kesehatan-Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan/KEPK-BPPK), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (Sub Komisi Klirens Etik Penelitian Bidang IPH) Universitas Indonesia (KEPK-UI, Universitas Gajahmada (Komisi Etik Penelitian FKH-UGM)), Universitas Airlangga (Komisi Etik Penelitian- FKH-UNAIR), Institut Pertanian Bogor (Komisi Etik Hewan-LPPM IPB), Universitas Pajajaran (Komisi Etik Penelitian/KEP-UNPAD) dan lain-lainnya.

Peraturan dan perundang-undangan penggunaan hewan terkait kesrawan di Indonesia dapat digunakan sebagai dasar untuk penerapan kesrawan dalam berbagai bidang penelitian dan pengujian yang memanfaatkan hewan. Beberapa peraturan tersebut antara lain: Peraturan Kepala LIPI No 08/E/2013 mengatur tentang Pedoman Klirens Etik Penelitian dan Publikasi Ilmiah; Undang-undang RI No. 18 Tahun 2009 tentang Peternakan dan Kesehatan Hewan; dalam pasal 66 ayat 1 yang menyatakan “untuk kepentingan kesejahteraan hewan dilakukan tindakan yang berkaitan dengan penangkapan dan penanganan; penempatan dan pengandangan; pemeliharaan dan perawatan; pengangkutan; pemotongan dan pembunuhan; serta perlakuan dan pengayoman yang wajar terhadap hewan”; UU RI No. 41 Tahun 2014 tentang Perubahan Atas UU RI No. 18 Tahun 2009 tentang Peternakan dan Kesehatan Hewan; Peraturan Pemerintah RI No. 47 Tahun 2014 tentang Pengendalian dan Penanggulangan Penyakit Hewan, Peraturan Pemerintah RI No. 95 Tahun 2012 tentang Kesehatan Masyarakat Veteriner dan Kesejahteraan Hewan; UU RI No. 8 Tahun 1999 tentang Perlindungan Satwa jo PP Nomor 7/1999, tentang Pengawetan Jenis satwa tumbuhan.

Penerapan kesrawan dalam penelitian dan pengujian di Indonesia bukan hal yang mudah. Banyak kendala yang dihadapi dalam penerapannya antara lain:

1. Belum semua lembaga riset yang menggunakan hewan dalam penelitian dan pengujian mempunyai IACUC sehingga masih banyak penelitian menggunakan subyek hewan yang tidak dilengkapi dengan klirens etik hewan, sehingga sulit untuk

- memonitor apakah kaidah kesrawan seperti prinsip 3Rs dan 5F diimplementasikan.
2. Belum semua IACUC melakukan inspeksi dan *monitoring* implementasi dari penerapan kesrawan dalam penelitian.
 3. Belum adanya sanksi dari institusi yang diberlakukan dalam pelanggaran kesrawan ketika menjalankan penelitian yang mengakibatkan kurangnya kesadaran untuk mengimplementasikan kesrawan dalam penelitian.
 4. Kurangnya kompetensi dalam penanganan hewan dalam penelitian dan pengujian akibat belum semua peneliti telah mendapatkan pelatihan tentang penanganan hewan sesuai kesrawan.
 5. Tidak semua institusi mempunyai dokter hewan sebagai *attending veteriner*, sehingga kurang adanya pengawasan terhadap kesehatan hewan, penanganan hewan dan fasilitas hewan yang sesuai kaidah kesrawan.
 6. Kurangnya kesadaran peneliti untuk mengajukan kliren etik hewan dalam penelitian, bahkan ada beberapa peneliti yang keberatan terhadap kebijakan IACUC, sehingga pengajuan kliren etik hewan hanya dilakukan untuk memenuhi persyaratan publikasi semata atau persyaratan dari pihak sponsor penyandang dana penelitian kerjasama.
 7. Belum terbiasanya peneliti di Indonesia untuk mengganti penggunaan hewan dalam penelitian menjadi non hewan.
 8. Biaya yang diperlukan untuk membuat fasilitas hewan sesuai kaidah kesrawan cukup mahal, misal pembuatan fasilitas kandang dan penyediaan kandang yang sesuai aspek *biosafety* dan *biosecurity* kandang.

Adanya berbagai kendala penerapan kesrawan pada penggunaan hewan dalam penelitian maupun pengujian maka diperlukan komitmen bersama baik dari pemerintah, lembaga riset dan para peneliti terkait untuk secara bersama-sama mengidentifikasi permasalahan yang ada dari berbagai sudut pandang, sehingga akan lebih mudah mencari solusinya. Dalam hal ini peranan dan komitmen dari manajemen puncak dalam penerapan kesrawan dalam suatu institusi sangat penting karena penggunaan hewan dalam penelitian dapat mengandung berbagai risiko terkait dengan aspek biosafeti dan biosekuriti. Sebagai contoh, hewan yang digunakan dalam penelitian bisa terinfeksi beberapa penyakit zoonosis yang sangat berbahaya jika terjadi paparan terhadap peneliti, pekerja laboratorium maupun lingkungan. Oleh karena itu penggunaan *animal biosafety level* yang sesuai dengan kajian analisis risiko sangat diperlukan. Selain itu juga aspek biosekuriti terhadap lepasnya agen infeksius yang dipakai dalam hewan penelitian secara sengaja akibat konflik kepentingan, pencurian juga

menjadi pertimbangan dalam penelitian menggunakan hewan. Melalui pembentukan IACUC dalam suatu institusi, implementasi *biosafety* dan *biosecurity* terhadap penelitian penggunaan hewan, pemberian pelatihan penanganan hewan, peningkatan kesadaran peneliti akan pentingnya kliren etik hewan dapat berdampak positif untuk penerapan kesrawan dalam penelitian dan pengujian.

KESIMPULAN

Penerapan kaidah kesejahteraan hewan dalam penelitian dan pengujian menggunakan hewan sangat penting untuk dilakukan sebelum menjalankan penelitian sebagai tanggung jawab moral peneliti terhadap hewan yang digunakan. Komisi Kesejahteraan Hewan (IACUC) perlu dibentuk dalam suatu insitusi yang menggunakan hewan sebagai subek dalam penelitian dan pengujian. Penerapan kesrawan telah banyak diterapkan di beberapa institusi di Indonesia namun masih banyak kendala dalam mengimplmentasikannya. Peranan dan komitmen manajemen puncak dan para peneliti dalam suatu institusi sangat penting untuk mendukung kesrawan yang dimanfaatkan dalam penelitian dan pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- [ADSA] American Dairy Science Association. 2011. The guide for care and use of agriculture animals in agricultural research and teaching (ag guide) [Internet]. [disitasi 6 Mei 2020]. Tersedia dari: https://www.asas.org/docs/default-source/default-document-library/ag_guide_3rded.pdf.
- [AVMA] American Veterinary Medical Association. 2020. AVMA guidelines for the Euthanasia of animals: 2020 edition [Internet] [disitasi 6 Mei 2020]. Tersedia dari: https://www.avma.org/sites/default/files/2020-01/2020_Euthanasia_Final_1-15-20.pdf.
- Andersen ML, Winter LMF. 2019. Animal models in biological and biomedical research – experimental and ethical concerns. *An Acad Bras Cienc*. 91:1–14.
- Baker M. 2011. A living system on a chip. *Nature*. 471:661–665.
- Barre-Sinoussi, Montagutelli X. 2015. Animal models are essential to biological research: Issues and perspectives. *Future Sci OA*. 1:FSO63.
- Bayne K, Wurbel H. 2014. The impact of environmental enrichment on the outcome variability and scientific validity of laboratory animal studies. *Rev Sci Tech Int Epiz*. 33:273–280.
- Belausoleil NJ, Mellor DJ. 2015. Advantages and limitations of the five domains model for assessing welfare impacts associated with vertebrate pest control. *New Zealand Vet J*. 63:37–43

- Bert B, Heintz C, Chmielewska J, Schwarz F, Grune B, Hensel A, Greiner M, Schonfelder G. 2019. Refining animal research: The animal study registry. *PLoS Biol.* 17:e3000463.
- Bhaskara Y, Adam M, Nasution I, Lubis TM, Armansyah T, Hasan M. 2015. Tinjauan aspek kesejahteraan hewan pada sapi yang dipotong di Rumah Potong Hewan Kotamadya Banda Aceh. *Jurnal Medika Veterinaria* 9:149-153.
- Bronstad A, Newcomer CE, Decelle T, Everitt JJ, Guillen J, Laber K. 2016. Current concepts of Harm-Benefit Analysis of Animal Experiments. *Lab Anim.* 50:1-20.
- Bruckner DW. 2019. Philosophy and animal welfare science. *Phil Comp.* 14:e12626.
- Bryda EC. 2013. The mighty mouse: The impact of rodents on advances in biomedical research. *Missouri Med.* 110:207-2011.
- [CEPC] The Commission to the European Parliament and Council. 2019. 2019 report on the statistics on the use of animals for scientific purposes in the Member States of the European Union in 2015-2017 [Internet]. [cited 6th May 2020]. Available from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1581689520921&uri=CELEX:52020DC0016&print=true>
- Cheluvappa R, Scowen P, Eri R. Ethics of animal research in human disease remediation, its institutional teaching; and alternatives to animal experimentation, *Pharma Res Per.* 5:e00332. doi: 10.1002/prp2.332.
- Clemence M, Leaman J. 2016. Public attitudes to animal research in 2016. [Internet]. [cited 29 Mei 2020]. Available from: http://doc.ukdataservice.ac.uk/doc/8059/mrdoc/pdf/8059_ols_public_attitudes_to_animal_research_report.pdf.
- Dameanti FNAEP, Padaga MC, Fatmawati M, Setianingrum A, Sawitri ME, Ramadhanail F. 2019. Application of animal welfare on dairy cattle livestock in Ternak Sukses Bersama, Deyeng Village, Ringinrejo District, Kediri Regency. *Adv Health Sci Res.* 19:80-83.
- Darusman HS, Nugroho SW, Munggaran FA, Sajuthi D. 2018. Teknik penanganan kendali hewan sesuai kaidah kesejahteraan hewan meningkatkan akurasi pengukuran profil hemodinamika tikus laboratorium. *Jurnal Veteriner.* 19:208-214.
- Dawkins MS. 2017. Animal welfare and efficient farming: is conflict inevitable?. *Anim Prod Sci.* 57:201-208.
- Doke SK, Dhawale SC. 2015. Alternatives to animal testing: A review. *Saudi Pharm J.* 23:223-229.
- Duncan IJH. 2005. Science-based assessment of animal welfare: Farm animals. *Rev Sci Tech Int Epiz.* 24:483-492
- Franco AL, Nogueira MNM, Sousa NGK, Frota MF, Fernandes CMSF, Serra MC. 2014. Pesquisa em animais: uma reflexão bioética. *Acta Bioeth.* 20:247-253.
- Gettayacamin M, Retnam L. 2017. AAALAC International standards and accreditation process. *Toxicol Res.* 33:183-189.
- Green TC, Mellor DJ. 2011. Extending ideas about animal welfare assessment to include 'quality of life' and related concepts. *New Zealand Vet J.* 59:263-271.
- Hajar R. 2011. Animal testing and medicine. *Heart Views.* 12:42.
- Harrison AB, Oswald M, Sweeney ST. 2010. Teaching report: The use of *Drosophila melanogaster* larval thermosensitive escape behaviour as a model system to demonstrate sensory function in *Drosophila* models of human neurodegenerative disease. *Invert Neurosci.* 11:109-112.
- Hartuti RS, Adam M, Murtin T. 2014. Kajian kesejahteraan kucing yang dipelihara di beberapa petshop di Wilayah Bekasi Barat. *J Medika Veterinaria.* 8:37-42.
- Hemsworth PH, Mellor DJ, Cronin GM, Tilbrook AJ. 2015. Scientific assessment of animal welfare. *New Zealand Vet J.* 63:24-30.
- [ILAR] Institute for Laboratory Animal Research. 2011. Guide for the care and use of laboratory animals. 8th ed. Washington (USA): The National Academic Press. [Internet]. [cited 6th May 2020]. Available from: <https://grants.nih.gov/grants/olaw/guide-for-the-care-and-use-of-laboratory-animals.pdf>.
- Jones RC. 2013. Science, sentience, and animal welfare. *Biol Philos.* 28:1-30.
- Khoo YS. 2018. Justifiability and animal research in health: Can democratisation help resolve difficulties?. *Animals (Basel).* 8:28.
- Kilkenny C, Browne WJ, Cuthill IC, Emerson M, Altman DG. 2010. Improving bioscience research reporting: The ARRIVE guidelines for reporting animal research. *PLoS Biol.* 8:1-5.
- Mandala AE, Swacita IBN, Suada IK. 2016. Penilaian penerapan *animal welfare* pada proses pemotongan sapi di Rumah Potong Hewan Mambal Kabupaten Badung. *Indones Medicus Veterinus.* 5:1-12.
- Manteca X, Mainau E, Temple D. 2012. What is animal welfare. 1:1-2. [Internet]. [cited 29th May 2020]. Available from: www.fawec.org.
- Mariner WK. 1989. Why Clinical Trials of AIDS vaccines are premature. *Public Health and the Law. AJPH.* 79:86-91.
- Mellor DJ. 2016. Moving beyond the "Five Freedoms" by updating the "Five Provisions" and introducing aligned "Animal Welfare Aims". *Animals.* 6:59. doi: 10.3390/ani6100059.

- Mohan S, Foley PL. 2019. Everything you need to know about satisfying IACUC protocol requirements. *ILAR J.* 60:50-57.
- [NIH] National Institutes of Health. 2015. Public health service policy on humane care and use of laboratory animals [Internet]. [cited 29 May 2020]. Available from: <https://grants.nih.gov/grants/olaw/references/phspolicylabanimals.pdf>.
- Noor SM, Sutiastuti W, Dharmayanti I, Muharsini S, Sianturi RG, Cahyaningsih T, Widianingrum Y, Sukmasari PK, Syawal M, Febretrisiana A, Misniwati A, Tiesnamurti B. 2015. Pedoman etik penggunaan hewan coba. Bogor (Indonesia): Pusat Penelitian Dan Pengembangan Peternakan.
- Peraturan Pemerintah 95. 2012. Tentang Kesejahteraan Masyarakat Veteriner dan Kesejahteraan Hewan [Internet]. [cited 29th May 2020]. Available from: www.peraturan.bpk.go.id.
- Peraturan Pemerintah no 47. 2014. Tentang Pengendalian dan Penanggulangan Penyakit Hewan [Internet]. [cited 29th May 2020]. Available from: www.peraturan.bpk.go.id
- Peraturan Kepala LIPI. No 08/E/2013 mengatur tentang Pedoman Klirens Etik Penelitian dan Publikasi Ilmiah [Internet]. [cited 29th May 2020]. Available from: www.jdih.lipi.go.id.
- Popa VI, Lascar I, Valcu M, Ioana TS, Caraban B, Arina CM. 2015. Bioethics in animal experimentation. *ARS Medica Tomitana.* 4:167-177.
- Pound P, Nicol CJ. 2018. Retrospective harm benefit analysis of preclinical animal research for six treatment interventions. *PLoS ONE.* 13:1-26.
- [PHS] Public Health Service. 1985. Policy on humane care and use of laboratory animals. *Fed Regist.* 50:19584-19585.
- Richard VN. 2018. Software improves toxicity tests. *Nature.* 559:163.
- Rollin BE. 2017. Animal ethics and animal consciousness. *ABC.* 4:526-529.
- Sinclair M, Friyer C, Phillips CJC. 2019. The benefits of improving animal welfare from the perspective of livestock stakeholders across Asia. *Animals.* 9:123.
- Silk SB, Hampton LL, Brown PA. 2014. What investigators need to know about the use of animals. *ILAR J.* 54:324-328.
- Silverman J, Baker SP, Lidz CW. 2010. A self-assessment survey of the Institutional Animal Care and Use Committee, part 2: Structure and organizational functions. *Lab Anim.* 41:289-294.
- Tsan MF, Grabenbauer M, Yen Nguyen Y. 2016. Lapse in Institutional Animal Care and use Committee Continuing Reviews. *PLoS ONE.* 11:e0162141. doi: 10.1371/journal.pone.0162141.
- [USDA] United State Department of Agriculture. 2005. An animal welfare act and animal welfare regulations. Washington DC (US): US Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service.
- UU RI. 2009. Undang-undang Republik Indonesia No. 18 tahun 2009. Tentang Peternakan dan Kesejahteraan Hewan.
- UU RI no 41. 2014. Tentang Perubahan atas undang undang RI no 18 tentang Peternakan dan Kesehatan Hewan [Internet]. [cited 29 May 2020] Available from: www.bpkp.go.id.
- Vandervord DA, Doss S, Banks RE. 2015. A retrospective review of postapproval monitoring at a large academic institution. *Lab Animal.* 44:395-401.
- Wadman M. 2017. A trans-atlantic transparency gap on animal experiments. *Science.* 357:119-120. doi: 10.1126/science.357.6347.119.
- Webster J. 2016. Animal welfare: Freedoms, dominions and “a life worth living”. *Animal.* 6:1-6.
- Williams RS, Boeckeler K, Graf R, Muller-Taubenberger A, Li Z. et al. 2006. Towards a molecular understanding of human diseases using *Dictyostelium discoideum*. *Trends Mol Med.* 12:415-424.

***Non-Typhoid Salmonella* Penyebab Foodborne Diseases: Pencegahan dan Penanggulangannya**

(*Non-Typhoid Salmonella* Causes Food-borne Diseases : Its Prevention and Control)

Engki Zelpina¹ dan SM Noor²

¹Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Jl. Raya Negara. KM. Tanjung Pati, Limapuluh Kota. 26271 Sumatera Barat

²Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl. RE Martadinata No. 30 Bogor 16124

Korespondensi e-mail: engki_zelpina@yahoo.com

(Diterima 8 Juni 2020 – Direvisi 16 November 2020 – Disetujui 25 November 2020)

ABSTRACT

Non-typhoid Salmonella (NTS) is a pathogenic bacteria causing gastroenteritis in humans which is transmitted through animals and contaminated animal products with *Salmonella typhimurium* or *Salmonella enteritidis*. Many cases of NTS infection in humans have been reported in the world, however most people in Indonesian are generally more familiar with *Salmonella typhoid* than *non-typhoid Salmonella* (NTS). Gastroenteritis due to NTS infection seldom requires antimicrobial treatment, but can be fatal if post-infectious complications occur such as septicemia, reactive arthritis or aortic aneurysm. Eggs, chicken meat, raw milk and other animal products contaminated with NTS are a source of transmission through food (food-borne pathogens). An estimated 1-3% of pets carry NTS without causing illness. Control of NTS infection is difficult because *Salmonella* is tolerant to environmental stresses, widely spread, resistant to several types of antibiotics and has the ability to adapt. The application of strict biosecurity on farms is conducted through surveillance and monitoring so that it can prevent the contamination of livestock products and their derivatives, hence, it can prevent the transmission of NTS to humans. This paper provides information on NTS in animal and human prevention and control.

Key words: *Non-typhoid Salmonella* (NTS), foodborne disease, prevention, control

ABSTRAK

Non-typhoid Salmonella (NTS) adalah bakteri patogen penyebab gastroenteritis pada manusia yang ditularkan melalui hewan dan produk hewan terkontaminasi. Kasus infeksi NTS pada manusia telah banyak dilaporkan di dunia, tetapi masyarakat Indonesia umumnya lebih mengenal *Salmonella typhoid* dari pada *non-typhoid Salmonella* (NTS). Gastroenteritis akibat NTS tidak memerlukan pengobatan dengan antibiotika, namun dapat fatal jika terjadi komplikasi pasca-infeksi seperti septicemia, artritis reaktif atau aneurisma aorta. Kontaminasi NTS pada produk hewani seperti telur, daging ayam, susu mentah dan produk hewani lainnya sebagai penyebab *food-borne diseases* pada manusia. Diperkirakan 1-3% hewan peliharaan pembawa NTS tanpa menyebabkan penyakit. Pengendalian infeksi NTS sulit dilakukan karena *Salmonella* toleran terhadap tekanan lingkungan, penyebarannya sangat luas, resisten terhadap beberapa jenis antibiotik dan mempunyai kemampuan untuk beradaptasi. Penerapan biosekuriti yang ketat di peternakan dilakukan melalui surveilans dan monitoring, sehingga dapat mencegah kontaminasi produk ternak dan turunannya dan mencegah penularan NTS pada manusia. Tujuan tulisan ini adalah memberikan informasi tentang NTS pada hewan dan manusia dan cara pencegahan dan pengendaliannya

Kata kunci: *Non-typhoid Salmonella* (NTS), *foodborne disease*, pencegahan, penanggulangan

PENDAHULUAN

Salmonellosis dapat disebabkan oleh infeksi bakteri *typhoid/paratyphoid Salmonella* dan *non-typhoid Salmonella* (NTS). *Typhoid/paratyphoid Salmonella* dikenal sebagai penyakit tipus atau paratipus di Indonesia yang disebabkan oleh infeksi *S. typhi* atau *S. paratyphi* sedangkan NTS disebabkan oleh *S. enteritidis* dan *S. typhimurium*. *Non-typhoid Salmonella* merupakan bakteri paling umum penyebab

food-borne disease pada manusia dan bertanggung jawab atas tingginya tingkat morbiditas dan mortalitas dibandingkan dengan *typhoid Salmonella*. *Salmonella enteritidis* dan *Salmonella typhimurium*, dua serotipe terpenting *Salmonella* yang ditularkan dari hewan ke manusia di sebagian besar belahan dunia. Kasus NTS pada manusia di dunia diperkirakan mencapai 93,8 juta setiap tahun dengan tingkat kematian mencapai 155 ribu jiwa (Majowicz et al. 2010).

Bakteri NTS tersebar luas pada hewan domestik maupun hewan liar seperti unggas, babi, sapi dan hewan peliharaan anjing dan kucing (Zelpina et al. 2018). Bakteri ini mampu bertahan hidup di lingkungan dan fasilitas hewan dengan membentuk formasi biofilm sehingga sulit dilakukan desinfeksi. Sumber utama kontaminan NTS pada hewan adalah saluran pencernaan, kulit dan bulu yang mengakibatkan *food-borne disease*, dengan klinis gastroenteritis bersifat ringan dan dapat sembuh dengan sendirinya jika tidak disertai faktor risiko seperti gizi buruk, penyakit malaria, anemia dan HIV (Keddy 2015).

Pencegahan NTS pada hewan lebih penting dilakukan untuk mencegah penularan ke manusia karena bakteri ini dapat bertahan dalam peternakan, belum tersedia vaksin *Salmonella* yang efektif untuk manusia dan juga adanya peningkatan resistensi bakteri terhadap beberapa antibiotik yang berakibat kegagalan pengobatan. Pencegahan NTS pada hewan dapat dilakukan melalui ketersediaan sumber air bersih dan sanitasi yang baik, biosekuriti kandang serta surveilans dan monitoring pada produk pangan secara rutin dan berkelanjutan dan vaksinasi (WHO 2016).

Tulisan ini bertujuan untuk memberikan informasi mengenai NTS pada manusia dan hewan bagaimana pencegahan dan pengendaliannya.

ETIOLOGI

Non-typhoid Salmonella adalah serotipe *S. enteritica*, famili *Enterobacteriaceae*, Gram negatif, tidak membentuk spora, berbentuk batang, fakultatif anaerob. *Salmonella enteritica* diklasifikasikan menjadi 6 subspesies (subsp. *enterica* 1586, subsp. *salamae* 522, subsp. *arizonae* 102, subsp. *diarizonae* 338, subsp. *hautenae* 76, dan subsp. *indica* 13) dan *S. bongori* 22 sub spesies dengan total 2659 serovars. Sebagian besar serotipe *S. enterica* menyebabkan lebih dari 99% penyakit pada manusia, dengan gejala klinis gastroenteritis, bakteremia dan infeksi fokal. Gejala dapat berupa diare, demam tinggi disertai gejala infeksi fokal (Jeanjean et al. 2014).

Non-typhoid Salmonella mengacu pada semua serotipe *Salmonella* kecuali serotipe *typhi*, *paratyphi A*, *paratyphi B* dan *paratyphi C* (CDC 2016). Ariyanti & Supar (2008) melaporkan serotipe NTS yang telah terdeteksi di Indonesia adalah *S. typhimurium*, *S. enteritidis*, *S. worthington*, *S. agona*, *S. weltevreden*, *S. bovismorbificans*, *S. dublin*, *S. newport*, *S. stellenbosch*, *S. virchow*, *S. virginia*, *S. aequaticus*, *S. derby* dan *S. javana*. *Paratyphoid* pada unggas dapat disebabkan oleh sejumlah spesies *Salmonella* yang berbeda, termasuk *S. typhimurium*, *S. enteritidis* dan *S. heidelberg*. Beberapa serovar cenderung menghasilkan sindrom tertentu: misalnya, pada babi *S. choleraesuis* biasanya dikaitkan dengan septicemia dan *S.*

typhimurium dengan salmonellosis enterik. Lebih dari 2659 serotipe *Salmonella* yang dilaporkan, sekitar 10% teridentifikasi pada unggas (Jeanjean et al. 2014).

Salmonella dapat ditemukan di berbagai hewan dan mampu bertahan hidup di lingkungan kering hingga beberapa minggu dan beberapa bulan di dalam air, namun bakteri ini sangat sensitif terhadap panas. *Salmonella* juga rentan terhadap bahan pengawet seperti asam benzoat, asam sorbat atau asam propionat, namun pertumbuhannya dapat dihambat dengan menggunakan beberapa kombinasi faktor pengawet dan penurunan pH dan suhu (WHO 2016). Beberapa *Salmonella* dapat bertahan selama berbulan-bulan atau bertahun-tahun di lingkungan, terutama di lingkungan yang basah dan hangat. *S. typhimurium* bertahan hidup selama tujuh bulan di tanah, air atau feses atau di padang rumput. *Salmonella dublin* dapat tetap infeksiif selama lebih dari satu tahun dan *S. choleraesuis* dapat bertahan hidup dalam daging babi hingga 450 hari dan selama beberapa bulan dalam kotoran atau bubur. *Salmonella* bertahan kurang dari satu minggu dalam kompos kotoran ternak (CFSPH 2003).

Salmonella rentan terhadap berbagai disinfektan termasuk natrium hipoklorit 1%, etanol 70%, glutaraldehid 2%, disinfektan berbasis dasar yodium, disinfektan fenolik, dan formaldehid. Organisme ini juga dapat dinonaktifkan dengan panas lembab (121°C selama minimal 15 menit) atau panas kering (160-170°C selama satu jam) (CFSPH 2003).

EPIDEMIOLOGI

Epidemiologi dan patofisiologi NTS sangat kompleks dan berbeda dengan strain *Salmonella typhoid*. Serovar NTS sangat beragam dalam kisaran hospes, epidemiologi dan variasi infeksi, sebagai contoh *S. typhimurium* dengan jangkauan inang yang luas dan kemungkinan kecil dapat menyebabkan penyakit invasif. Insiden infeksi *Salmonella* terkait dengan manifestasi klinis gastroenteritis akut dan demam enterik mengalami kenaikan secara signifikan di dunia pada beberapa tahun terakhir (Majowicz et al. 2010). Jumlah kasus NTS di dunia diperkirakan jauh lebih tinggi dari yang telah dilaporkan akibat tidak banyak spesimen yang diuji pada penderita NTS. Kasus NTS terkait dengan wisatawan banyak dilaporkan seperti di Meksiko (38%), India (9%), Jamaika (7%), Republik Dominika (4%), China (3%) dan Bahama (2%). Kasus infeksi *Salmonella* pada anak-anak dari negara berkembang yang diadopsi juga dilaporkan oleh CDC (2016).

Infeksi invasif NTS secara global pada tahun 2017 diperkirakan mencapai 535.000 kasus (7,5 kasus per 100.000 orang di seluruh dunia) (GBD 2017). Laporan kasus NTS di Asia adalah yang paling tinggi, mencapai 83,4 juta kasus dengan angka kematian 137,7 ribu, dan

rata-rata kejadian NTS adalah 4,72 per 100 orang per tahun (Hohmann 2001). Kasus salmonellosis di Amerika Serikat diperkirakan lebih dari 1,2 juta orang terinfeksi, lebih dari 23.000 penderita di rawat inap dan 450 penderita mengalami kematian (Scallan et al. 2011). Berdasarkan laporan CDC periode 1996-2011 mendeteksi infeksi bakteri *Salmonella* pada manusia 608.571 penderita dengan tingkat isolasi rata-rata adalah 13 kasus setiap 100.000 orang per tahun, dengan kejadian tertinggi pada tahun 2010 dengan 15 kasus dan terendah pada tahun 2001 sebanyak 11 kasus (Boore et al. 2015).

Kasus terkait infeksi NTS pada manusia di Indonesia belum banyak data yang mempublikasikan walaupun banyak dilaporkan produk hewan terkontaminasi *S. enteritidis*. Kondisi ini kemungkinan disebabkan karena NTS hanya menyebabkan gangguan gastroenteritis ringan yang dapat sembuh sendiri sehingga penderita biasanya tidak berobat ke dokter. Selain itu juga kemungkinan karena hanya 1% penderita gastroenteritis akibat infeksi NTS yang berkembang menjadi bakteremia, meskipun angka sebenarnya dari bakteremia tidak diketahui, karena banyak infeksi enterik primer tidak didiagnosis secara mikrobiologis (Hohmann 2020).

Faktor risiko yang berkontribusi terhadap munculnya *food borne disease* adalah perubahan dalam demografi dan perilaku manusia, teknologi dan industri, serta perjalanan dan perdagangan internasional; adaptasi mikroba; pembangunan ekonomi dan penggunaan lahan; dan pemecahan langkah-langkah kesehatan masyarakat (Sandt et al. 2013). Insiden NTS tertinggi selama musim hujan di iklim tropis dan selama bulan-bulan dengan temperatur hangat di iklim sedang. Perubahan epidemiologi NTS terjadi di Eropa dan di AS pada pertengahan abad ke-20, yaitu dengan munculnya infeksi NTS melalui makanan yang terkontaminasi oleh *S. enteritidis* dan *S. typhimurium* yang resisten terhadap antibiotika *fluoroquinolones* dan *cephalosporins* generasi ketiga (Chen et al. 2013). Padahal seperti diketahui *S. enteritidis* adalah salah satu serotipe *Salmonella* yang sebelumnya diketahui relatif lebih sensitif terhadap agen antimikroba dibandingkan serotipe *Salmonella* lainnya (Su et al. 2004). Naiknya resistensi *Salmonella* terhadap beberapa antibiotika diduga berkaitan dengan meningkatnya kasus NTS (Weinberger et al. 2011).

Faktor risiko yang paling dominan penyebab infeksi NTS diantara faktor-faktor risiko tersebut kemungkinan adalah peningkatan resistensi *Salmonella* terhadap beberapa jenis antibiotika terkait dengan penggunaan antibiotik yang ekstensif dalam sistem produksi hewan yang berkontribusi pada perkembangan bakteri yang resisten terhadap obat. Hubungan erat dari bakteri ini juga telah diidentifikasi dalam rantai makanan manusia. Beberapa bakteri yang

resistan terhadap obat telah diidentifikasi dari berbagai sampel lingkungan, peternakan, dan produk daging eceran (Nair et al. 2018).

INFEKSI NON-TYPHOID SALMONELLA

Manusia

Gastroenteritis akut merupakan simptom infeksi NTS pada manusia yang paling umum (Townes 2010). Jumlah bakteri yang mampu menimbulkan simptomatik penyakit pada orang dewasa sehat berkisar 10^6 - 10^8 organisme. Pada bayi dan orang dewasa dengan beberapa kondisi seperti *immunocompromised*, penderita HIV, malaria dimana hanya dengan sejumlah kecil inokulum NTS sudah dapat menyebabkan penyakit. Penularan NTS secara langsung antar manusia dapat terjadi meskipun jarang kejadiannya dan infeksi NTS cenderung terjadi pada anak-anak, terutama pada anak usia lebih dari 2 tahun (Olsen et al. 2001).

Masa inkubasi NTS bervariasi dari 4 jam hingga 72 jam setelah konsumsi makanan atau air yang terkontaminasi dengan gejala klinis demam dan menggigil, mual dan muntah, kram perut, dan diare. Demam biasanya akan mereda dalam 72 jam, sedangkan diare biasanya dapat sembuh sendiri, dan berlangsung selama 3-7 hari, dapat pula terjadi diare berdarah. *Salmonella* diekskresikan dalam tinja setelah infeksi dan dapat berlangsung selama rata-rata 5 minggu, namun pada anak-anak, ekskresi bakteri dapat berlangsung lama. Bakteremia terjadi pada 5-10% orang yang terinfeksi NTS, dan beberapa di antaranya dapat berkembang menjadi infeksi fokal, seperti meningitis, infeksi tulang dan sendi. Dalam kondisi septicemia, morbiditas dan mortalitas salmonellosis dapat mencapai 100% (WHO 2016).

Patogenesis NTS dimulai dengan masuknya bakteri melalui makanan atau minuman yang terkontaminasi ke dalam tubuh dan menginvasi mukosa usus dan menghasilkan racun. Invasi bakteri pada sel epitel usus merangsang pelepasan sitokin proinflamasi yang akan menginduksi reaksi inflamasi. Respons inflamasi akut menyebabkan diare, ulser dan kerusakan mukosa usus, kemudian invansif ke dalam tubuh menyebabkan penyakit sistemik. Prostaglandin yang disekresikan pada proses inflamasi menyebabkan dilepaskannya elektrolit dan menarik air ke dalam lumen usus sehingga terjadi diare (adanya enterotoksin non inflamatori dalam usus besar). Dinding sel bakteri akan menghasilkan endotoksin yang tersusun dari lipopolisakarida sehingga timbulnya gejala demam pada penderita (Fabrega & Vila 2013). Infeksi NTS pada bayi, manusia usia lanjut dan penderita *immunocompromised* dapat menyebabkan penyakit ini

menjadi invasif dan berakibat fatal akibat terjadi bakteremia, sepsis dan meningitis (Scallan et al. 2011).

Hewan

Reservoir NTS adalah unggas, babi, sapi, domba, tikus, kuda, kura-kura, kucing dan anjing. Beberapa serovar dikaitkan dengan reservoir hewan tertentu, termasuk unggas dengan *S. enteritidis* dan babi dengan *S. choleraesuis*. Serovar lain menginfeksi berbagai macam hewan serta manusia. Semua spesies hewan dapat menjadi pembawa NTS. Pada mamalia penyakit ini secara klinis paling umum terjadi pada ternak muda, ternak bunting atau ternak yang sedang menyusui serta dalam kondisi stres. Wabah salmonellosis pada ruminansia muda, babi dan unggas dapat mengakibatkan tingkat morbiditas dan mortalitas yang tinggi.

Masa inkubasi NTS pada hewan bervariasi sesuai dengan dosis bakteri dan bentuk penyakitnya. Pada kuda, infeksi parah dapat berkembang secara akut, dengan diare muncul setelah 6 hingga 24 jam. *Salmonella enteritidis* pada unggas bertahan dalam sekum atau indung telur tanpa memicu tanda-tanda klinis. Pada ayam muda *S. enteritidis* menyebabkan kematian tinggi akibat diare berat dan dehidrasi. Selain unggas, ruminansia kecil, seperti domba dan kambing juga dapat berpotensi sebagai pembawa *Salmonella* (Dione et al. 2011).

Infeksi NTS pada hewan sehat mungkin asimtomatik, terjadinya infeksi sering dipicu oleh kondisi stres seperti transportasi, kekeringan, malnutrisi atau kekurangan makanan, kepadatan dan beberapa obat-obatan. Infeksi NTS dapat menyebabkan beberapa sindrom: septikemia akut, enteritis akut, salmonellosis subakut atau kronis dan abortus. Septikemia akut biasanya terlihat pada anak sapi, domba dan anak kuda yang baru lahir. Itu juga terjadi pada babi hingga usia 6 bulan. Biasanya, demam tinggi dan depresi berat berkembang secara akut, sering diikuti oleh kematian dalam waktu 24 sampai 48 jam. Babi dan anak sapi mungkin mengalami pneumonia atau gejala neurologis termasuk nistagmus dan inkoordinasi dan hewan dapat ditemukan mati tanpa tanda-tanda diare. Morbiditas dan mortalitas pada hewan muda yang mengalami septisemi dapat mencapai 100%. Infeksi NTS pada hewan sering sembuh sendiri, namun hewan dapat terinfeksi secara kronis dan menjadi carrier NTS selama berbulan-bulan hingga bertahun-tahun (CFSPH 2003).

DIAGNOSIS DAN PENGOBATAN

Diagnosis

Non-typhoid Salmonella tidak memiliki uji diagnosis yang cepat dan andal. Kesenjangan diagnostik serta kurang akuratnya diagnosis NTS menyebabkan penggunaan antibiotik yang tidak tepat dan berlebihan, yang berakibat munculnya resistensi mikroba. Oleh karena itu untuk mendapatkan pengobatan NTS yang tepat memerlukan uji sensitivitas bakteri penyebab terhadap antibiotik. Berbeda dengan diagnosis *typhoid Salmonella* yang umumnya dapat dilakukan melalui kultur bakteri dan uji Widal, untuk diagnosis NTS meskipun ada kesamaan antigen O dari *S. enteritidis* (*non-typhoid*) dengan *S. typhi* (*typhoid*), namun uji aglutinasi Widal menghasilkan kinerja yang buruk (Bush & Perez 2018).

Diagnosis NTS pada manusia secara serologis belum banyak dikembangkan secara komersial. *Gold Standard* diagnosis NTS melalui kultur bakteri dari feses penderita walaupun sensitivitasnya rendah, membutuhkan waktu 24-72 jam untuk inkubasi dan sumber daya yang kompeten serta persyaratan kapasitas laboratorium (Demirbilek 2017). Kultur bakteri juga dapat dilakukan dari sampel feses atau jaringan, sampel lingkungan atau swab, pakan dan produk makanan. Pada kondisi bakterimia, biasanya hasil kultur darah menunjukkan positif, namun pada kultur tinja umumnya hasilnya negatif, terutama jika tidak menggunakan media selektif dan sampel bukan dari feses (Hohmann 2001).

Uji cepat diagnosis *S. typhi* pada manusia secara komersial sudah tersedia namun belum tersedia untuk diagnosis NTS sampai saat ini. *Immunoassay* yang telah dikembangkan kebanyakan terbatas hanya untuk tujuan penelitian atau surveilans dan bukan untuk diagnosis rutin (Kuhn et al. 2012). Selain itu masih sulit untuk mengembangkan uji serologis yang mampu membedakan sindrom gastroenteritis NTS yang sembuh sendiri dengan infeksi sistemik invasif. Potensi uji ELISA untuk diagnosis infeksi NTS pada manusia memang sangat menjanjikan, tapi terkendala kurangnya standarisasi metode karena adanya keragaman serovar *non-typhoid* secara global. Informasi antigen lipopolisakarida (LPS) untuk pengembangan metode uji secara empiris sangat diperlukan untuk mendapatkan metode uji dengan sensitivitas yang memadai (Andrews & Ryan 2015). Kuhn et al. (2012) telah menguji sensitivitas dan spesifitas ELISA

menggunakan antigen LPS *S. enteritidis* dan *S. typhimurium* dalam mendeteksi infeksi NTS dengan hasil sensitivitas berkisar 70-95% dan spesifisitas lebih dari 90%. Antigen fimbria SEF14 dilaporkan sangat spesifik untuk pengembangan uji infeksi *S. enteritidis* (Ariyanti & Supar 2008).

Sejumlah pendekatan diagnosis molekuler NTS pada manusia dengan sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi saat ini sedang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan diagnosis yaitu *Polymerase Chain Reaction* (PCR), *Isothermal Nucleic Acid Amplification* (LAMP), *Microwave-accelerated metal-enhanced fluorescence* (MAMEF) dan *cDNA Microarrays* (Andrews & Ryan 2015). Teknik LAMP paling banyak mendapat perhatian karena uji tersebut hanya melibatkan amplifikasi pada suhu 60°C dan interpretasi hasil pembacaan secara visual atau fluorometri LAMP memiliki keunggulan dibandingkan PCR karena tidak memerlukan persyaratan persiapan sampel. Teknik PCR juga telah banyak dipakai untuk mengidentifikasi wabah yang ditularkan melalui makanan karena memberikan hasil yang cepat dan spesifisitasnya tinggi. Penggabungan uji PCR dan kultur bakteri akan lebih efektif dan lebih akurat untuk deteksi keberadaan *Salmonella* pada karkas ayam (Carrasco et al. 2012).

Diagnosis NTS pada hewan berbeda dengan manusia karena metode uji tidak untuk diagnosis individual tetapi lebih diterapkan sebagai alat dalam kontrol dan pengawasan infeksi (Wegener et al. 2003). Infeksi NTS pada hewan dapat didiagnosis dengan melihat gejala klinis dan isolasi *Salmonella* dari feces walaupun isolasi bakteri tidak bisa diandalkan karena *Salmonella* dapat ditemukan dalam kotoran hewan yang sehat dan pada hewan yang sakit karena sebab lainnya. Diagnosis dapat dilakukan melalui kultur darah pada hewan dengan septikemia, telur dari unggas dan isi perut fetus abortus, plasenta segar dan usap vagina. Sampel lingkungan, termasuk pakan, air, dan feses dari hewan pengerat dan burung liar, dapat membantu diagnosis (CFSPH 2003).

Uji serologi pada hewan yang sakit parah jarang dipakai untuk diagnosis karena reaksi aglutinasi tidak muncul sampai 2 minggu setelah infeksi, namun, uji serologi dapat dilakukan pada sampel kelompok hewan. Uji serologi meliputi pengujian darah lengkap untuk diagnosis cepat *S. pullorum* dan *S. gallinarum* pada unggas dan uji aglutinasi tabung untuk semua spesies hewan ternak. Uji imunosorben terkait enzim (ELISA) juga tersedia untuk beberapa serovar. Saat ini komersial ELISA spesifik untuk *Salmonella* telah banyak digunakan secara rutin di sektor veteriner dan makanan di seluruh Eropa dan di Amerika Serikat (Kuhn et al. 2012). Melalui teknologi molekuler *whole genome sequencing* dapat untuk mempelajari epidemiologi, identifikasi spesies dan serotipe serta sumber wabah NTS (McDermott et al. 2016).

Pengobatan

Pengobatan NTS pada kasus berat pada manusia adalah dengan istirahat cukup, memberikan cairan elektrolit seperti natrium, kalium dan ion klorida ketika penderita mengalami muntah, diare dan dehidrasi, pemberian obat demam dan obat penghilang sakit kepala. Terapi antimikroba tidak dianjurkan untuk kasus NTS ringan atau sedang karena antimikroba tidak mungkin sepenuhnya menghilangkan bakteri penyebab sehingga berisiko meningkatkan resistensi antimikroba. Antimikroba biasanya diberikan hanya pada penderita NTS kelompok risiko tinggi seperti bayi, orang tua dan *immunocompromised* mungkin perlu untuk mencegah infeksi invasif yang berakibat terjadinya komplikasi.

Beberapa antibiotika seperti antibiotika fluoroquinolon dapat diberikan pada orang dewasa karena efek samping obat ini dapat menyebabkan mual, muntah dan diare pada beberapa kasus. Ceftriaxone adalah antibiotika yang aman dan dapat diberikan untuk terapi NTS pada anak-anak. Meskipun terapi antimikroba biasanya tidak diindikasikan untuk gastroenteritis akibat NTS, namun pemberian terapi ceftriaxone jangka pendek pada penderita gastroenteritis berat dapat menyembuhkan klinis lebih cepat. Pemakaian kloramfenikol untuk pengobatan NTS invasif sangat terbatas dibandingkan setelah munculnya resistensi terhadap kloramfenikol (WHO 2016).

Pengobatan NTS pada hewan dapat dilakukan dengan pemberian sulfanilamid untuk infeksi yang disebabkan oleh *S. typhi*, *S. paratyphi* dan *S. gallinarum*; sulfaquinoxalin dan sulfamerazin untuk infeksi *S. pullorum* dan *S. gallinarum*; sulfaguanidin untuk infeksi *S. choleraesuis*. Nitrofurans: nitrofurazone untuk infeksi *S. choleraesuis*, untuk infeksi *S. pullorum* dan *S. gallinarum* (Kementan 2014).

Peningkatan global resistensi antibiotik terhadap bakteri *Salmonella* saat ini, mengakibatkan pemberian antibiotik pada kasus NTS harus ditinjau secara teratur dengan mempertimbangkan pola resistensi bakteri berdasarkan sistem surveilans lokal (WHO 2016). Penggunaan antimikroba yang ekstensif juga telah menyebabkan peningkatan jumlah strain NTS resisten terhadap kuinolon dan menunjukkan penurunan kerentanan terhadap fluoroquinolone (Campioni et al. 2017) yang berakibat pada kegagalan pengobatan.

Septikemia pada hewan dapat diobati dengan berbagai antibiotik; tetapi pengobatan gastroenteritis masih kontroversial karena dapat memperpanjang pengeluaran feses dan mengubah flora usus. Terapi cairan dan perawatan suportif lainnya dapat dilakukan. Vaksin mati komersial atau bakterin *autogenous* kadang-kadang digunakan dalam wabah, terutama ketika sapi bunting terlibat.

RESISTENSI NON-TYPHOID SALMONELLA

Penggunaan antibiotik dalam sistem produksi hewan pangan telah mengakibatkan munculnya bakteri zoonosis resisten antibiotik yang dapat ditularkan ke manusia melalui rantai makanan. Peningkatan prevalensi resistensi antimikroba telah diamati pada NTS selama beberapa dekade terakhir terutama berkembangnya *Multi Drug Resistance* (MDR) di antara isolat *S. typhimurium* yang mulai muncul pada awal 1980an di Inggris terkait erat dengan jenis *phage* tertentu yang disebut tipe definitif 104 (DT104) (Threlfall 2002). Beberapa laporan telah mendokumentasikan munculnya isolat NTS yang resisten terhadap obat secara ekstensif. *Salmonella typhimurium* dilaporkan resisten terhadap lima jenis antimikroba yaitu ampicillin, korampenikol, streptomisin, sulfonamide dan tetrasiklin. Isolat *S. thypimurium* dari Malaysia dan Vietnam dilaporkan telah resisten terhadap 12 sampai 15 jenis antimikroba yang terdiri dari 6 atau 7 kelas obat CLSI, termasuk cephem (Tiong et al. 2010).

Resistensi NTS terhadap kuinolon (asam nalidixic) dan fluoroquinolon seperti ciprofloxacin juga telah dilaporkan, walaupun. asam nalidixic tidak digunakan untuk pengobatan (Dimitrov et al. 2007). Resistensi strain *Salmonella* terhadap kuinolon dan fluoroquinolone di Asia Tenggara, telah dilaporkan pada tahun 2009 di Filipina, Singapura dan Thailand (Lee et al. 2009). Resistensi NTS terhadap sefalosporin spektrum luas telah diketahui sejak pertengahan 1980an dan dimediasi melalui β -laktamase dari tipe ESBL atau AmpC. Beberapa laporan menunjukkan isolat NTS resisten terhadap sefalosporin berawal dari Afrika Utara. Perkembangan resistensi NTS terhadap sefalosporin spektrum luas, seperti ceftriaxone menjadi permasalahan kesehatan masyarakat yang substansial karena sefalosporin dipakai untuk pengobatan infeksi *Salmonella* invasif, terutama fluoroquinolon untuk pengobatan pada anak-anak (Crump et al. 2015).

Isolat NTS yang menunjukkan resistensi terhadap karbapenem telah dilaporkan di berbagai negara, termasuk China, Columbia, Pakistan, dan Amerika Serikat. Beberapa dari isolat ini juga resisten terhadap sebagian besar aminoglikosida, trimetoprim-sulfametoksazol, dan azitromisin (Le Hello et al. 2013). Menurut Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat (FDA) 22,5% isolat NTS dari manusia resisten terhadap setidaknya satu agen antimikroba, dan fenotipe MDR yang paling umum dilaporkan adalah ampicilin, kloramfeniol, streptomisin, sulfonamida, dan tetrasiklin sedangkan resistensi *Salmonella* yang diisolasi dari pematangan hewan dan sumber diagnostik veteriner resisten terhadap setidaknya satu agen antimikroba dan fenotipe yang resisten terhadap ampicilin, kloramfeniol, streptomisin, sulfonamida, dan

tetrasiklin juga merupakan resistensi *multidrug* yang paling umum (FDA 2003).

Permasalahan peningkatan resistensi *Salmonella* terhadap antimikroba di Indonesia juga perlu diwaspadai karena gen resisten tersebut dapat ditularkan ke manusia melalui konsumsi pangan terkontaminasi. *Salmonella* spp. diisolasi dari sampel daging itik di Kabupaten Bogor dilaporkan telah resisten terhadap antibiotik eritromisin, streptomisin dan kloramfenikol (Loisa et al. 2016). Hasil monitoring resistensi antimikrobial pada bakteri *Salmonella* spp tahun 2012 menunjukkan bahwa resistensi pada beberapa jenis antimikroba (utamanya eritromisin) dan beberapa indikasi resistensi *intermediate* yang mengarah pada resisten (Ditjennak 2017). Resistensi bakteri patogen pada produk hewani perlu pengawasan ketat karena produk hewan merupakan sumber potensial infeksi resisten AMR pada manusia, termasuk makanan yang berasal dari hewan, baik yang terkontaminasi AMR dari tanah, air atau bahkan akibat manajemen pemeliharaan, pemberian pakan, pengobatan dan penyembelihan yang tidak sesuai prosedur dan penanganan karkas atau produksi yang tidak higienis.

Pemahaman yang lebih baik dari mekanisme yang mengarah pada munculnya resistensi antibiotik di *Salmonella* dapat membantu dalam penanganan penyakit (Chen et al. 2013). Untuk mengurangi tingkat resistensi pemerintah telah mengeluarkan Surat edaran Dirjen No.14071/Pl.500/F/07/2015 tentang pelarangan penggunaan antibiotik dan antibakteri dalam imbuhan pakan karena dapat meninggalkan residu pada produk hewan serta menimbulkan resistensi maupun resistensi silang terhadap penggunaan sediaan tersebut pada hewan dan akan menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia.

PENCEGAHAN DAN PENGENDALIAN

Pencegahan NTS pada manusia dapat dilakukan melalui pengendalian pada semua tahapan rantai makanan (*from farm to table*), yaitu mulai dari produksi di pertanian, pengolahan, manufaktur dan persiapan makanan pada perusahaan komersial sampai dengan pengolahan di rumah. Selain itu hindari kontak dengan penderita NTS dan hewan peliharaan yang mungkin membawa *Salmonella* seperti kucing, anjing, berbagai jenis reptil dan rodensia. Surveilans dan monitoring *foodborne pathogen* merupakan sarana sangat penting untuk mendeteksi kontaminasi produk pangan dalam tahap awal, sehingga mencegah penyebaran Salmonellosis lebih lanjut. Kontak antara bayi/anak kecil dengan hewan peliharaan yang mungkin membawa *Salmonella* (seperti kucing, anjing, dan kura-kura) perlu pengawasan yang cermat. Sistem surveilans nasional dan regional pada penyakit bawaan

makanan merupakan sarana penting untuk mengetahui dan mengikuti situasi penyakit ini dan juga untuk mendeteksi dan merespon salmonellosis dan gastroenteritis pada tahap awal, dengan demikian dapat mencegah penyebaran lebih lanjut (WHO 2016).

Risiko kontaminasi bakteri dapat dilakukan dengan higienitas melalui cuci tangan menggunakan sabun secara menyeluruh, khususnya setelah bersentuhan dengan hewan peliharaan atau hewan ternak atau setelah ke toilet (CDC 2016). Sanitasi tempat pengolahan dan penyimpanan bahan pangan serta memasak secara benar dapat meminimalisir risiko infeksi *Salmonella* pada pangan (Gonzales-Barron et al. 2012). Produk asal hewan harus dimasak secara benar, misal susu dilakukan pasteurisasi atau sterilisasi, jangan mengonsumsi telur setengah matang karena *Salmonella* dapat ditularkan secara transovarial dari ayam ke telur (Hohmann 2001).

Pengendalian faktor risiko penularan *S. enteritidis* dan *S. typhimurium* dari unggas dapat diterapkan di peternakan dengan memutus rantai dari induk ke telur melalui vaksinasi. Pemberian vaksin inaktif *S. enteritidis* dilaporkan dapat menimbulkan respon kekebalan humoral yang tinggi pada ayam dan memberikan proteksi terhadap bakteri penantang yang homolog dan bakteri yang termasuk dalam satu grup D (Ariyanti & Supar 2008).

Serovar *Salmonella* memiliki inang nonspesifik, apabila bakteri ini telah masuk di peternakan maka dengan mudah akan menyebar di antara hewan, sehingga terjadi persistensi yang akan sulit untuk membasmi patogen ini dari peternakan dan menghilangkannya dari produk hewani dan derivatnya. Oleh karena itu penerapan biosekuriti dengan sanitasi kandang, peralatan dan lingkungan peternakan, serta fumigasi penetasan telur ayam, pencegahan pemasukan hewan terinfeksi atau *carrier*, pemberantasan vektor (burung-burung liar, rodentia, dan serangga) disekitar peternakan serta rotasi tempat penggembalaan (*pasture rotation*) sangat penting dilakukan.

Pengamanan kontaminasi *Salmonella* pada pangan asal ternak atau hewan di Indonesia telah dilakukan melalui pengawasan dan pembinaan keamanan terhadap daging, susu dan telur dengan pemberian sertifikat bebas *Salmonella*, labelisasi produk pangan asal hewan, penerapan *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP), monitoring dan surveilans cemaran mikroba secara rutin serta membuat jejaring kerja pengawas kesehatan masyarakat veteriner. Selain itu pengawasan pada peternakan ayam petelur yang harus bebas *Salmonella*. Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM) juga mengeluarkan Peraturan Nomor 16 Tahun 2016 yang menyatakan bahwa daging unggas dan olahan harus negatif terhadap bakteri *Salmonella* sp (BPOM 2016).

KESIMPULAN

Non typhoid Salmonella (NTS) merupakan bakteri paling umum penyebab *foodborne disease*. Faktor risiko berupa kekurangan gizi, lanjut usia dan individu dengan penyakit anemia, HIV dan malaria akut memperberat infeksi NTS. *Non typhoid Salmonella* pada manusia mengakibatkan gastroenteritis dari tingkat ringan hingga septicaemia. Sulitnya melakukan diagnosis NTS, belum tersedianya vaksin untuk manusia dan meningkatnya resistensi *Salmonella* terhadap beberapa antibiotika maka strategi pencegahan NTS pada hewan sangat penting. Beberapa cara yang dapat dilakukan yaitu melalui perbaikan sanitasi lingkungan, pencegahan kontaminasi dalam industri makanan melalui surveilans dan monitoring, peningkatan biosekuriti kandang untuk menekan angka reaktor salmonellosis pada ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrews JR, Ryan ET. 2015. Diagnostics for invasive *Salmonella* infections: current challenges and future directions. *Vaccine*. 33:C8-C15.
- Ariyanti T, Supar. 2008. Antigenisitas dan imunogenisitas *Salmonella enteritidis*: implikasinya dalam diagnosis dan pengembangan vaksin isolat lokal untuk unggas. *Wartazoa*. 18:187-197.
- Boore AL, Hoekstra RM, Iwamoto M, Fields PI, Bishop RD, Sverdlow DL. 2015. *Salmonella enterica* infections in the United States and assessment of coefficients of variation: a novel approach to identify epidemiologic characteristics of individual serotypes, 1996-2011. *PLoS One*. 10:e0145416.
- [BPOM] Badan Pengawasan Obat dan Makanan. Peraturan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan No. 16 tahun 2016 tentang kriteria mikrobiologi dalam pangan olahan. Jakarta (Indonesia): Badan Pengawasan Obat dan Makanan.
- Bush LM, Perez MT. 2018. Nontyphoidal *Salmonella* infections [Internet]. [Accessed 27 May 2020]. Available from: <https://www.msmanuals.com/professional/infectious-diseases/gram-negativebacilli/nontyphoidal-salmonella-infections#v11560157>.
- Campioni F, Souza RA, Martins VV, Stehling EG, Bergamini AMM, Falcão JP. 2017. Prevalence of *gyrA* mutations in nalidixic acid-resistant strains of *Salmonella enteritidis* isolated from humans, food, chickens, and the farm environment in Brazil. *Microb Drug Resist*. 23:421-428.
- Carrasco E, Morales-Rueda A, María García-Gimeno R. 2012. Cross-contamination and recontamination by *Salmonella* in foods: A review. *Food Res Int*. 45:545-556.
- [CDC] Centers for Disease Control and Prevention. 2016. Salmonellosis (Non typhoidal). [Internet]. [Accessed

- 27 May 2020]. Available from: <https://www.cdc.gov/travel/yellowbook/2016/infectious-diseases-related-to-travel/salmonellosis-nontyphoidal>.
- [CFSPH] Center for Food Security and Public Health. 2003. Non-Typhoidal Salmonellosis. Iowa (USA): Iowa State University College of Veterinary Medicine Ames Iowa.
- Chen H, Wang Y, Su L, Chiu C. 2013. Non typhoid Salmonella infection: Microbiology, clinical features, and antimicrobial therapy. *J Ped Neo*. 54:147-152. doi: 10.1016/j.pedneo.2013.01.010.
- Crump JA, Sjölund-Karlsson M, Gordon MA, Parry CM. 2015. Epidemiology, clinical presentation, laboratory diagnosis, antimicrobial resistance, and antimicrobial management of invasive Salmonella infections. *Clin Microbiol Rev*. doi: 10.1128/CMR.00002-15.
- Demirbilek SK. 2017. Salmonellosis in animals [Internet]. [Accessed 27 May 2020]. Available from: <https://www.intechopen.com/books/salmonella-a-re-emerging-pathogen/salmonellosis-in-animals>.
- Dione MM, Ikumapayi UN, Saha D, Mohammed NI, Geerts S, Ieven M, Antonio M. 2011. Clonal differences between Non-Typhoidal Salmonella (NTS) recovered from children and animals living in close contact in the Gambia. *PLoS Neglected Trop Dis*. 5:1-7.
- Dimitrov T, Udo EE, Albaksami O, Kilani AA, el Shehab DM. 2007. Ciprofloxacin treatment failure in a case of typhoid fever caused by Salmonella enterica serotype Paratyphi A with reduced susceptibility to ciprofloxacin. *J Med Microbiol*. 56:277-279.
- [Ditjennak] Direktorat Jenderal Peternakan. 2017. Kebijakan dan strategi pengendalian resistensi antimikroba di sektor peternakan dan kesehatan hewan. Disampaikan pada Ildex Indonesia 201. Jakarta, 19 Oktober 2017
- Fabrega A, Vilaa J. 2013. Salmonella enterica serovar typhimurium skills to succeed in the host: Virulence and regulation. *Clin Microbiol*. 26:308-341.
- [FDA] US Food Drug Administration. 2003. National antimicrobial resistance monitoring system-enteric bacteria (NARMS). Executive report. Rockville, MD: US Department of Health and Human Services, FDA, 2006 [Internet] [cited 2009 July 14]. Available from: <http://www.fda.gov/downloads/AnimalVeterinary/SafetyHealth/AntimicrobialResistance/NationalAntimicrobialResistanceMonitoringSystem/UCM061471.pdf>.
- [GBD] Global Burden Diseases. 2017. Non-typhoidal salmonella invasive disease collaborators. The global burden of non-typhoidal salmonella invasive disease: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet Infect Dis*. 19:1312.
- Gonzales-Barron UA, Redmond G, Butler F. 2012. A risk characterization model of Salmonella Typhimurium in Irish fresh pork sausages. *Food Res Intern*. 45:1184-1193.
- Hohmann EL. 2001. Nontyphoidal salmonellosis. *Clin Infect Dis*. 32:263-269. doi: 10.1086/318457.
- Hohmann LE. 2020. Nontyphoid Salmonella Bacteremia. *Food Safety CID*. 32:263-269.
- Jeanjean SI, Roggentin P, Mikoleit M, Guibourdenche M, Pinna ED, Nair S, Fields PI, Weill FX. 2014. Supplement 2008-2010 (no.48) to the White Kauffmann Le Minor scheme. *Res Microbiol*. 165:526-530.
- Keddy K. 2015. Understanding transmission of invasive nontyphoidal Salmonella. Presented at: 9th International Conference on Typhoid and Invasive NTS Disease; 2015. April 30th – May 3rd; Bali, Indonesia [Internet]. [Accessed 27 May 2020]. Available from: http://www.coalitionagainststtyphoid.org/wpcontent/uploads/2015/05/Understandingtransmission-of-iNTS_KHKeddy_for-distribution.pdf.
- Kuhn KG, Falkenhorst G, Ceper TH, Dalby T, Ethelberg S, Mølbak K, Krogfelt KA. 2012. Detecting non-typhoid Salmonella in humans by ELISAs: A literature review. *J Med Microbiol*. 61:1-7. doi: 10.1099/jmm.0.034447-0.
- Le Hello S, Harrois D, Bouchrif B, Sontag L, Elhani D, Guibert V, Zerouali K, Weill FX. 2013. Highly drug-resistant Salmonella enterica serotype Kentucky ST198-X1: a microbiological study. *Lancet Infect Dis*. 13:672-679.
- Lee HY, Su LH, Tsai MH, Kim SW, Chang HH, Jung SI, et al. 2009. High rate of reduced susceptibility to ciprofloxacin and ceftriaxone among nontyphoid salmonella clinical isolates in Asia. *Antimicrob Agents Chemother*. 53:2696-2699. doi: 10.1128/AAC.01 297-08.
- Loisa, Lukman DW, Latif H. 2016. Resistensi Salmonella spp. terhadap beberapa antibiotik pada daging itik di kabupaten bogor yang dapat memengaruhi kesehatan konsumen. *Jurnal Kedokteran Hewan*. 10:115-120.
- Majowicz SE, Musto J, Scallan E, Angulo FJ, Kirk M, O'Brien SJ, Jones TF, Fazil A, Hoekstra RM. 2010. The global burden of nontyphoidal Salmonella gastroenteritis. *Clin Infect Dis*. 50:882-889. doi: 10.1086/650733.
- McDermott PF, Tyson GH, Kabera C, Chen Y, Li C, Folster JP, et al. 2016. Whole-genome sequencing for detecting antimicrobial resistance in Nontyphoidal Salmonella. *Antimicrob Agents Chemother*. 60:5515-5520.
- Nair DVT, Venkitanarayanan K, Johny AK. 2018. Antibiotic-Resistant Salmonella in the food supply and the potential role of antibiotic alternatives for control. *Foods*. 7:167.
- Olsen SJ, Bishop R, Brenner FW, Roels TH, Bean N, Tauxe RV, Slutsker L. 2001. The changing epidemiology of Salmonella: trends in serotypes isolated from humans in the United States, 1987-1997. *J Infect Dis*. 183:753-761.

- Sandt CH, Fedorka-Cray PJ, Tewari D, Ostroff S, Joyce K, M'ikanatha NM. 2013. A comparison of Non-typhoidal *Salmonella* from humans and food animals using pulsed-field gel electrophoresis and antimicrobial susceptibility patterns. *PLoS ONE*. 8:1-10. doi: 10.1371/journal.pone.0077836.
- Scallan E, Hoekstra RM, Angulo FJ, Tauxe R V., Widdowson MA, Roy SL, Jones JL, Griffin PM. 2011. Foodborne illness acquired in the United States-Major pathogens. *Emerg Infect Dis*. 17:7-15. doi: 10.3201/eid1701.P11101.
- Su LH, Chiu CH, Chu C, Ou JT. 2004. Antimicrobial resistance in nontyphoid *Salmonella* serotypes: A global challenge. *Clin Infect Dis*. 39:546-551. doi: 10.1086/422726.
- Tiong V, Thong KL, Yusof MY, Hanifah YA, Sam JI, Hassan H. 2010. Macrorestriction analysis and antimicrobial susceptibility profiling of *Salmonella enterica* at a University Teaching Hospital, Kuala Lumpur. *Jpn J Infect Dis*. 63:317-322.
- Townes JM. 2010. Reactive arthritis after enteric infections in the United States: The problem of definition. *Clin Infect Dis*. 50:247-254.
- Threlfall EJ. 2002. Antimicrobial drug resistance in *Salmonella*: problems and perspectives in food- and water-borne infections. *FEMS Microbiol Rev*. 26:141-148.
- Wegener HC, Hald T, Lo Fo Wong D, Madsen M, Korsgaard H, Bager F, Gerner-Smidt P, Mølbak K. 2003. *Salmonella* control programs in Denmark. *Emerg Infect Dis*. 9:774-780. doi: 10.3201/eid0907.030024.
- Weinberger M, Yaron S, Agmon V, Yishai R, Rosenberg A, Peretz C. 2011. Curtailed short-term and long-term survival following infection with Non typhoid *Salmonella* in Israel. *Clin Microbiol Infect*. 17:278-284.
- [WHO] World Health Organization. 2016. *Salmonella* (non-typhoidal) [Internet]. [diunduh 8 April 2017]. Tersedia dari: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs139/en/>.
- Zelpina E, Purnawarman E, Lukman DW. 2018. Keberadaan *Salmonella* pada daging ayam suwir bubur ayam yang dijual di lingkaran kampus Institut Pertanian Bogor. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*. 15:73-79.

INDEKS SUBJEK

- Abomasum 91
Adaptasi 201
African Swine Fever 15
Alternatif antibiotik 123
Antioksidan 123
Ayam 139
Ayam broiler 177
Ayam ras pedaging 113
Blok 37
Chlorella vulgaris 123
Coronavirus 1
COVID-2019 1
Cube 37
Enteritis nekrotika 139
Faktor predisposisi 139
Fisiologi 25
Foodborne disease 221
Haemonchosis 91
Hantavirus 71
Heating 37
HSP70 177
IACUC 211
Implementasi 113
Indonesia 79
Infrared 25
Integrasi 51
Karakteristik 15
Kecernaan 103
Kemitraan 113
Kesejahteraan hewan 211
Klirens etik 211
Koksidiosis 139
Kriteria seleksi 163
Kualitas susu 189
Leishmaniasis 79
Luar Pulau Jawa 149
MERS-CoV 1
Minyak atsiri 189
Modifikasi rumen 189
Naungan 103
NTS 221
Nutrisi 177
Pakan 37
Palatabilitas 103
Patologi 91
Penanggulungan 221
Pencegahan 15, 71, 139, 221
Penelitian 211
Pengembangan kawasan bibit 163
Pengembangan usaha ternak 149
Pengendalian 91
Penularan 15, 71
Penyakit hewan eksotik 61
Penyakit Mulut dan Kuku 61
Perkebunan sawit 51
Perubahan iklim 201
Peternak skala kecil 113
Phlebotomus 79
Pressing 37
Produksi 103
Produksi susu 189
Reproduksi 25
Ruminansia 25, 61
Ruminansia kecil 91, 163
Sapi 51
Sapi perah 149
SARS-CoV 1
Spirulina platensis 123
Stenotaphrum secundatum 51
Strategi pemuliaan 163
Stres panas 25, 177
Struktur virus 71
Swill feeding 15
Tanaman pakan ternak 201
Termografi 25
Ternak 61
Unggas 123
Unggul 103
Vaksin 71
Vektor 79
Virus 61
Wafer 37
Zoonosis 1, 79

SUBJECT INDEX

- Abomasum 91
Adaptation 201
African Swine Fever 15
Alternative antibiotic 123
Animal welfare 211
Antioxidant 123
Block 37
Breeding strategy 163
Broiler 113, 177
Cattle 51
Characteristic 15
Chicken 139
Chlorella vulgaris 123
Climate change 201
Coccidiosis 139
Community breeding programs 163
Control 15, 91, 221
Coronavirus 1
COVID-2019 1
Cube 37
Dairy cattle 149
Digestibility 103
Essential oil 189
Ethical clearance 211
Exotic disease 61
Feed 37
Foodborne disease 221
Foot and Mouth Disease 61
Forage 201
Haemonchosis 91
Hantavirus 71
Heat stress 25, 177
Heating 37
Heat Shock Protein 70 177
IACUC 211
Implementation 113
Indonesia 79
Infrared 25
Integration 51
Leishmaniasis 79
Livestock 61
Livestock business development 149
MERS-CoV 1
Milk production 189
Milk quality 189
Necrotic enteritis 139
NTS 221
Nutrition 177
Oil palm plantation 51
Outside Java Island 149
Palatability 103
Partnership 113
Pathology 91
Phlebotomus 79
Physiology 25
Poultry 123
Predisposition factor 139
Pressing 37
Prevention 71, 139, 221
Production 103
Reproduction 25
Research 211
Rumen modifier 189
Ruminant 25, 61
SARS-CoV 1
Selection criteria 163
Shading 103
Small ruminants 91, 163
Small scale farmer 113
Spirulina platensis 123
Stenotaphrum secundatum 51
Superior 103
Swill feeding 15
Thermography 25
Transmission 15, 71
Vaccines 71
Vector 79
Virus 61
Virus structure 71
Wafer 37
Zoonoses 1, 79

INDEKS PENULIS (AUTHOR INDEX)

Adjid RMA 61	Purwanto BP 25
Ahmad RZ 91	Rahmayuni D 149
Antonius 51	Ratnawati A 15
Aryati T 37	Retnani Y 37
Assadah NS 71	Rosartio R 51
Bakrie B 211	Saenab A 37
Barkah NN 37	Saepulloh M 15
Chusnul Hanim 189	Sani Y 139
Daning DAR 189	Sendow I 15, 71
Dharmayanti NLPI 1, 15, 71	Sianturi RG 25
Ekawasti F 79	Simanihuruk K 103
Elieser S 51	Sinulingga SE 163
Fanindi A 201	Sirait J 51, 103
Gatenby RM 163	Sugiharto 123
Harmini 201	Syawal H 51
Hidayat C 177	Tiesnamurti B 163
Hutasoit R 51	Tiffarent R 91
Ilham N 113	Wahyuwardani S 211
Komarudin 177	Widyobroto BP 189
Manalu W 25	Wiedosari E 139
Martindah E 79	Wina E 177
Noor SM 211, 221	Yani A 25
Nurjanah D 1	Yusiati LM 189
Pamungkas FA 25	Zelpina E 221
Priyanto D 149	

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 30 Tahun 2020, 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 Nurgartiningasih, MSc. | : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya |
| 6. Prof. Dr. Budi Haryanto | : Pakan dan Nutrisi Ternak – Balai Penelitian Ternak |
| 7. Prof. Dr. Arnold P Sinurat | : Pakan dan Nutrisi Ternak – Balai Penelitian Ternak |
| 8. Prof. Dr. Subandriyo, MSc. | : Pemuliaan dan Genetika Ternak – Balai Penelitian Ternak |
| 9. Prof. Dr. I Wayan Mathius | : Pakan dan Nutrisi Ruminansia – Balai Penelitian Ternak |
| 10. Dr. Nurhayati | : Budidaya Tanaman – Balai Penelitian Ternak |
| 11. Ir. Tati Herawati, MAgr | : Sistem Usaha Pertanian – Balai Penelitian Ternak |
| 12. Dr. drh. R. M. Abdul Adjid | : Virologi – Balai Besar Penelitian Veteriner |
| 13. Dr. Muhamad Nasir Rofiq | : Pakan dan Nutrisi Ternak – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi |

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

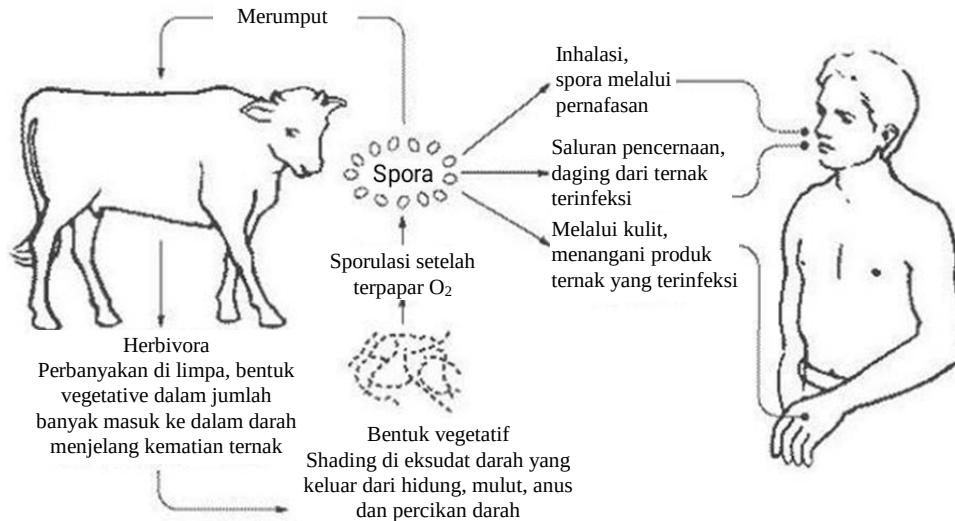
td: Data tidak tersedia; BKLT: Berat kering tanpa lemak

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.

....., 2020

Submitted by:

Name	Main or Member Contributor	Signature
	Main	
	Main	
	Member	
		



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.

....., 2020

Approved by:

Name	Main or Member Contributor	Signature

Registered in:

