

ISSN 0216-6461
e-ISSN 2354-6832

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

WARTAZOA

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

Volume 30
Nomor 1
Maret 2020



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

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 30 Nomor 1 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)
Ir. Mariyono, MSi. (Peneliti Ahli Madya – Loka Penelitian Sapi Potong – Pakan dan Nutrisi Ternak)
Dr. Drh. Eny Martindah, MSc. (Peneliti Ahli Utama – Balai Besar Penelitian Veteriner – Parasitologi dan Epidemiologi)
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 Nurgartiniingsih, 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

Di awal tahun 2020, dunia memasuki era yang sangat mengkhawatirkan karena serangan virus corona yang mematikan. Pemahaman tentang *coronavirus* secara keseluruhan terutama informasi ilmiah terkait virus corona yang bersifat zoonosis akan diuraikan dalam nomor ini. Virus corona dapat menyebabkan penyakit pada saluran pernapasan, pencernaan dan sistem saraf pusat pada hewan dan manusia. Terdapat empat genus di dalam subfamili Orthocoronavirinae yang menyerang mamalia dan ada juga yang menyerang burung dan manusia. Zoonosis virus corona yang menyerang manusia adalah SARS-CoV dan MERS-CoV dan yang terakhir adalah SARS-CoV2 yang masih menjadi masalah besar di dunia.

Penyakit lain pada hewan yang sangat merugikan di tahun 2019 adalah *African Swine Fever* karena dengan cepat menyebar ke daerah Asia termasuk Indonesia dan sangat mematikan. *African swine fever* (ASF) merupakan penyakit infeksius pada babi bersifat haemoragik yang disebabkan oleh virus DNA *double-stranded* dari famili Asfarviridae. Penyakit ASF, cara penularan, cara diagnosis dan penanganannya perlu diinformasikan karena sampai saat ini beberapa jenis vaksin yang dikembangkan belum efektif.

Reproduksi ruminansia merupakan faktor penting untuk keberhasilan pengembangan ternak. Banyak faktor yang mempengaruhi reproduksi ternak dan diantaranya adalah faktor stres panas. Penilaian parameter fisiologi reproduksi ruminansia sebagai akibat dari stres panas biasanya menggunakan metode invasif yang banyak mengganggu ternak. Termografi inframerah menjadi salah satu solusi alternatif yang bisa digunakan. Aplikasi alat termografi inframerah dalam monitoring status fisiologis reproduksi ruminansia sangat bermanfaat dan dikembangkan untuk penilaian beberapa parameter pada ternak.

Di daerah tropis, penyediaan dan penyimpanan hijauan sebagai pakan menjadi krusial untuk ternak ruminansia terkendala akibat musim yang fluktuatif, mudah rusak, dan *bulky* (*voluminous*). Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah memanfaatkan teknologi pembuatan wafer. Teknologi wafer pakan merupakan modifikasi dari pakan berbentuk *cube* dan blok dan dengan teknologi ini dapat dibuat wafer pakan, wafer suplemen pakan, dan wafer pakan komplit. Wafer pakan dapat digunakan sebagai pengganti konsentrat. Teknologi pengolahan wafer pakan dapat meningkatkan produksi dan efisiensi pakan.

Rendahnya produksi, kandungan nutrisi serta pencernaan rumput alam di areal perkebunan tersebut merupakan kendala dalam meningkatkan produktivitas ternak sapi yang diintegrasikan dengan perkebunan sawit. Pengembangan tanaman pakan toleran naungan merupakan salah satu solusi dalam meningkatkan kualitas serta produksi rumput di areal perkebunan. Peran *Stenotaphrum secundatum* sebagai tanaman pakan toleran naungan di perkebunan sawit akan diuraikan dalam nomor ini dalam mendukung produktivitas ternak sapi dan sekaligus meningkatkan produksi tanaman kelapa sawit.

Semoga informasi yang disampaikan dapat bermanfaat bagi para pembaca yang terhormat.

Bogor, Maret 2020

Ketua Dewan Penyunting

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 30 Nomor 1 (Maret 2020)

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

DAFTAR ISI

Halaman

Ulasan tentang <i>Coronavirus</i> : Sebagai Agen Penyakit pada Hewan dan Manusia (A Review on <i>Coronaviruses</i> : The Infectious Agent in Animals and Human) NLP Indi Dharmayanti dan D Nurjanah	1-14
<i>African Swine Fever</i> : Penyakit <i>Emerging</i> yang Mematikan Peternakan Babi di Dunia (African Swine Fever: An Emerging Disease Threatening Pig Farms in The World) Indrawati Sendow, A Ratnawati, NLPI Dharmayanti dan M Saepulloh	15-24
Pemanfaatan Termografi Inframerah dalam <i>Monitoring</i> Status Fisiologi Reproduksi Ruminansia akibat Stres Panas (The Application of Infrared Thermography in Monitoring Reproduction Physiology Status of Ruminant Due to Heat Stress) Fitra Aji Pamungkas, BP Purwanto, W Manalu, A Yani dan RG Sianturi	25-36
Teknologi Pengolahan Wafer Pakan untuk Meningkatkan Produksi dan Efisiensi Pakan (Processing Technology of Feed Wafer to Increase Feed Production and Efficiency) Yuli Retnani, NN Barkah, A Saenab dan Taryati	37-50
Tanaman Pakan Toleran Naungan <i>Stenotaphrum secundatum</i> di Perkebunan Sawit Mendukung Produktivitas Sapi (A Shade Tolerant Forage, <i>Stenotaphrum secundatum</i> , in the Oil Palm Plantation to Support Cattle Productivity) Rijanto Hutasoit, R Rosartio, S Elieser, J Sirait, Antonius, H Syawal	51-60

Ulasan tentang *Coronavirus*: Sebagai Agen Penyakit pada Hewan dan Manusia

(A Review on Coronaviruses: The Infectious Agent in Animals and Human)

NLP Indi Dharmayanti dan D Nurjanah

Departemen Virologi, Balai Besar Penelitian Veteriner

Kontributor utama: NLP Dharmayanti; alamat email: nlpdharmayanti@gmail.com

(Diterima 24 Februari 2020 – Direvisi 13 Maret 2020 – Disetujui 17 Maret 2020)

ABSTRACT

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 *Alphacoronavirus*, *Betacoronavirus*, *Gammacoronavirus*, and *Deltacoronavirus*. *Alphacoronavirus* and *Betacoronavirus* are commonly found in mammals, while *Gammacoronavirus* and *Deltacoronavirus* 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.

Key words: Coronavirus, Zoonoses, SARS-CoV, MERS-CoV, COVID-2019

ABSTRAK

Virus corona merupakan virus RNA, yang tidak bersegmen, beruntai positif dengan empat protein struktural utama yaitu protein *Spike* (S), *Membrane* (M), *Envelope* (E) dan Nukleokapsid (N). Virus corona dapat menyebabkan penyakit pada saluran pernapasan, pencernaan dan sistem syaraf pusat pada hewan dan manusia. Terdapat empat genus di dalam subfamily Orthocoronavirinae di antaranya *Alphacoronavirus*, *Betacoronavirus*, *Gammacoronavirus* dan *Deltacoronavirus*. *Alphacoronavirus* dan *Betacoronavirus* umumnya ditemukan pada mamalia, sedangkan *Gammacoronavirus* dan *Deltacoronavirus* ditemukan dapat menginfeksi burung dan mamalia. Sampai dengan tahun 2018, virus corona yang bersifat zoonosis terdiri dari SARS-CoV dan MERS-CoV. Coronavirus menjadi perhatian dunia setelah diidentifikasi menjadi agen penyebab wabah pneumonia yang terjadi pada akhir tahun 2019 di China. Virus corona tersebut dikaitkan dengan hewan yang dijual di pasar ikan kota Wuhan, kemudian penyakitnya disebut COVID-19 (*Coronavirus Infectious Diseases-19*) yang disebabkan oleh SARS-CoV-2. Virus SARS-CoV-2 telah menginfeksi >1,6 juta orang di dunia dan sampai akhir Maret 2020, virus ini menyebabkan lebih dari 99 ribu kematian termasuk 3.512 kasus di Indonesia dengan total angka kematian mencapai 306. Tulisan ini membahas tentang coronavirus secara keseluruhan terutama untuk memberi informasi ilmiah terkait virus corona yang diantaranya bersifat zoonosis.

Kata kunci: Coronavirus, Zoonosis, SARS-CoV, MERS-CoV, COVID-2019

PENDAHULUAN

Virus corona adalah virus RNA, yang tidak bersegmen, beruntai positif dan memiliki empat protein struktural utama yaitu protein *Spike* (S), *Membrane* (M), *Envelope* (E) dan Nukleokapsid (N). Terdapat empat genus di dalam subfamily Orthocoronavirinae yaitu *Alphacoronavirus*, *Betacoronavirus*, *Gammacoronavirus* dan *Deltacoronavirus*. *Alphacoronavirus* dan *Betacoronavirus* secara umum menginfeksi mamalia,

sedangkan *Gammacoronavirus* dan *Deltacoronavirus* dapat menginfeksi unggas, burung liar, babi, paus dan lumba-lumba (ICTV 2018). Virus ini dapat menyebabkan penyakit pada saluran pernapasan, pencernaan dan sistem saraf pusat pada hewan dan manusia. Beberapa di antaranya bersifat zoonosis seperti *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus* (SARS-CoV) dan *Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus* (MERS-CoV), sedangkan *Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2* (SARS-CoV-2)/COVID-19 masih

dalam penelitian lebih lanjut hingga saat ini (Ding et al. 2004; Memish et al. 2014; Chan et al. 2020a).

Virus corona menjadi perhatian dunia setelah diidentifikasi menjadi penyebab wabah pneumonia pada akhir tahun 2019 di China. Hingga akhir Maret 2020, SARS-CoV-2 setidaknya menyebabkan lebih 99 ribu kematian dari >1,6 juta kasus infeksi yang terkonfirmasi laboratorium di 210 negara termasuk 3,512 kasus infeksi di Indonesia dan 306 kasus di antaranya bersifat fatal (WHO 2020b). Berdasarkan karakterisasi genom, SARS-CoV-2 memiliki kedekatan tertinggi sekitar 80-96% dengan virus corona pada kelelawar yaitu *bat SARS-related coronavirus* dan SARS-CoV (Chan et al. 2020b).

Kejadian wabah SARS pada tahun 2002-2003, dan MERS pada tahun 2012 menunjukkan bahwa virus corona memiliki kemampuan menginfeksi manusia dan hewan domestik melalui hewan liar (transmisi interspesies). Hubungan antara faktor reseptor virus-inang dianggap bertanggungjawab dalam penentuan kisaran inang, tropisme jaringan dan transmisi interspesies. Tulisan ini diharapkan dapat memberi informasi ilmiah mengenai virus corona dan variannya yang bersifat zoonosis. Informasi tersebut sangat diperlukan dalam riset pengembangan kit diagnostik, obat antiviral dan vaksin di masa mendatang. Penelitian berkelanjutan mengenai ekologi virus dan hubungannya dengan transmisi virus pada manusia dan hewan juga diperlukan sebagai upaya dalam mengendalikan penyebaran infeksi lebih lanjut dan mencegah terjadinya risiko pandemi di masa depan.

GENOME CORONAVIRUS

Virus corona termasuk ke dalam *family* Coronaviridae dari *subfamily* Orthocoronavirinae. Terdapat empat genus *subfamily* Orthocoronavirinae yaitu *Alphacoronavirus*, *Betacoronavirus*, *Gammacoronavirus* dan *Deltacoronavirus* (ICTV 2018). Virus corona memiliki *genome non-segmented* (+) RNA yang terbesar di antara virus RNA lain (27-32 kb) (Modrow et al. 2013; ICTV 2018). Hal tersebut menyebabkan virus corona mudah dalam mengakomodasi dan memodifikasi gen (Woo et al. 2010). Munculnya beberapa patogen virus corona pada manusia yang ditransmisikan oleh hewan menunjukkan bahwa virus ini memiliki kemampuan dalam menginfeksi dan teradaptasi secara trans-spesies. Virus corona memiliki empat protein struktural utama yaitu protein *Spike* (S), *Membrane* (M), *Envelope* (E) dan Nukleokapsid (N) (Fehr & Perlman 2015).

Protein *Spike* (S) virus corona memiliki tiga segmen yaitu ektodomain besar, *single-pass transmembrane anchor* dan *intracellular tail* pendek. *Trimer spike* glikoprotein adalah protein fusi tipe 1 yang berfungsi memediasi *attachment* pada reseptor

inang. Pada beberapa virus corona, protein S dengan berat ~150 kDa akan terbagi menjadi dua polipeptida yaitu S1 dan S2 oleh *furin-like protease* sel inang sehingga memungkinkan genome virus untuk masuk. Polipeptida S1 berperan dalam pengikatan virus dengan reseptor inang. Selanjutnya, S1 dibagi menjadi amino-terminal domain (S1-NTD) dan *carboxy-terminal domain* (S1-CTD). Fungsi dari CTD adalah sebagai *Receptor Binding Domain* (RBD) yang bertanggungjawab terhadap pengikatan ACE2 dan masuknya virus ke dalam sel. Dua residu asam amino dalam RBD yaitu 479 dan 487 memiliki peran penting dalam infeksi SARS-CoV yang dimediasi oleh ACE2 dalam transmisi virus dari luwak (*civet*) ke manusia. Sedangkan S2 virus corona berperan dalam proses fusi membran. Selain menjadi mediasi pengikatan, protein S memiliki peran dalam menentukan kisaran inang, tropisme jaringan dan penginduksi utama respon imun inang (Li 2016).

Protein membran (M) dengan berat molekul ~25–30 kDa memiliki tiga domain transmembran yaitu *N-terminal* ektodomain pendek, *triple-spanning transmembrane domain*, dan *C-terminal* endodomain. Protein ini dianggap berperan dalam pembentukan morfologi virus corona (Narayanan et al. 2000). Protein nukleokapsid (N) terdiri dari dua domain yaitu *N-terminal* dan *C-terminal* yang keduanya mampu mengikat RNA secara *in vitro* dengan mekanisme yang berbeda. Dua substrat RNA spesifik untuk protein N adalah *transcriptional regulatory sequences* (TRS) dan *genomic packaging signal*. Protein N juga dapat terikat pada nsp3 yang merupakan komponen penting dari protein M dan kompleks replikasi. Protein N memiliki fungsi dalam membentuk ribonukleokapsid bersama dengan RNA, serta berfungsi dalam replikasi, transkripsi dan translasi virus (McBride et al. 2014).

Protein *Envelope* (E) dengan berat molekul ~8–12 kDa ditemukan sangat bervariasi meskipun dalam bentuk yang relatif sama. Protein E ditemukan dalam jumlah yang sedikit di dalam virion dan terdiri dari *N-terminal* ektodomain, *transmembran domain* (TMD) dan *C-terminal* endodomain serta memiliki aktivitas *ion-channel*. Protein E berperan dalam siklus hidup virus termasuk perakitan dan pelepasan virus, pembentukan amplop (*envelope*), serta dibutuhkan untuk viral patogenesis. Protein E juga ditemukan berinteraksi dengan protein lain dari virus corona dan protein sel inang (Schoeman & Fielding 2019). Protein *hemagglutinin-esterase* (HE) merupakan protein struktural tambahan yang ditemukan pada genus *Betacoronavirus lineage A* (subgenus *Embecovirus*). Sesuai dengan namanya, protein ini berperan sebagai hemagglutinin sehingga dapat terikat pada *sialic acid* glikoprotein permukaan dan memiliki aktivitas *acetyl-esterase*. Protein ini berperan dalam peningkatan

pemasukan virus (*viral entry*), penyebaran virus (*viral spread*) dan neurovirulensi (Fehr & Perlman 2015).

GEJALA KLINIS CORONAVIRUS PADA MANUSIA DAN HEWAN

Coronavirus pada manusia

Human coronavirus (HCoV) adalah virus corona yang ditemukan pada manusia dan beberapa di antaranya bersifat zoonosis (Gaunt et al. 2010). Hingga saat ini, terdapat tujuh HCoV yaitu 229E, OC43, NL63, HKU1, SARS-CoV, MERS-CoV dan SARS-CoV-2. Virus SARS-CoV dan MERS-CoV adalah HCoV yang bersifat zoonosis dan dapat ditransmisikan antar manusia dengan patogenitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan HCoV pada umumnya, sedangkan SARS-CoV-2 masih dalam perdebatan apakah merupakan penyakit zoonosis (ECDC 2020). Virus HCoV-229E dan NL63 termasuk ke dalam genus Alphacoronavirus, sedangkan HCoV-OC43, HKU1, SARS-CoV, MERS-CoV dan SARS-CoV-2 termasuk ke dalam genus Betacoronavirus (Gaunt et al. 2010; ICTV 2018; Gorbalenya et al. 2020).

Pada tahun 1962, HCoV-229E pertama kali dideteksi dengan genome 27.317 nukleotida, sedangkan HCoV-OC43 yang ditemukan pertama kali pada tahun 1967 memiliki genome 30.738 nukleotida. Virus HCoV-229E dan HCoV-OC43 menyebabkan flu yang secara umum terjadi pada manusia di musim dingin dan awal musim semi (Lau et al. 2012a; Modrow et al. 2013). Pada tahun 2004, HCoV-NL63 pertama kali diisolasi dari pasien anak-anak dengan gejala klinis pneumonia dan infeksi saluran pernapasan. Virus HCoV-NL63 memiliki genome 27.555 bp dengan konten G+C 34%. Virus HCoV-HKU1 yang memiliki genome 29.926 nukleotida dan konten G+C sebesar 32% diidentifikasi pertama kali pada tahun 2004 dari pasien dengan gejala pneumonia. Virus HCoV-229E, OC43, NL63, dan HKU1 umumnya menyebabkan infeksi saluran pernapasan atas ringan pada manusia (Lau et al. 2012a; Modrow et al. 2013).

Coronavirus pada hewan domestik

Pada hewan kesayangan, virus corona dapat menginfeksi kucing dan anjing. *Feline coronavirus* (FCoV) adalah Alphacoronavirus pada kucing yang memiliki dua bentuk klinis berbeda yaitu *Feline Enteric Coronavirus* (FECV) yang dicirikan dengan infeksi saluran pencernaan ringan dan *Feline Infectious Peritonitis* (FIP) yang merupakan patotipe virulen dan hampir selalu berakibat fatal. Terdapat dua bentuk klinis FIP yaitu bentuk basah dengan manifestasi efusi abdominal dan bentuk kering yang dihubungkan

dengan gangguan pada sistem saraf seperti kejang, status mental dan perilaku abnormal, defisit saraf kranial, ataksia, tetraparesis dan hiperestesia (Fehr & Perlman 2015). *Canine enteric coronavirus* (CCoV) yang termasuk ke dalam genus Alphacoronavirus pertama kali ditemukan pada tahun 1971. Virus CCoV secara umum ditemukan menginfeksi anjing muda dengan gejala klinis diare ringan. Infeksi pada anjing muda biasanya bersifat fatal jika ditemukan adanya koinfeksi dengan penyakit lain seperti dengan *parvovirus* (Decaro et al. 2015). Anjing juga dapat terinfeksi oleh *canine respiratory coronavirus* (CRCoV) dari genus Betacoronavirus dengan gejala klinis batuk, bersin disertai leleran hidung hingga *bronchopneumonia* (Mitchell et al. 2013).

Pada hewan ternak, virus corona dapat ditemukan pada sapi, kuda, babi dan unggas. *Bovine coronavirus* (BCoV) pada sapi dan *Equine coronavirus* (ECoV) pada kuda termasuk ke dalam genus Betacoronavirus (ICTV 2018). Infeksi BCoV menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan dan pencernaan yang diikuti dengan penurunan produksi dan reproduksi. Gejala klinis tersebut menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan baik pada industri sapi pedaging dan perah (Fehr & Perlman 2015). Pada tahun 1999 di USA, ECoV pertama kali diisolasi dari anak kuda berusia 2 minggu dengan gejala klinis diare. Virus ECoV menyebabkan gejala klinis berupa demam, gangguan pencernaan seperti diare dan kolik serta memiliki morbiditas yang bervariasi di antara 10-83% dengan mortalitas yang rendah (Fielding et al. 2015).

Babi dapat terinfeksi oleh beberapa spesies dari genus Alphacoronavirus, Betacoronavirus dan Deltacoronavirus. Spesies dari genus Alphacoronavirus yang dapat menginfeksi babi adalah *Transmissible Gastroenteritis Virus* (TGEV), *Porcine Epidemic Diarrhea Virus* (PEDV), *Porcine Respiratory Coronavirus* dan *Swine Acute Diarrhea Syndrome Coronavirus* (SADS-CoV). Dari genus Betacoronavirus adalah *Porcine Hemagglutinating Encephalomyelitis Virus* (PHEV), sedangkan genus Deltacoronavirus adalah *Porcine Deltacoronavirus* HKU15 (PorCoV-HKU15) (ICTV 2018).

Virus TGEV dan PEDV menyebabkan gastroenteritis yang parah pada anak babi. Kerugian ekonomi diderita peternak babi karena diare dan dehidrasi dengan manifestasi nekrosis intestinal enterosit dan atrofi vili yang mengakibatkan tingginya morbiditas dan mortalitas. Pada hewan dewasa, PEDV menimbulkan diare ringan diikuti dengan muntah dan lesu (Niederwerder & Hesse 2018). Wabah oleh SADS-CoV yang dianggap berasal dari spesies kelelawar dari genus *Rhinolophus* menjadi penyebab kematian lebih dari 20 ribu babi muda pada empat peternakan babi di China (Zhou et al. 2018). Virus SADS-CoV menyebabkan gejala klinis diare akut,

muntah dan penurunan berat badan yang drastis pada anak babi sehingga menimbulkan kerugian yang signifikan pada industri peternakan babi. Mortalitas yang disebabkan oleh SADS-CoV pada anak babi di bawah umur 5 hari mencapai 90% (Zhou et al. 2018). Virus PHE-CoV pertama kali diisolasi dari babi muda pada tahun 1957 dengan gangguan klinis pada sistem pencernaan dan sistem saraf (Fehr & Perlman 2015), sedangkan PorCoV-HKU15 ditemukan pada babi muda dengan gejala klinis diare, mual, muntah, dehidrasi dan lesu (Niederwerder & Hesse 2018).

Gammacoronavirus pada hewan ternak terutama ditemukan menginfeksi unggas. *Virus Infectious Bronchitis* (IBV) menjadi salah satu agen penyakit yang berpengaruh pada industri perunggasan. Infeksi IBV terutama terjadi pada saluran pernapasan, organ reproduksi dan ginjal. Gejala klinis yang ditimbulkan oleh IBV bervariasi tergantung dari umur, patogenitas virus dan level imunitas (Guy 2020). Gejala klinis yang paling sering ditemui adalah gangguan pada sistem pernapasan seperti kesulitan bernapas, batuk, dan bersin disertai leleran hidung. Infeksi IBV umumnya diikuti dengan penurunan nafsu makan dan depresi yang berakibat pada penurunan berat badan. Pada sistem reproduksi, IBV menyebabkan penurunan produksi telur diikuti dengan penurunan kualitas telur. Bentuk nefritis dari IBV menyebabkan ayam mengalami depresi, peningkatan konsumsi air, diare dan penurunan berat badan secara drastis (Bande et al. 2016). Nekropsis pada ayam yang terinfeksi IBV menunjukkan gambaran pembesaran ginjal dan penumpukan urate pada ureter (Feng et al. 2017). *Turkey coronavirus* (TCoV) adalah *Gammacoronavirus* yang diidentifikasi pada tahun 1951. TCoV merupakan agen penyebab penyakit pencernaan akut pada kalkun yang bersifat sangat kontagius. Pada saluran reproduksi, infeksi TCoV menyebabkan penurunan kuantitas dan kualitas telur (ICTV 2018; Guy 2020).

Coronavirus pada hewan liar

Selain pada hewan domestik, virus corona juga dapat ditemukan pada hewan liar seperti kelelawar (*Bat coronavirus/BtCoV*), burung liar dan tikus. Wabah SARS pada tahun 2002-2003, MERS pada tahun 2012 menunjukkan bahwa virus corona memiliki kemampuan menginfeksi manusia dan hewan domestik melalui hewan liar, meskipun untuk COVID-19 masih dalam penelitian lebih lanjut (Ding et al. 2004; Memish et al. 2014; Chen et al. 2020b). Kelelawar merupakan satu-satunya mamalia dengan kemampuan terbang yang sangat baik, sehingga memiliki cakupan jarak migrasi yang lebih luas dibandingkan dengan mamalia darat (Teeling et al. 2005). Cakupan jarak migrasi kelelawar yang jauh dikaitkan dengan transmisi

berbagai penyakit di antaranya *Bat Lyssaviruses* (Rabies virus), *Henipaviruses* (virus Nipah dan Hendra), CoVs (SARS-CoV, MERS-CoV, dan SADS-CoV), dan *Filoviruses* (*Marburgvirus*, *Ebola virus*, dan *Mengla virus*) (Calisher 2015). Transmisi virus dari kelelawar ke manusia atau hewan lain dapat terjadi ketika kelelawar mengalami kondisi stress akibat beberapa hal seperti perusakan habitat, dikandangkan bersama dengan hewan lainnya seperti yang terjadi di pasar hewan hidup (*bush meat*), infeksi sekunder dll. Dalam kondisi stres, kelelawar akan mengalami penurunan level antibodi dan respon imun bawaan yang menyebabkan terjadinya peningkatan replikasi dan *shedding* virus (Subudhi et al. 2019).

Mamalia laut seperti lumba-lumba (*Bottlenose dolphin*) dan paus (*Beluga whale*) dapat terinfeksi virus corona dari genus *Gammacoronavirus* (ICTV 2018). Tahun 2007, *Beluga Whale Coronavirus* (BWCoV-SW1) berhasil diidentifikasi pada paus dengan karakteristik gangguan pada sistem pernapasan dan penyakit akut pada organ hati dengan konsistensi merapuh. Secara histopatologi, organ hati tampak mengalami nekrosis multifokal (Mihindukulasuriya et al. 2008). Tahun 2014, ditemukan novel coronavirus pada *Bottlenose dolphin* yang diidentifikasi sebagai BCoV-HKU22 (Woo et al. 2014). Burung liar juga dapat terinfeksi oleh spesies virus corona dari genus *Deltacoronavirus* yaitu BuCoV-HKU11, ThCoV-HKU12, MunCoV-HKU13, WECOV-HKU16, SpCoV-HKU17, MRCOV-HKU18, NHCov-HKU19, WiCoV-HKU20, dan CMCoV-HKU21 (ICTV 2018; Woo et al. 2012b). Pada hewan pengerat seperti tikus, *Betacoronavirus* (*Mouse Hepatitis Virus*) dapat menyebabkan bentuk infeksi akut hingga kronis pada organ hati dan sistem saraf pusat (CNS) dengan manifestasi klinis berupa hepatitis, encephalitis, dan encephalomyelitis (Eriksson et al. 2008; ICTV 2018).

Diversitas virus corona juga dihubungkan dengan keragaman spesies kelelawar. Kelelawar menjadi ordo mamalia terbesar kedua setelah rodensia. Jumlah kelelawar terhitung sekitar seperlima dari semua spesies mamalia atau mewakili 20% keragaman mamalia di seluruh dunia (Teeling et al. 2005; Anthony et al. 2017). Anthony et al. (2017) menyatakan bahwa setidaknya terdapat 3.204 virus corona di antara >1.200 spesies kelelawar di dunia dan beberapa di antaranya bersifat zoonosis seperti SARS-CoV dan MERS-CoV, sedangkan SARS-CoV-2 yang terjadi pada akhir tahun 2019 masih dalam penelitian lebih lanjut (Chen et al. 2014; Chan et al. 2020b). Di Indonesia terdapat sekitar 20% dari >1.200 spesies kelelawar di dunia, dengan jumlah lebih dari 200 spesies kelelawar (Suyanto 2001).

Beberapa spesies dari genus *Alphacoronavirus* yang dapat ditemukan di kelelawar yaitu BtCoV-HKU2, BtCoV-HKU8, *Miniopterus Bat Coronavirus*

1A dan 1B serta BtCoV-HKU10 (ICTV 2018). Virus BtCoV1 adalah *Alphacoronavirus* pertama yang ditemukan di Hong Kong dari tiga spesies kelelawar *Miniopterus* yang berbeda yaitu *Miniopterus magnate*, *Miniopterus pusillus* dan *Miniopterus schreibersii*. Virus ini dapat ditemukan baik pada sampel feses dan saluran pernapasan tanpa gejala klinis yang teramati. Lebih dari 50% sampel feses dari *M. pusillus* mengandung virus ini dibandingkan dengan sampel dari saluran pernapasan yang hanya sebesar 26% (Poon et al. 2005). Virus BtCoV-HKU8 juga ditemukan pada kelelawar *Miniopterus*. Virus BtCoV-HKU2 ditemukan pada spesies kelelawar *Rhinolophus sinicus* (*Chinese horseshoe*) di Hong Kong dan Guangdong. Kelelawar yang membawa virus ini tidak menunjukkan gejala klinis, namun virus dapat ditemukan pada sampel saluran pencernaan (Lau et al. 2007).

Pada surveilans tahun 2005-2010, virus BtCoV-HKU10 ditemukan pada kelelawar spesies *R. leschenaulti* (Megachiroptera) di Guangdong dan *Hipposideros pomona* (Microchiroptera) di Hong Kong. Tidak ditemukan gejala klinis pada kelelawar yang terinfeksi virus ini, namun spesies kelelawar *H. pomona* menunjukkan berat badan yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan kelelawar yang tidak terinfeksi. Beberapa BtCoV mungkin dapat menyebabkan infeksi akut yang menghasilkan penurunan berat badan pada spesies inangnya. Virus BtCoV-HKU10 hanya ditemukan pada sampel saluran pencernaan. Ditemukannya BtCoV-HKU10 pada *R. leschenaulti* dan *H. pomona* menunjukkan bahwa virus corona mampu bertransmisi secara efisien di antara subordo kelelawar yang berbeda (Lau et al. 2012b).

Bat Betacoronavirus memiliki lebih sedikit spesies inang dengan keragaman yang lebih rendah jika dibandingkan dengan *bat Alphacoronavirus*. Spesies *Bat Betacoronavirus* terdiri dari BtCoV-HKU3, BtCoV-HKU4, BtCoV-HKU5, dan BtCoV-HKU9 (ICTV 2018). *Rhinolophus* spp. (*R. sinicus*, *R. pusillus*, *R. macrotis*, dan *R. ferrumequinum*) yang menjadi *reservoir* sebagian besar Betacoronavirus pada manusia dilaporkan menjadi inang utama SARS-like CoV di China (Li et al. 2005; Lau et al. 2005). Virus BtCoV-HKU3 ditemukan pada sampel *R. sinicus* di Hong Kong, sedangkan BtCoV HKU9 pertama kali ditemukan pada *R. leschenaulti* di Guangdong dan *Hipposideros* sp. di Yunnan (Lau et al. 2010). Virus BtCoV-HKU4 ditemukan pada spesies kelelawar *Tylonycteris pachypus*, sedangkan BtCoV-HKU5 dapat ditemukan pada spesies kelelawar *Pipistrellus abramus* di Hong Kong (Woo et al. 2012a).

ZOONOSIS CORONAVIRUS

Virus SARS-CoV pada tahun 2002-2003, MERS-CoV pada tahun 2012 dan SARS-CoV-2 (COVID-19)

pada akhir tahun 2019 memiliki sifat *highly pathogenic* pada manusia (ECDC 2020). Kasus kejadian wabah infeksi SARS di 29 negara mencapai lebih dari 8 ribu kasus dan 916 di antaranya bersifat fatal (CFR 11%) (WHO 2003). Infeksi SARS-CoV menyebabkan gejala klinis yang parah pada saluran pernapasan bagian bawah. Atipikal pneumonia pada SARS disebabkan oleh peningkatan level sitokin dan kemokin di paru-paru. Agen penyakit ini ditemukan secara sistemik di paru-paru, trakea/bronkus, lambung, usus halus, tubulus ginjal, kelenjar keringat, paratiroid, hipofisis, pankreas, kelenjar adrenal, hati dan cerebrum. Penularan dapat terjadi melalui sistem pernapasan, selain itu urin dan keringat pasien terinfeksi mungkin dapat menjadi sumber transmisi virus (Ding et al. 2004).

Virus SARS-CoV memiliki genome sebesar 29.751 nukleotida dengan residu G+C sebesar 41% (Lau et al. 2012a). Beberapa alasan yang membuktikan bahwa manusia terinfeksi SARS-CoV dari hewan adalah ditemukannya kasus awal SARS pada manusia yang memiliki kontak langsung dengan hewan liar yang dikonsumsi dan tingginya prevalensi antibodi IgG terhadap SARS-CoV pada pedagang di pasar hewan (Xu et al. 2004). Guan et al. (2003) berhasil mengisolasi virus SARS-like coronavirus (SL-CoVs) pada *Himalayan palm civets* (*Paguma larvata*), *raccoon dog* (*Nyctereutes procyonoides*) dan manusia yang bekerja di pasar hewan di Guangdong, China. Kemiripan SL-CoVs pada *Himalayan palm civets* dan SARS-CoV pada manusia adalah lebih dari 99%. Temuan tersebut juga mengindikasikan bahwa pasar hewan dapat menjadi tempat SL-CoVs pada hewan untuk melakukan amplifikasi dan transmisi pada inang baru, termasuk manusia (Song et al. 2005). Berkaitan dengan bervariasinya spesies hewan di pasar tersebut, terdapat kemungkinan adanya inang primer lain yang bertanggungjawab terhadap transmisi SARS-CoV pada manusia.

Spesies kelelawar dari genus *Rhinolophus* terdeteksi sebagai inang alami SL-CoVs yang memiliki kemiripan sekuens nukleotida sebesar 92% dengan SARS-CoV (Li et al. 2005). Spesies kelelawar *R. sinicus* yang dikoleksi dari Hong Kong membawa SL-CoVs (bat-SARS-CoV) dengan kemiripan nukleotida dan asam amino dengan SARS-CoV pada manusia dan civet masing-masing sebesar 88% dan 93%, dengan perbedaan utama pada gen *spike*, ORF3 dan ORF8 (Lau et al. 2005). Isolat bat-SARS-CoV yang didapat dari kelelawar spesies *R. sinicus* (HKU3) dan *R. pearsonii* (SL-CoV Rp3) memiliki kemiripan sekuens genome sebesar 88% dengan isolat SARS-CoV dari civet dan 92% dengan isolat SARS-CoV dari manusia (Ren et al. 2006). Penemuan virus corona pada kelelawar mengindikasikan peran penting kelelawar sebagai *reservoir* virus corona.

Sistem metabolisme dan kekebalan spesifik yang dimiliki oleh kelelawar menyebabkan kelelawar resisten terhadap berbagai jenis virus. Ketika terbang, metabolisme kelelawar meningkat sehingga terjadi peningkatan *oxygen-free radicals*. Hal tersebut memicu terjadinya kerusakan DNA yang menyebabkan tekanan seleksi alam yang kuat untuk mengurangi aktivasi sensor DNA seperti *Stimulator of Interferon Genes* (STING). Beberapa spesies kelelawar juga memiliki mutasi yang berakibat pada penurunan aktivitas STING. Kelelawar dapat menekan efek patologi radang dengan menekan ekspresi TNF α . Di sisi yang lain, penurunan respon radang yang terjadi dapat menyebabkan virus lebih mudah bereplikasi di sel inang. Untuk itu, kelelawar selalu memiliki interferon dan *Interferon-Stimulated Gene* (ISG) dengan level yang tinggi di sel, sehingga lebih siap dalam mengendalikan replikasi virus di dalam sel (Subudhi et al. 2019). Faktor tingginya populasi kelelawar diikuti dengan *behaviour* berkelompok membuat kelelawar menjadi inkubator virus yang ideal untuk terjadinya koinfeksi, rekombinasi dan transmisi secara intra-spesies (Calisher et al. 2006; O'Shea et al. 2014). Berkaitan dengan peran kelelawar dalam transmisi virus corona, maka penelitian lebih lanjut mengenai genome virus corona pada spesies kelelawar yang berbeda diperlukan untuk dapat memprediksi sirkulasi virus corona.

Pada tahun 2012, MERS-CoV pertama kali diidentifikasi sebagai agen yang menyebabkan gejala klinis pneumonia pada manusia. Pasien tersebut diketahui memiliki riwayat kontak dengan unta (*Camelus dromedaries*) yang menunjukkan gangguan sistem pernapasan (Memish et al. 2014). Hingga tahun 2019, MERS-CoV menyebabkan lebih dari 2 ribu kasus infeksi dan 858 di antaranya bersifat fatal (CFR 34,4%) (WHO 2019). MERS-CoV memiliki genome 30.119 nukleotida dengan konten residu G+C sebesar 41% (van Boheemen et al. 2012). Virus MERS-CoV menyebabkan kegagalan sistem respirasi yang lebih cepat dibandingkan dengan SARS-CoV. Tingginya CFR pada MERS-CoV dapat disebabkan karena faktor usia dan komplikasi penyakit lainnya (Hui et al. 2014). Secara *in vitro*, MERS-CoV dapat menginfeksi sel dendritik, sel T dan makrofag manusia yang dapat menyebabkan gangguan pada sistem imun inang (Chu et al. 2014).

Virus MERS-CoV terdeteksi pada sampel swab nasal unta dengan fragmen ORF1a yang sangat mirip dengan kasus MERS-CoV pada manusia di peternakan yang sama (Haagmans et al. 2014). Virus MERS-CoV juga berhasil diisolasi dari sampel swab feses dan nasal unta di Arab Saudi dengan kemiripan genome mencapai 99,9% dengan MERS-CoV pada manusia (Hemida et al. 2014). Secara *in vitro*, MERS-CoV asal manusia dan unta memiliki tropisme jaringan dan

kompetensi replikasi yang sama di saluran pernapasan manusia (Chan et al. 2014). Hal tersebut memperkuat anggapan bahwa unta dapat menjadi sumber infeksi yang potensial bagi manusia (Memish et al. 2013; Anthony et al. 2017).

Berdasarkan analisis pohon filogenetika, MERS-CoV termasuk ke dalam *lineage C Betacoronavirus* (subgenus *Merbecovirus*) bersama dengan BtCoV-HKU4 dari spesies kelelawar *Tylonycteris pachypus* dan BtCoV-HKU5 dari spesies kelelawar *Pipistrellus abramus* (Zaki et al. 2012; ICTV 2018). Berdasarkan sekuensing gen RNA polymerase (RdRp), spike (S) dan nukleokapsid (N), MERS-CoV lebih dekat dengan BtCoV-HKU5 pada gen RdRp (kemiripan asam amino 92,1%-92,3%), dan lebih dekat dengan BtCoV-HKU4 pada gen S (kemiripan asam amino 66,8%-67,4%) dan gen N (kemiripan asam amino 71,9%-72,3%) (Lau et al. 2013). Selain itu, virus corona juga ditemukan pada spesies kelelawar *Taphozous perforatus* dengan kemiripan nukleotida sebesar 100% dengan virus MERS-CoV pada manusia (Memish et al. 2013). Berdasarkan hal tersebut, kelelawar dianggap menjadi *reservoir* dari MERS-CoV sebelum virus ditransmisikan lebih lanjut pada unta dan manusia.

RESEPTOR CORONAVIRUS

Hubungan antara faktor reseptor virus-inang dianggap bertanggungjawab dalam penentuan kisaran inang, tropisme jaringan, transmisi inter-spesies, pengembangan obat antiviral dan vaksin. Protein S virus corona berperan dalam pemasukan virus ke dalam sel melalui ikatan dengan reseptor inang (Li 2016; Lim et al. 2016). Berikut adalah beberapa reseptor inang yang digunakan virus corona untuk menginfeksi: *Aminopeptidase N* (HCoV-229E; FCoV; CCoV; TGEV; PEDV), *Angiotensin-Converting Enzyme 2* (HCoV-NL63 dan SARS-CoV), *Dipeptidyl Peptidase 4* (MERS-CoV), *9-O-Acetylated Sialic Acid* (HCoV-OC43 dan HCoV-HKU1) dan *Carcinoembryonic Antigen-Cell Adhesion Molecule* (MHV) (Fehr & Perlman 2015).

Aminopeptidase N

Aminopeptidase N (APN/CD13) adalah *metalloprotease* tipe 2 yang terdapat pada beberapa tipe sel, jaringan dan organ (endotel, epitel, fibroblast, leukosit) (Luan & Xu 2007). APN dapat ditemukan di sebagian besar sel di tubuh dengan fungsi yang bervariasi tergantung dari lokasi di mana APN ditemukan. Beberapa fungsi dari APN adalah memediasi angiogenesis, metastasis tumor, prosesing antigen dan reseptor beberapa virus, salah satunya adalah virus corona (Luan & Xu 2007). Pengenalan

antara APN dan virus corona bersifat sangat spesifik yang dihubungkan dengan *N-linked glycosylations* pada protein APN (Wentworth & Holmes 2001). Secara *in vitro*, human APN (hAPN) adalah reseptor spesifik untuk HCoV-229E, sedangkan *porcine* APN (pAPN) adalah reseptor spesifik untuk TGEV. Namun, feline APN (fAPN) dapat digunakan untuk beberapa virus corona seperti FCoV, HCoV-229E, TGEV, dan CCoV. Ketiganya memiliki kemiripan sekuen yang tinggi, pAPN dan fAPN memiliki kemiripan asam amino mencapai 78% dan 86% dengan hAPN (Wentworth & Holmes 2001). Urutan asam amino 288–295 pada hAPN dianggap berperan penting dalam infeksi HCoV-229E, sedangkan urutan asam amino 717–813 pada pAPN, fAPN dan *canine* APN berturut-turut berperan penting dalam infeksi TGEV, FCoV, dan CCoV. Area overlap di antara peptida 623–722 dan 673–772 pAPN juga dianggap berperan terhadap infeksi TGEV (Sun et al. 2012). Bonavia et al. (2003) sebelumnya telah melaporkan bahwa urutan asam amino di antara 417 dan 547 pada protein S HCoV-229E berperan penting terhadap efisiensi pengikatan reseptor inang.

Angiotensin-converting enzyme 2

Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) adalah protein membran integral tipe I yang diekspresikan pada paru-paru dalam jumlah yang banyak. Selain pada organ di saluran pernapasan, ACE2 juga banyak ditemukan di jantung, ginjal, testis dan sistem pencernaan (Hamming et al. 2004). Reseptor ACE2 yang merupakan mono-karboksipeptidase dengan kemampuan menghidrolisis angiotensin II diidentifikasi menjadi reseptor fungsional untuk SARS-CoV dan HCoV-NL63 (Dijkman et al. 2012). Peran ACE2 dalam transmisi SARS-CoV dibuktikan oleh beberapa alasan di antaranya (1) ACE2 diekspresikan pada sebagian besar target sel SARS-CoV yaitu pneumosit tipe 2; (2) ekspresi ACE2 secara *in vitro* dikaitkan dengan kepekaan masuknya virus yang dikontrol oleh protein S; dan (3) tikus dengan ekspresi ACE2 yang rendah memiliki risiko yang rendah untuk terinfeksi SARS-CoV (Ding et al. 2004).

Untuk HCoV-NL63, ACE2 ditemukan pada sel epitel bronchial bersilia secara *in vitro* yang dihubungkan dengan kepekaan terhadap kejadian infeksi (Banach et al. 2009). Dibandingkan dengan protein *spike* HCoV-NL63, protein *spike* SARS terikat lebih kuat pada reseptor seluler ACE2. Virus SARS-CoV juga dianggap memiliki replikasi yang lebih efisien dibandingkan dengan HCoV-NL63 secara *in vitro* (Glowacka et al. 2010). Milewska et al. (2014) kemudian menyatakan bahwa HCoV-NL63 menggunakan reseptor adhesi heparan sulfate (HS) proteoglycans untuk melengkapi fungsi dari reseptor

ACE2. Heparan sulfate proteoglycans tidak hanya berperan dalam pengikatan virus pada sel (viral binding) tetapi juga penting dalam replikasi virus, sehingga HS dinilai dapat meningkatkan infeksi oleh HCoV-NL63.

Protein S SARS-CoV memiliki dua subdomain pada daerah yang terikat pada reseptor (RBD) yaitu inti (*core*) dan *receptor binding* motif (RBM). Subdomain RBM adalah daerah yang langsung berikatan dengan permukaan luar N-terminal lobe ACE2. Beberapa ahli berpendapat bahwa kemiripan antara SARS-CoV dan HCoV-NL63 terletak pada RBM melalui rekombinasi. Virus SARS-CoV mungkin memiliki RBM yang berasal dari HCoV-NL63 (Li et al. 2007). Wu et al. (2009) menyatakan bahwa virus-binding motif (VBM) pada ACE2 adalah penyebab kedua virus yang memiliki perbedaan pada domain protein S1 ini memiliki reseptor yang sama. Virus SARS-CoV dan HCoV-NL63 dapat mengenal tiga VBM (VBM1, VBM2 dan VBM3) pada ACE2, namun RBD dari NL63-CoV memiliki kontak yang kurang ekstensif dengan VBM1, dan lebih ekstensif dengan VBM2 dan VBM3 (Wu et al. 2009). Berdasarkan kemiripan di antara SARS-CoV dan HCoV-NL63 yang menggunakan reseptor ACE2 untuk *viral entry*, maka pengembangan obat antiviral dengan mekanisme serupa dapat digunakan pada kedua virus tersebut.

Pada protein *spike* SARS-CoV, asam amino 318–510 bertanggungjawab dalam pengikatan ACE2 secara efisien, khususnya residu pada 424–494 yang langsung terikat pada reseptor ACE2 (Wong et al. 2004). Pada protein *spike* NL63-CoV, asam amino 476–616 (141 residu) bertindak sebagai minimal RBD dalam pengikatan ACE2 dan memiliki 15 residu (C497, Y498, V499, C500, K501, R518, R530, V531, G534, G537, D538, S540, E582, W585 dan T591) yang dianggap sangat penting dalam ikatan antara RBD dan ACE2. Residu ini mengelompok di tiga regio terpisah (RI, RII dan RIII) di dalam RBD, yang menunjukkan tiga situs pengikatan reseptor (Lin et al. 2008). Spesies barrier di antara SARS-CoV pada manusia dan civet disebabkan oleh adanya perbedaan interaksi di antara dua residu RBD (479 dan 487) dengan empat residu ACE2 (31, 35, 38, dan 353) (Li 2008).

SARS-CoV-2 juga dilaporkan menggunakan reseptor ACE2 dari studi yang dilakukan oleh Zhou et al. (2020a) secara *in vitro*. Qiu et al. (2020) menyatakan bahwa SARS-CoV-2 memiliki kemiripan epitope yang tinggi dengan SARS-CoV pada daerah *binding site protein spike* yang digunakan dalam mengikat reseptor ACE2 pada manusia (Lu et al. 2020). Berdasarkan hasil *sequence* RBD, SARS-CoV-2 memiliki kemiripan dengan SARS-CoV yang menggunakan ACE2 sebagai reseptor. Selain itu, beberapa residu yang penting pada RBM SARS-CoV-2 memiliki interaksi yang baik dengan ACE2 manusia.

Ikatan antara ACE2 dengan ektodomain protein S SARS-CoV-2 ditemukan 10-20 kali lebih tinggi dibandingkan dengan ikatan antara ACE2 dengan SARS-CoV. Tingginya afinitas ikatan tersebut mungkin berperan dalam efisiensi transmisi virus antar manusia (Wrapp et al. 2020). Berdasarkan hasil analisis filogenetik, SARS-CoV-2 menunjukkan kedekatan dengan BtCoV, sehingga virus novel ini dinilai memiliki potensi untuk mengikat ACE2 dari berbagai jenis hewan (Wan et al. 2020). Selain pada saluran pernafasan, reseptor ACE2 juga ditemukan dalam jaringan mulut, terutama dalam sel epitel lidah. Hal ini menunjukkan bahwa rongga mulut berpotensi menjadi rute infeksi SARS-CoV-2 (Xu et al. 2020). Reseptor ACE2 juga ditemukan pada mukosa konjungtiva. Zhou et al. (2020b) berhasil mendeteksi SARS-CoV-2 pada kantung konjungtiva pasien dengan gejala pneumonia, namun transmisi virus melalui konjungtiva atau mata membutuhkan penelitian lebih lanjut.

Dipeptidyl peptidase 4

Dipeptidyl peptidase 4 (DPP4/CD26) yang merupakan reseptor MERS-CoV adalah transmembran glikoprotein permukaan tipe 2 dengan panjang 766 asam amino yang memiliki fungsi di antaranya metabolisme glukosa, aktivasi sel T, modulasi kemotaksis, dan adesi sel. Reseptor DPP4 dapat ditemukan pada sistem pernafasan, ginjal, usus halus, hati, dan prostat (Lambeir et al. 2003; Raj et al. 2013). Protein S MERS-CoV memiliki RBD dengan dua subdomain yaitu *core* (inti) dan *receptor binding* subdomain (RBS) (Wang et al. 2013). Domain RBD MERS-CoV dan SARS-CoV memiliki kemiripan pada subdomain *core*, namun berbeda pada daerah *receptor binding* subdomain. Berdasarkan studi sequence alignment dan analisis modeling homolog yang dilakukan oleh Du et al. (2013) dan Wang et al. (2013), RBD protein S MERS-CoV terletak pada residu 377-662 atau 358-588, sedangkan berdasarkan analisis kristalografi, RBM terletak pada pertengahan RBD yaitu pada residu 484-567.

Domain RBD MERS-CoV yang relatif *conserved* di antara spesies mamalia dapat mengikat DPP4 dari inang yang berbeda dengan afinitas pengikatan yang berbeda, sehingga dianggap berperan dalam menentukan rentang spesies inang dan kerentanan spesies terhadap MERS-CoV (van Doremalen et al. 2014). Pada manusia, DPP4 ditemukan pada sel epitel dan makrofag saluran respirasi bagian bawah. Selain itu, DPP4 ditemukan di area terbatas pada permukaan bronkus dan bronkiolus. Hal ini sesuai dengan ditemukannya RNA MERS-CoV dalam jumlah yang besar pada sampel aspirasi trakea dan sputum. Reseptor DPP4 pada manusia tidak terdeteksi di sistem pernafasan bagian atas (Drosten et al. 2013), namun

tidak menutup kemungkinan terjadi perbedaan di setiap individu. Pada unta, DPP4 ditemukan pada sel epitel bersilia saluran pernafasan bagian atas, sel epitel bersilia trakea dan epitel bronkus serta endotel dan epitel alveolar. Ekspresi reseptor virus pada saluran pernafasan bagian atas dikaitkan dengan terjadinya efisiensi transmisi virus (Widagdo et al. 2016). Reseptor DPP4 juga ditemukan pada usus halus manusia dan unta (Widagdo et al. 2017), sehingga memungkinkan untuk MERS-CoV bereplikasi di sel epitel usus halus dan diekskresikan melalui feses.

Pada sebagian spesies kelelawar pemakan buah, DPP4 dapat ditemukan baik pada saluran pernafasan maupun saluran pencernaan. Sedangkan pada beberapa spesies kelelawar omnivora, DPP4 terutama ditemukan pada saluran pencernaan dan terbatas pada saluran pernafasan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa penularan MERS-CoV dari kelelawar terutama terjadi melalui rute feses-oral (Widagdo et al. 2017). Pada sampel feses manusia, virus MERS-CoV ditemukan dengan konsentrasi yang rendah (Drosten et al. 2013). Hal tersebut dikarenakan dalam saluran pencernaan manusia ditemukan antagonis DPP4 yaitu *Adenosine deaminase* (ADA) yang mampu menghambat terjadinya infeksi oleh MERS-CoV. Pada saluran pencernaan manusia, ADA ditemukan empat kali lebih banyak dibandingkan dengan ADA di saluran pernafasan (Raj et al. 2014; Widagdo et al. 2017).

Protein S pada MERS-CoV dapat menggunakan berbagai macam mekanisme untuk menyesuaikan dengan DPP4 pada berbagai spesies baru secara cepat (Letko et al. 2018). Reseptor DPP4 pada manusia, kelelawar dan unta dapat terikat pada RBD MERS-CoV hingga menimbulkan infeksi, namun beberapa ortolog DPP4 pada hamster, tikus, marmut dan feret tidak mampu menyebabkan infeksi. Ketidakmampuan MERS-CoV dalam menyebabkan infeksi pada spesies tersebut disebabkan oleh ikatan antara protein S MERS-CoV dengan DPP4 yang tidak sesuai. Asam amino A288L dan T330R pada DPP4 tikus dianggap bertanggungjawab terhadap penghambatan interaksi di antara DPP4 tikus dan protein S MERS-CoV (Cockrell et al. 2014). Selain DPP4, MERS-CoV dianggap menggunakan faktor seluler lain untuk memfasilitasi peningkatan *viral entry* pada sel inang yaitu *Carcinoembryonic Antigen-Related Cell Adhesion Molecule* (CEACAM5) (Chan et al. 2016).

9-O-acetylated sialic acid (9-O-Ac-Sia) dan Carcinoembryonic Antigen-related Cell Adhesion Molecule (CEACAM)

9-O-Acetylated sialic acid (9-O-Ac-Sia) adalah reseptor seluler yang menjadi mediasi *viral entry* HCoV-OC43 dan HCoV-HKU1 (Hulswit et al. 2019). Reseptor 9-O-Ac-Sia secara umum ditemukan di

banyak jaringan pada manusia dan hewan dengan ekspresi yang bervariasi, khususnya pada saluran pernapasan manusia dan mamalia lain seperti babi, ruminansia, kuda dan anjing (Wasik et al. 2017). Selain protein S, HCoV-OC43 dan HCoV-HKU1 memiliki protein permukaan lain yaitu hemagglutinin-esterase (HE). Protein HE adalah glikoprotein transmembran tipe 1 yang terdiri dari dua domain fungsional yaitu *O-acetylated sialic acid binding domain* dan *sialate O-acetylsterase domain* dengan fungsi utama sebagai *receptor-destroying enzyme* (RDE). Protein S HCoV-OC43 dan HCoV-HKU1 akan mengikat reseptor 9-O-Ac-Sia inang, sedangkan protein HE akan memediasi aktivitas RDE pada akhir siklus infeksi melalui domain sialate-9-O-acetylsterase dan memfasilitasi pelepasan virus (Desforges et al. 2013).

Protein S HCoV-HKU1 menggunakan *O-acetylated sialic acids* pada glikoprotein sebagai determinan reseptor atau sebagai faktor inisiasi perlekatan dalam memediasi *viral attachment*. Meskipun protein HE HCoV-HKU1 tidak menunjukkan adanya aktivitas pengikatan *sialic acid*, namun protein HE dapat memediasi aktivitas RDE *sialate-O-acetylsterase* secara spesifik pada *O-acetylated sialic acids* yang dikenali oleh protein S (Huang et al. 2015). *Mouse Hepatitis Virus* (MHV), menggunakan reseptor seluler *Carcinoembryonic Antigen-Related Cell Adhesion Molecule* (CEACAM1a) yang ditemukan pada sel epitel, endotel dan sel imun dengan fungsi utama angiogenesis dan regulasi sel imun untuk terikat pada reseptor protein S. Protein HE MHV berfungsi pada fase awal pengikatan virus melalui aktivitas *O-acetylated sialic acid binding* dan RDE (Fehr & Perlman 2015; Langereis et al. 2012).

2019-NOVEL CORONAVIRUS (SARS-CoV-2/ COVID-2019)

Pada pertengahan Desember 2019, masyarakat dunia dikejutkan dengan munculnya kejadian wabah pneumonia di China. Pada 9 Januari 2020, WHO berhasil mengidentifikasi novel coronavirus SARS-CoV-2 yang menyebabkan penyakit COVID-2019 dengan manifestasi pneumonia di Wuhan, China (Huang et al. 2020). Pasien memiliki riwayat kontak dengan pasar ikan di Wuhan sebelum menunjukkan gejala klinis yang identik dengan SARS dan MERS seperti viral pneumonia, demam, kesulitan bernafas dan infiltrasi bilateral paru-paru pada kasus yang parah. Selain makanan laut, pasar dengan luas 50.000 m² ini menjual berbagai produk hewan dan hewan hidup lainnya, termasuk hewan liar untuk konsumsi (Wu et al. 2020). Lebih lanjut diketahui bahwa SARS-CoV-2 dapat ditransmisikan di antara manusia (*human to human*) berkaitan dengan terjadinya infeksi pada pasien

yang tidak memiliki riwayat kontak dengan pasar Wuhan sebelumnya dan terjadinya infeksi antar manusia di rumah sakit (Chan et al. 2020a). Qiu et al. (2020) menyatakan bahwa SARS-CoV-2 memiliki kemiripan epitope yang tinggi pada daerah *binding site protein spike* yang digunakan dalam mengikat reseptor ACE2 pada manusia (Lu et al. 2020).

Chan et al. (2020b) menyatakan bahwa secara analisis filogenetika, strain virus SARS-CoV-2 yang diisolasi dari pasien asal Shenzhen yang mengunjungi Wuhan pada 29 Desember 2019 adalah novel *Betacoronavirus* yang termasuk ke dalam *lineage B* (subgenus *Sarbecovirus*) bersama dengan SARS-CoV pada manusia dan diketahui memiliki kedekatan dengan *bat SARS-related coronavirus* yang ditemukan pertama kali pada *Rhinolophus sinicus* di Zhejiang, China pada tahun 2015-2017. Pohon filogenetika berdasarkan ORF1a/b, *spike*, *envelope*, *membrane* dan nukleoprotein menunjukkan bahwa SARS-CoV-2 terletak pada kluster yang sama dengan SARS-CoV asal manusia, kelelawar dan luwak meskipun domain *receptor binding protein spike* hanya memiliki kemiripan sebesar 40% dengan *SARS-related CoV* lainnya (Chan et al. 2020b). Semua sekuen genome SARS-CoV-2 memiliki kemiripan lebih dari 99% dengan hanya dua posisi inti yang memiliki variabilitas tinggi, yaitu pada lokus ORF1ab dan polimorfisme asam amino pada ORF8. Di sisi yang lain, SARS-CoV-2 dan BtCoV menunjukkan kemiripan sekuen sebesar 96,2%, sehingga hasil ini semakin memperkuat hipotesis dari mana virus SARS-CoV-2 berasal (Ceraolo & Giorgi 2020).

Melalui analisis evolusi *full-genome*, SARS-CoV-2 memiliki kemiripan sekuen sebesar 96,3% dengan BtCoV RaTG13 dan membentuk satu *cluster* dengan Bat SARS-like coronavirus. Berdasarkan hal tersebut, SARS-CoV-2 diperkirakan berasal dari kelelawar (Paraskevis et al. 2020). Selain itu, keseluruhan genome SARS-CoV-2 memiliki kemiripan sebesar 89% dengan bat-SL-CoVZC45 dan 91,2% dengan *pangoline-CoV*. Pada protein *spike*, SARS-CoV-2 memiliki kemiripan nukleotida sebesar 84% dengan bat-SL-CoVZC45 dan 78% dengan SARS-CoV pada manusia. Meskipun *whole genome* SARS-CoV-2 memiliki kedekatan yang relatif tinggi dengan BtCoV RaTG13, namun protein S1 SARS-CoV-2 ditemukan memiliki kedekatan yang lebih tinggi dengan *pangoline-CoV*. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *pangoline* (trenggiling) mungkin dapat bertindak sebagai reservoir alami SARS-CoV-2-like CoVs (Zhang et al. 2020).

Virus SARS-CoV-2 memiliki *furin-like cleavage site* pada protein *spike* yang tidak dimiliki oleh *Betacoronavirus* lainnya (termasuk virus SARS). *Furin-like cleavage site* mungkin berperan dalam siklus hidup virus dan patogenitas SARS-CoV-2 (Coutard et

al. 2020). SARS-CoV-2 memiliki insersi empat asam amino (PRRA) yang menginduksi *furin cleavage* motif. Insersi tersebut berada dekat dengan S1/S2 *junction* dan tidak ditemukan pada virus corona lainnya termasuk BtCoV RaTG13 dan *pangoline-CoV* (Wong et al. 2020). Hingga pertengahan Februari 2020, beberapa obat seperti remdesivir dan chloroquine ditemukan memiliki efektivitas yang baik untuk mengontrol infeksi SARS-CoV-2 secara *in vitro* (Wang et al. 2020). Untuk itu, penelitian lanjutan SARS-CoV-2 masih terus dilakukan untuk mengetahui hubungan antara inang dan virus serta pengembangan obat antiviral dan vaksin di masa mendatang.

KESIMPULAN

Beragamnya inang dan jenis virus corona serta mudahnya virus ini mengalami mutasi dan rekombinasi menuntut kita semua untuk meningkatkan kewaspadaan terhadap munculnya virus-virus varian coronavirus yang bersifat zoonosis. Perilaku manusia yang semakin mengekspansi kehidupan hewan liar serta perilaku mengkonsumsi *bush meat* dan keberadaan pasar yang menjual berbagai jenis hewan perlu mendapat perhatian dari pemerintah. Dukungan kebijakan sangat diperlukan guna meminimalkan bertemunya berbagai spesies dengan spesies lainnya termasuk manusia sebagai upaya pengendalian menularnya penyakit termasuk penyakit zoonosis. Selain itu, strategi deteksi novel virus melalui surveilans dan monitoring perlu dilakukan dengan melibatkan kerjasama pada berbagai pihak/*stakeholder*.

DAFTAR PUSTAKA

Anthony SJ, Johnson CK, Greig DJ, Kramer S, Che X, Wells H, Hicks AL, Joly DO, Wolfe ND, Daszak P, Karesh W, Lipkin WI, Morse SS; PREDICT Consortium, Mazet JAK, Goldstein T. 2017. Global patterns in coronavirus diversity. *Virus Evol.* 3:vex012.

Banach B, Orenstein JM, Fox LM, Randell SH, Rowley AH, Baker SC. 2009. Human airway epithelial cell culture to identify new respiratory viruses: coronavirus NL63 as a model. *J Virol Methods.* 156:19-26.

Bande F, Arshad SS, Omar AR, Bejo MH, Abubakar MS, Abba Y. 2016. Pathogenesis and diagnostic approaches of *Avian Infectious Bronchitis*. *Adv Virol.* 2016:1-11.

van Boheemen S, de Graaf M, Lauber C, Bestebroer TM, Raj VS, Zaki AM, Osterhaus ADME, Haagmans BL, Gorbalenya AE, Snijder EJ, Fouchier RAM. 2012. Genomic characterization of a newly discovered coronavirus associated with acute respiratory distress syndrome in humans. *MBio.* 3:e00473-12.

Bonavia A, Zelus BD, Wentworth DE, Talbot PJ, Holmes K V. 2003. Identification of a receptor-binding domain of the spike glycoprotein of human coronavirus HCoV-229E. *J Virol.* 77:2530-2538.

Calisher CH. 2015. Viruses in bats: A historic review. In: Wang LF, Cowled C, editors. *Bats viruses*. 1st ed. New Jersey (USA): John Wiley & Sons Inc. p. 23-41.

Calisher CH, Childs JE, Field HE, Holmes KV, Schountz T. 2006. Bats: Important reservoir hosts of emerging viruses. *Clin Microbiol Rev.* 19:531-545.

Ceraolo C, Giorgi FM. 2020. Genomic variance of the 2019-nCoV coronavirus. *J Med Virol.* 92:522-528.

Chan CM, Chu H, Wang Y, Wong BH, Zhao X, Zhou J, Yang D, Leung SP, Chan JF, Yeung ML, et al. 2016. Carcinoembryonic antigen-related cell adhesion molecule 5 is an important surface attachment factor that facilitates entry of Middle East respiratory Syndrome Coronavirus. *J Virol.* 90:9114-9127.

Chan JFW, Yuan S, Kok KH, To KKW, Chu H, Yang J, Xing F, Liu J, Yip CCY, Poon RWS. 2020a. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a family cluster. *Lancet.* 395:514-523.

Chan JFW, Kok KH, Zhu Z, Chu H, To KKW, Yuan S, Yuen KY. 2020b. Genomic characterization of the 2019 novel human-pathogenic coronavirus isolated from a patient with a typical pneumonia after visiting Wuhan. *Emerg Microbes Infect.* 9:221-236.

Chan RWY, Hemida MG, Kayali G, Chu DKW, Poon LLM, Alnaeem A, Ali MA, Tao KP, Ng HY, Chan MCW, Guan Y, Nicholls JM, Peiris JS. 2014. Tropism and replication of Middle East respiratory syndrome coronavirus from dromedary camels in the human respiratory tract: an in-vitro and ex-vivo study. *Lancet Respir Med.* 2:813-822.

Chen L, Liu B, Yang J, Jin Q. 2014. DBatVir: The database of bat-associated viruses. *Database (Oxford).* 2014:bau021.

Chu H, Zhou J, Wong BH, Li C, Cheng ZS, Lin X, Poon VK, Sun T, Lau CC, Chan JF, et al. 2014. Productive replication of Middle East respiratory syndrome coronavirus in monocyte-derived dendritic cells modulates innate immune response. *Virology.* 454-455:197-205.

Cockrell AS, Peck KM, Yount BL, Agnihothram SS, Scobey T, Curnes NR, Baric RS, Heise MT. 2014. Mouse dipeptidyl peptidase 4 is not a functional receptor for Middle East respiratory syndrome coronavirus infection. *J Virol.* 88:5195-5199.

Coutard B, Valle C, de Lamballerie X, Canard B, Seidah NG, Decroly E. 2020. The spike glycoprotein of the new coronavirus 2019-nCoV contains a furin-like cleavage site absent in CoV of the same clade. *Antiviral Res.* 176:104742.

Decaro N, Mari V, Elia G, Lanave G, Dowgier G, Colaianni ML, Martella V, Buonavoglia C. 2015. Full-length

- genome analysis of canine coronavirus type I. *Virus Res.* 210:100-105.
- Desforbes M, Desjardins J, Zhang C, Talbot PJ. 2013. The acetyl-esterase activity of the hemagglutinin-esterase protein of human coronavirus OC43 strongly enhances the production of infectious virus. *J Virol.* 87:3097-3107.
- Dijkman R, Jebbink MF, Deijns M, Milewska A, Pyrc K, Buelow E, van der Bijl A, van der Hoek L. 2012. Replication-dependent downregulation of cellular angiotensin-converting enzyme 2 protein expression by human coronavirus NL63. *J Gen Virol.* 93:1924-1929.
- Ding Y, He L, Zhang Q, Huang Z, Che X, Hou J, Wang H, Shen H, Qiu L, Li Z, et al. 2004. Organ distribution of severe acute respiratory syndrome (SARS) associated coronavirus (SARS-CoV) in SARS patients: implications for pathogenesis and virus transmission pathways. *J Pathol.* 203:622-630.
- van Doremalen N, Miazgowski KL, Milne-Price S, Bushmaker T, Robertson S, Scott D, Kinne J, McLellan JS, Zhu J, Munster VJ. 2014. Host species restriction of Middle East respiratory syndrome coronavirus through its receptor, dipeptidyl peptidase 4. *J Virol.* 88:9220-9232.
- Drosten C, Seilmaier M, Corman VM, Hartmann W, Scheible G, Sack S, Guggemos W, Kallies R, Muth D, Junglen S, et al. 2013. Clinical features and virological analysis of a case of Middle East respiratory syndrome coronavirus infection. *Lancet Infect Dis.* 13:745-751.
- Du L, Kou Z, Ma C, Tao X, Wang L, Zhao G, Chen Y, Yu F, Tseng CT, Zhou Y, Jiang S. 2013. A truncated receptor-binding domain of MERS-CoV spike protein potently inhibits MERS-CoV infection and induces strong neutralizing antibody responses: implication for developing therapeutics and vaccines. *PLoS One.* 8:e81587.
- [ECDC] European Centre for Disease Prevention and Control. 2020. Factsheet for health professionals on Coronaviruses [Internet]. [accessed 27th January 2020] Available from: <https://www.ecdc.europa.eu/en/factsheet-health-professionals-coronaviruses>
- Eriksson KK, Cervantes-Barragan L, Ludewig B, Thiel V. 2008. Mouse hepatitis virus liver pathology is dependent on ADP-ribose-1''-phosphatase, a viral function conserved in the alpha-like supergroup. *J Virol.* 82:12325-12334.
- Fehr AR, Perlman S. 2015. Coronaviruses: an overview of their replication and pathogenesis. Maier HJ, Bickerton E, Britton P, editors. New York (USA): Springer New York.
- Feng K, Wang F, Xue Y, Zhou Q, Chen F, Bi Y, Xie Q. 2017. Epidemiology and characterization of avian infectious bronchitis virus strains circulating in Southern China during the period from 2013-2015. *Sci Rep.* 7:6576.
- Fielding CL, Higgins JK, Higgins JC, McIntosh S, Scott E, Giannitti F, Mete A, Pusterla N. 2015. Disease associated with equine coronavirus infection and high case fatality rate. *J Vet Intern Med.* 29:307-310.
- Gaunt ER, Hardie A, Claas EC, Simmonds P, Templeton KE. 2010. Epidemiology and clinical presentations of the four human coronaviruses 229E, HKU1, NL63, and OC43 detected over 3 years using a novel multiplex real-time PCR method. *J Clin Microbiol.* 48:2940-2947.
- Glowacka I, Bertram S, Herzog P, Pfefferle S, Steffen I, Muench MO, Simmons G, Hofmann H, Kuri T, Weber F, et al. 2010. Differential downregulation of ACE2 by the spike proteins of severe acute respiratory syndrome coronavirus and human coronavirus NL63. *J Virol.* 84:1198-1205.
- Gorbalenya A, Baker S, Baric R, de Groot R, Drosten C, Gulyaeva AA, Haagmans BL, Lauber C, Leontovich AM, Neumann BW, et al. 2020. The species Severe acute respiratory syndrome-related coronavirus: classifying 2019-nCoV and naming it SARS-CoV-2. *Nat Microbiol.* 5:536-544.
- Guan Y, Zheng BJ, He YQ, Liu XL, Zhuang ZX, Cheung CL, Luo SW, Li PH, Zhang LJ, Guan YJ, et al. 2003. Isolation and characterization of viruses related to the SARS coronavirus from animals in Southern China. *Science.* 302:276-278.
- Guy JS. 2020. Viral diseases. In: Swayne DE, editor. *Disease of poultry.* 14th ed. USA: John Wiley & Sons, Inc. p. 516-520.
- Haagmans BL, Al Dhahiry SHS, Reusken CBEM, Raj VS, Galiano M, Myers R, Godeke G-J, Jonges M, Farag E, Diab A. 2014. Middle East respiratory syndrome coronavirus in dromedary camels: an outbreak investigation. *Lancet Infect Dis.* 14:140-145.
- Hamming I, Timens W, Bulthuis ML, Lely AT, Navis G, van Goor H. 2004. Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis. *J Pathol.* 203:631-637.
- Hemida MG, Chu DKW, Poon LLM, Perera RAPM, Alhamadi MA, Ng HY, Siu LY, Guan Y, Alnaeem A, Peiris M. 2014. MERS Coronavirus in Dromedary Camel Herd, Saudi Arabia. *Emerg Infect Dis J.* 20:1231-1234.
- Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, Zhang L, Fan G, Xu J, Gu X, et al. 2020. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet.* 395:497-506.
- Huang X, Dong W, Milewska A, Golda A, Qi Y, Zhu QK, Marasco WA, Baric RS, Sims AC, Pyrc K, et al. 2015. Human Coronavirus HKU1 spike protein uses O -acetylated sialic acid as an attachment receptor determinant and employs hemagglutinin-esterase

- protein as a receptor-destroying enzyme. *J Virol.* 89:7202-7213.
- Hui DS, Memish ZA, Zumla A. 2014. Severe acute respiratory syndrome vs. the Middle East respiratory syndrome. *Curr Opin Pulm Med.* 20:233-241.
- Hulswit RJG, Lang Y, Bakkers MJG, Li W, Li Z, Schouten A, Ophorst B, van Kuppeveld FJM, Boons GJ, Bosch BJ, et al. 2019. Human coronaviruses OC43 and HKU1 bind to 9-O-acetylated sialic acids via a conserved receptor-binding site in spike protein domain A. *Proc Natl Acad Sci USA.* 116:2681-2690.
- [ICTV] International Committee on Taxonomy of Viruses. 2018. ICTV 2018b Master Species List [Internet]. [accessed 27th January 2020]. Available from: <https://talk.ictvonline.org/taxonomy/>
- Lambeir AM, Durinx C, Scharpe S, De Meester I. 2003. Dipeptidyl-peptidase IV from bench to bedside: an update on structural properties, functions, and clinical aspects of the enzyme DPP IV. *Crit Rev Clin Lab Sci.* 40:209-294.
- Langereis MA, Zeng Q, Heesters BA, Huizinga EG, de Groot RJ. 2012. The murine coronavirus hemagglutinin-esterase receptor-binding site: a major shift in ligand specificity through modest changes in architecture. *PLoS Pathog.* 8:e1002492.
- Lau SK, Woo P, Yip C, Fan R, Huang Y, Wang M, Guo R, Lam C, Tsang AKL, Lai KKY, et al. 2012a. Isolation and characterization of a novel Betacoronavirus Subgroup A Coronavirus, Rabbit Coronavirus HKU14, from domestic rabbits. *J Virol.* 86:5481-5496.
- Lau SK, Li KS, Tsang AK, Shek CT, Wang M, Choi GK, Guo R, Wong BH, Poon RW, Lam CS, et al. 2012b. Recent transmission of a novel alphacoronavirus, bat coronavirus HKU10, from Leschenault's rousettes to pomona leaf-nosed bats: first evidence of interspecies transmission of coronavirus between bats of different suborders. *J Virol.* 86:11906-11918.
- Lau SK, Poon RW, Wong BH, Wang M, Huang Y, Xu H, Guo R, Li KS, Gao K, Chan KH, et al. 2010. Coexistence of different genotypes in the same bat and serological characterization of Rousettus bat coronavirus HKU9 belonging to a novel Betacoronavirus subgroup. *J Virol.* 84:11385-11394.
- Lau SK, Woo PC, Li KS, Huang Y, Tsoi HW, Wong BH, Wong SS, Leung SY, Chan KH, Yuen KY. 2005. Severe acute respiratory syndrome coronavirus-like virus in Chinese horseshoe bats. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 102:14040-14045.
- Lau SK, Woo PC, Li KS, Huang Y, Wang M, Lam CS, Xu H, Guo R, Chan KH, Zheng BJ, Yuen KY. 2007. Complete genome sequence of bat coronavirus HKU2 from Chinese horseshoe bats revealed a much smaller spike gene with a different evolutionary lineage from the rest of the genome. *Virology.* 367:428-439.
- Lau SK, Li KSM, Tsang AKL, Lam CSF, Ahmed S, Chen H, Chan K-H, Woo PCY, Yuen K-Y. 2013. Genetic characterization of Betacoronavirus lineage C viruses in bats reveals marked sequence divergence in the spike protein of Pipistrellus bat coronavirus HKU5 in Japanese Pipistrelle: Implications for the origin of the novel Middle East respiratory syndrome. *J Virol.* 87:8638-8650.
- Letko M, Miazgowicz K, McMinn R, Seifert SN, Sola I, Enjuanes L, Carmody A, van Doremalen N, Munster V. 2018. Adaptive evolution of MERS-CoV to species variation in DPP4. *Cell Rep.* 24:1730-1737.
- Li F. 2008. Structural analysis of major species barriers between humans and palm civets for severe acute respiratory syndrome coronavirus infections. *J Virol.* 82:6984-6991.
- Li F. 2016. Structure, function, and evolution of coronavirus spike proteins. *Annu Rev Virol.* 3:237-261.
- Li W, Shi Z, Yu M, Ren W, Smith C, Epstein JH, Wang H, Crameri G, Hu Z, Zhang H, et al. 2005. Bats are natural reservoirs of SARS-like coronaviruses. *Science.* 310:676-679.
- Li W, Sui J, Huang IC, Kuhn JH, Radoshitzky SR, Marasco WA, Choe H, Farzan M. 2007. The S proteins of human coronavirus NL63 and severe acute respiratory syndrome coronavirus bind overlapping regions of ACE2. *Virology.* 367:367-374.
- Lim Y, Ng YL, Tam JP, Liu DX. 2016. Human coronaviruses: A review of virus-host interactions. *Diseases.* 4:26.
- Lin HX, Feng Y, Wong G, Wang L, Li B, Zhao X, Li Y, Smaill F, Zhang C. 2008. Identification of residues in the receptor-binding domain (RBD) of the spike protein of human coronavirus NL63 that are critical for the RBD-ACE2 receptor interaction. *J Gen Virol.* 89:1015-1024.
- Lu R, Zhao X, Li J, Niu P, Yang B, Wu H, Wang W, Song H, Huang B, Zhu N, et al. 2020. Genomic characterisation and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet.* 395:565-574.
- Luan Y, Xu W. 2007. The structure and main functions of aminopeptidase N. *Curr Med Chem.* 14:639-647.
- Maged GH, Daniel KWC, Leo LMP, Ranawaka APMP, Mohammad AA, Hoi-ye N, Lewis YS, Yi G, Abdelmohsen A, Malik P. 2014. MERS Coronavirus in Dromedary Camel Herd, Saudi Arabia. *Emerg Infect Dis J.* 20:1231.
- McBride R, van Zyl M, Fielding B. 2014. The coronavirus nucleocapsid is a multifunctional protein. *Viruses.* 6:2991-3018.
- Memish Z, Cotten M, Meyer B, Watson SJ, Alsahafi AJ, Al Rabeeah AA, Corman VM, Sieberg A, Makhdoom HQ, Assiri A, et al. 2014. Human infection with MERS coronavirus after exposure to infected camels, Saudi Arabia, 2013. *Emerg Infect Dis.* 20:1012-1015.

- Memish Z, Mishra N, Olival K, Fagbo S, Kapoor V, Epstein J, Al Hakeem R, Durosinioun A, Asmari M, Islam A, et al. 2013. Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus in bats, Saudi Arabia. *Emerg Infect Dis* 19:1819.
- Mihindukulasuriya KA, Wu G, St Leger J, Nordhausen RW, Wang D. 2008. Identification of a novel coronavirus from a beluga whale by using a panviral microarray. *J Virol*. 82:5084-5088.
- Milewska A, Zarebski M, Nowak P, Stozek K, Potempa J, Pyrc K. 2014. Human coronavirus NL63 utilizes heparan sulfate proteoglycans for attachment to target cells. *J Virol*. 88:13221-13230.
- Mitchell JA, Brooks HW, Szladovits B, Erles K, Gibbons R, Shields S, Brownlie J. 2013. Tropism and pathological findings associated with canine respiratory coronavirus (CRCoV). *Vet Microbiol*. 162:582-594.
- Modrow S, Falke D, Truyen U, Schätzl H. 2013. Viruses with single-stranded, positive-sense RNA genomes. In: *Mol Virol*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. p. 185-349.
- Narayanan K, Maeda A, Maeda J, Makino S. 2000. Characterization of the coronavirus M protein and nucleocapsid interaction in infected cells. *J Virol*. 74:8127-8134.
- Niederwerder MC, Hesse RA. 2018. Swine enteric coronavirus disease: A review of 4 years with porcine epidemic diarrhoea virus and porcine deltacoronavirus in the United States and Canada. *Transbound Emerg Dis*. 65:660-675.
- O'Shea TJ, Cryan PM, Cunningham AA, Fooks AR, Hayman DT, Luis AD, Peel AJ, Plowright RK, Wood JL. 2014. Bat flight and zoonotic viruses. *Emerg Infect Dis*. 20:741-745.
- Paraskevis D, Kostaki EG, Magiorkinis G, Panayiotakopoulos G, Sourvinos G, Tsiodras S. 2020. Full-genome evolutionary analysis of the novel corona virus (2019-nCoV) rejects the hypothesis of emergence as a result of a recent recombination event. *Infect Genet Evol*. 79:104212.
- Poon LL, Chu DK, Chan KH, Wong OK, Ellis TM, Leung YH, Lau SK, Woo PC, Suen KY, Yuen KY, et al. 2005. Identification of a novel coronavirus in bats. *J Virol*. 79:2001-2009.
- Qiu T, Mao T, Wang Y, Zhou M, Qiu J, Wang J, Xu J, Cao Z. 2020. Identification of potential cross-protective epitope between 2019-nCoV and SARS virus. *J Genet Genomics*. 47:115-117.
- Raj VS, Mou H, Smits SL, Dekkers DH, Muller MA, Dijkman R, Muth D, Demmers JA, Zaki A, Fouchier RA, et al. 2013. Dipeptidyl peptidase 4 is a functional receptor for the emerging human coronavirus-EMC. *Nature*. 495:251-254.
- Raj VS, Smits SL, Provacia LB, van den Brand JM, Wiersma L, Ouwendijk WJ, Bestebroer TM, Spronken MI, van Amerongen G, Rottier PJ, et al. 2014. Adenosine deaminase acts as a natural antagonist for dipeptidyl peptidase 4-mediated entry of the Middle East respiratory syndrome coronavirus. *J Virol*. 88:1834-1838.
- Ren W, Li W, Yu M, Hao P, Zhang Y, Zhou P, Zhang S, Zhao G, Zhong Y, Wang S, et al. 2006. Full-length genome sequences of two SARS-like coronaviruses in horseshoe bats and genetic variation analysis. *J Gen Virol*. 87:3355-3359.
- Schoeman D, Fielding BC. 2019. Coronavirus envelope protein: current knowledge. *Virol J*. 16:69. doi: 10.1186/s12985-019-1182-0.
- Song HD, Tu CC, Zhang GW, Wang SY, Zheng K, Lei LC, Chen QX, Gao YW, Zhou HQ, Xiang H, et al. 2005. Cross-host evolution of severe acute respiratory syndrome coronavirus in palm civet and human. *Proc Natl Acad Sci*. 102:2430-2435.
- Subudhi S, Rapin N, Misra V. 2019. Immune system modulation and viral persistence in bats: Understanding viral spillover. *Viruses*. 11:E192. doi: 10.3390/v11020192.
- Sun D, Shi H, Chen J, Guo D, Liu Q, He X, Bao J, Wang Y, Qiu H, Feng L. 2012. Virus-binding activity of the truncated C subunit of porcine aminopeptidase N expressed in *Escherichia coli*. *Biotechnol Lett*. 34:533-539.
- Suyanto A. 2001. Kelelawar Indonesia. Jakarta (Indonesia): Puslitbang Biologi LIPI.
- Teeling EC, Springer MS, Madsen O, Bates P, O'Brien S J, Murphy WJ. 2005. A molecular phylogeny for bats illuminates biogeography and the fossil record. *Science*. 307:580-584.
- Wan Y, Shang J, Graham R, Baric RS, Li F. 2020. Receptor recognition by novel coronavirus from Wuhan: An analysis based on decade-long structural studies of SARS. *J Virol*. 94:e00127-20.
- Wang M, Cao R, Zhang L, Yang X, Liu J, Xu M, Shi Z, Hu Z, Zhong W, Xiao G. 2020. Remdesivir and chloroquine effectively inhibit the recently emerged novel coronavirus (2019-nCoV) *in vitro*. *Cell Res*. 30:269-271.
- Wang N, Shi X, Jiang L, Zhang S, Wang D, Tong P, Guo D, Fu L, Cui Y, Liu X, et al. 2013. Structure of MERS-CoV spike receptor-binding domain complexed with human receptor DPP4. *Cell Res*. 23:986-993.
- Wasik BR, Barnard KN, Ossiboff RJ, Khedri Z, Feng KH, Yu H, Chen X, Perez DR, Varki A, Parrish CR. 2017. Distribution of o-acetylated sialic acids among target host tissues for influenza virus. *mSphere*. 2:e00379-16.
- Wentworth DE, Holmes K V. 2001. Molecular determinants of species specificity in the coronavirus receptor aminopeptidase N (CD13): influence of N-linked glycosylation. *J Virol*. 75:9741-9752.

- [WHO] World Health Organization. 2003. Consensus document on the epidemiology of severe acute respiratory syndrome (SARS) [Internet]. [accessed 27th January 2020]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/70863>
- [WHO] World Health Organization. 2019. Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) [Internet]. [accessed 27th January 2020]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/mers-cov/en/>
- [WHO] World Health Organization. 2020a. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). Geneva (Swiss): World Health Organization.
- [WHO] World Health Organization. 2020b. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report [Internet]. [accessed 27th January 2020]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>
- Widagdo W, Begeman L, Schipper D, Run PR V, Cunningham AA, Kley N, Reusken CB, Haagmans BL, van den Brand JMA. 2017. Tissue distribution of the MERS-coronavirus receptor in bats. *Sci Rep*. 7:1193. doi: 10.1038/s41598-017-01290-6.
- Widagdo W, Raj VS, Schipper D, Kolijn K, van Leenders G, Bosch BJ, Bensaid A, Segales J, Baumgartner W, Osterhaus A, et al. 2016. Differential expression of the Middle East respiratory syndrome coronavirus receptor in the upper respiratory tracts of humans and dromedary camels. *J Virol*. 90:4838-4842.
- Wong SK, Li W, Moore MJ, Choe H, Farzan M. 2004. A 193-amino acid fragment of the SARS coronavirus S protein efficiently binds angiotensin-converting enzyme 2. *J Biol Chem*. 279:3197-3201.
- Wong M, Cregeen S, Ajami N, Petrosino J. 2020. Evidence of recombination in coronaviruses implicating pangolin origins of nCoV-2019. *bioRxiv*. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.02.07.939207>
- Woo P, Lau S, Li K, Tsang A, Yuen K-Y. 2012a. Genetic relatedness of the novel human group C betacoronavirus to *Tylonycteris* bat coronavirus HKU4 and *Pipistrellus* bat coronavirus HKU5. *Emerg Microbes Infect*. 1:1-5.
- Woo PC, Huang Y, Lau SK, Yuen KY. 2010. Coronavirus genomics and bioinformatics analysis. *Viruses*. 2:1804-1820.
- Woo PC, Lau SK, Lam CS, Lau CC, Tsang AK, Lau JH, Bai R, Teng JL, Tsang CC, Wang M, et al. 2012b. Discovery of seven novel Mammalian and avian coronaviruses in the genus deltacoronavirus supports bat coronaviruses as the gene source of alphacoronavirus and betacoronavirus and avian coronaviruses as the gene source of gammacoronavirus and deltacoronavis. *J Virol*. 86:3995-4008.
- Woo PC, Lau SK, Lam CS, Tsang AK, Hui SW, Fan RY, Martelli P, Yuen KY. 2014. Discovery of a novel bottlenose dolphin coronavirus reveals a distinct species of marine mammal coronavirus in Gammacoronavirus. *J Virol*. 88:1318-1331.
- Wrapp D, Wang N, Corbett KS, Goldsmith JA, Hsieh C-L, Abiona O, Graham BS, McLellan JS. 2020. Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation. *Science*. 367:1260-1263.
- Wu F, Zhao S, Yu B, Chen YM, Wang W, Song ZG, Hu Y, Tao ZW, Tian JH, Pei YY, et al. 2020. A new coronavirus associated with human respiratory disease in China. *Nature*. 579:265-269.
- Wu K, Li W, Peng G, Li F. 2009. Crystal structure of NL63 respiratory coronavirus receptor-binding domain complexed with its human receptor. *Proc Natl Acad Sci USA*. 106:19970-19974.
- Xu H, Zhong L, Deng J, Peng J, Dan H, Zeng X, Li T, Chen Q. 2020. High expression of ACE2 receptor of 2019-nCoV on the epithelial cells of oral mucosa. *Int J Oral Sci*. 12:8.
- Xu RH, He JF, Evans MR, Peng GW, Field HE, Yu DW, Lee CK, Luo HM, Lin WS, Lin P, et al. 2004. Epidemiologic clues to SARS origin in China. *Emerg Infect Dis*. 10:1030-1037.
- Yuan J, Hon CC, Li Y, Wang D, Xu G, Zhang H, Zhou P, Poon LL, Lam TT, Leung FC, Shi Z. 2010. Intraspecies diversity of SARS-like coronaviruses in *Rhinolophus sinicus* and its implications for the origin of SARS coronaviruses in humans. *J Gen Virol*. 91:1058-1062.
- Zaki AM, van Boheemen S, Bestebroer TM, Osterhaus AD, Fouchier RA. 2012. Isolation of a novel coronavirus from a man with pneumonia in Saudi Arabia. *N Engl J Med*. 367:1814-1820.
- Zhang T, Wu Q, Zhang Z. 2020. Probable pangolin origin of SARS-CoV-2 associated with the COVID-19 outbreak. *Curr Biol*. 30:1-6.
- Zhou P, Fan H, Lan T, Yang X-L, Shi W-F, Zhang W, Zhu Y, Zhang Y-W, Xie Q-M, Mani S, et al. 2018. Fatal swine acute diarrhoea syndrome caused by an HKU2-related coronavirus of bat origin. *Nature*. 556:255-258.
- Zhou P, Yang XL, Wang XG, Hu B, Zhang L, Zhang W, Si HR, Zhu Y, Li B, Huang CL, et al. 2020a. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*. 579:270-273.
- Zhou Y, Zeng Y, Tong Y, Chen C. 2020b. Ophthalmologic evidence against the interpersonal transmission of 2019 novel coronavirus through conjunctiva. *medRxiv*. doi: 10.1101/2020.02.11.2002195.

African Swine Fever: Penyakit Emerging yang Mengancam Peternakan Babi di Dunia

(African Swine Fever: An Emerging Disease Threatening Pig Farms in The World)

Indrawati Sendow, A Ratnawati, NLPI Dharmayanti dan M Saepulloh

Balai Besar Penelitian Veteriner

Kontributor utama: Indrawati Sendow; alamat email: indrawati.sendow@yahoo.com

(Diterima 5 Desember 2019 – Direvisi 20 Februari 2020 – Disetujui 13 Maret 2020)

ABSTRACT

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 transmission, 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.

Key words: African Swine Fever, characteristic, transmission, control, swill feeding

ABSTRAK

African swine fever (ASF) merupakan penyakit infeksius pada babi yang disebabkan oleh virus DNA beruntai ganda dari family Asfarviridae. Penyakit ini umumnya ditandai dengan perdarahan pada telinga, punggung dan kaki. Virus ini menyebabkan kematian dan mempunyai dampak ekonomi yang besar, namun penyakit ASF tidak bersifat zoonosis sehingga tidak menimbulkan dampak bagi kesehatan manusia. Penyakit ini telah menyebar ke seluruh Asia dalam waktu yang relatif singkat pada tahun 2019, bahkan telah dilaporkan penyakit ini masuk ke Indonesia sejak akhir tahun 2019. Tulisan ini membahas penyakit ASF, cara penularan, cara diagnosis dan penanganannya. Pencegahan yang efektif dan kontrol penyakit ASF belum ada. Beberapa jenis vaksin telah dikembangkan namun vaksin tersebut dinilai tidak efektif sedangkan vaksin komersial belum tersedia. Keamanan dan efektivitas vaksin masih harus dipertimbangkan karena sifat virus ASF yang sangat unik dan berbeda dengan virus DNA lainnya. Oleh karena itu, pencegahan penyakit ASF harus dilakukan dengan melakukan biosekuriti yang ketat, menerapkan regulasi tentang lalu lintas babi dan produk babi ke suatu wilayah atau negara.

Kata kunci: *African Swine Fever*, karakteristik, penularan, pencegahan, *swill feeding*

PENDAHULUAN

African swine fever (ASF) atau dikenal dengan demam babi Afrika merupakan penyakit infeksius pada babi bersifat hemoragik yang disebabkan oleh virus DNA beruntai ganda, dalam family Asfarviridae dan genus *Asfivirus*. Virus ini menyebabkan demam berdarah dengan tingkat kematian yang tinggi pada babi domestik dan babi liar. *African swine fever* (ASF) pertama kali dilaporkan di Kenya pada tahun 1920 (Montgomery 1921) dan saat ini ASF telah menyebar ke Asia termasuk Indonesia.

Penyakit ASF ditularkan melalui gigitan kutu caplak (*Ornithodoros* sp) yang terinfeksi, sehingga penyakit ini dikategorikan dalam *arthropod borne disease* (Boinas et al. 2011). Penyakit ASF tidak

bersifat zoonosis sehingga tidak menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia, tetapi mempunyai dampak ekonomi yang sangat signifikan bagi peternak babi di dunia karena morbiditas dan mortalitasnya yang tinggi. Dampak penyakit ASF juga dirasakan pada industri pakan babi dan pemasok bahan baku pakan seperti yang terjadi di China. Oleh karena itu, penyakit ini termasuk dalam daftar *OIE notifiable disease* dan juga dapat termasuk dalam bioterror untuk menghancurkan kondisi ekonomi di suatu wilayah dengan populasi babi tinggi dan peternak yang hanya mengandalkan mata pencarian dari beternak babi.

Penyebaran virus ASF dapat melalui lalu lintas ternak dan produk babi yang tercemar melalui *swill feeding*, yang digunakan untuk pakan ternak sehingga penyakit ini dapat menyebar dengan cepat ke beberapa

negara sehingga penyakit ASF ini termasuk penyakit lintas batas (*transboundary animal diseases*) (Beltrán-Alcrudo et al. 2019).

Mengingat penyakit ini merupakan penyakit yang baru masuk di Indonesia tahun 2019, maka peternak babi dan petugas terkait perlu mengetahui tentang penyakit ASF sehingga dapat segera mengambil tindakan cepat jika penyakit ini muncul. Tulisan ini akan membahas mengenai penyakit ASF, cara penularan, epidemiologi, diagnosis dan pencegahannya.

KARAKTERISTIK VIRUS ASF

Penyakit ASF disebabkan oleh virus ASF, yang merupakan virus DNA beruntai ganda genus *Asfivirus*. Hingga saat ini virus ASF hanya memiliki satu serotipe meskipun terdapat 23 genotipe dengan virulensi yang bervariasi (Rodriguez et al. 2015). Meskipun virus ASF mempunyai satu serotipe, namun penelitian terakhir menyatakan bahwa virus ASF dapat dikelompokkan menjadi 8 serogroup berdasarkan *hemadsorption inhibition assay* (HAI) pada biakan jaringan. Adanya *hemadsorption*, merupakan patognomonik adanya virus ASF yang membedakan dengan virus *Classical Swine Fever* (CSF) (Malogolovkin et al. 2015).

Virus ASF sangat tahan terhadap perlakuan fisik seperti beku cair, ultrasonografi dan suhu rendah, namun dengan pemanasan 56°C selama 70 menit dan 90°C selama 30 menit, virus ini akan inaktif. Penyimpanan virus ASF pada suhu -80°C dapat bertahan selama bertahun-tahun, sedangkan pada suhu -20°C bertahan hingga 65 minggu. Virus ini juga tahan terhadap beberapa bahan kimia seperti tripsin dan EDTA (*Ethylene Diamine Tetraacetic Acid*). Virus ASF dalam darah (*viraemia*) yang disimpan dalam keadaan dingin dapat bertahan selama 75 minggu, sedangkan pada medium *transport* dapat bertahan selama 12 hari. Oleh karena itu, transportasi sampel lapang harus mengikuti sistem rantai dingin agar virus tetap hidup. Virus ini juga tidak tahan hidup dalam kondisi antara pH 3,9 hingga 13,4. Berdasarkan sifat kimianya, virus ini akan inaktif terhadap eter, kloroform, natrium hidroksida, hipoklorit, 0,5% klorin, 3/1000 formalin selama 30 menit, 3% ortho-phenylphenol selama 30 menit dan senyawa yodium (Mazur-Panasiuk et al. 2019b; OIE 2018).

Virus ASF dapat bertahan hidup dalam jangka waktu lama dalam darah, feses dan jaringan, produk daging babi mentah atau kurang matang. Virus ASF dapat terdeteksi pada daging dengan dan tanpa tulang dan daging giling selama 105 hari, pada daging yang diasinkan 182 hari, daging yang diasap 30 hari, daging yang dimasak (minimal 30 menit pada 70°C) 0 hari, daging kering 300 hari, daging dalam keadaan dingin 110 hari, daging beku 1.000 hari, jeroan babi 105 hari, kulit/lemak (bahkan dikeringkan) 300 hari, darah

disimpan pada suhu 4°C 18 bulan, kotoran pada suhu kamar 11 hari, darah membusuk 15 minggu dan kandang babi yang terkontaminasi 1 bulan. (Beltrán-Alcrudo et al. 2017; Mazur-Panasiuk et al. 2019b). Sedangkan pada pinjal berkulit lunak (*soft ticks*) seperti *Ornithodoros erraticus* dapat bertahan hingga 5 tahun. Sementara itu, umur *O. erraticus* dapat mencapai 20 tahun (Boinas et al. 2011).

Virus ASF merupakan virus yang sangat unik, hidup dalam makrofag darah sehingga antibodi yang ditimbulkan tidak cukup untuk menetralkan virus sehingga penggunaan vaksin masih belum efektif (Dixon et al. 2013). Hal ini berbeda dengan virus *Hog Cholera* atau *Classical Swine Fever*, dimana virus CSF dapat menetralkan antibodi yang ditimbulkan dan tidak mempunyai kemampuan *hemadsorption* (Sánchez-Vizcaino et al. 2015). Pengobatan dan pencegahan penyakit ASF melalui vaksinasi sampai saat ini belum tersedia. Vaksin ASF telah dikembangkan baik konvensional hingga molekuler, namun tidak memberikan hasil yang memuaskan dan kurang efektif.

Epidemiologi molekuler infeksi virus ASF berdasarkan perubahan pada gen atau penanda genetik sering dilakukan. Gen imunomodulator protein virus ASF dapat digunakan untuk mempelajari keragaman dan dinamika evolusi virus ASF seperti filogenetik dari protein imunomodulator virus ASF 5EL (Gen A238L), I14L (gen Dp71L) dan K11L (gen I329L) serta memprediksi virulensi virus ASF. Karakterisasi protein tersebut dapat digunakan untuk pengembangan vaksin ASF (Nefedeva et al. 2019).

Babi yang terinfeksi ASF dan sembuh dapat menjadi karier dan bersifat kronis. Hal ini juga dikemukakan oleh Abworo et al. (2017) yang menunjukkan bahwa di Uganda, 15,9% populasi babi sehat di daerah endemis ASF mengandung virus ASF pada organ tetapi negatif pada darah dengan uji PCR dan dengan uji ELISA. Hal ini menunjukkan bahwa babi tersebut dapat bertindak sebagai karier. Berdasarkan data tersebut diasumsikan bahwa babi karier dapat berperan dalam memelihara virus ASF dalam tubuh dan jika babi mengalami stres akibat transportasi dapat menimbulkan wabah berkesinambungan, sehingga ASF sulit untuk diberantas. Oleh karena itu, pemberantasan penyakit ini dilakukan dengan pemusnahan babi yang kontak dengan yang sakit atau babi yang telah sembuh meskipun tidak menunjukkan gejala klinis. Adanya kasus ko-infeksi dengan patogen lain dapat menyebabkan salah satu faktor menyebabkan virus ASF terekskresi atau laten. Lebih lanjut, Mur et al. (2016) mengemukakan bahwa antibodi terhadap virus ASF dapat terdeteksi pada babi liar yang tidak menunjukkan gejala klinis walaupun telah terinfeksi dan virus bersirkulasi pada babi liar tersebut atau

menjadi karier yang dapat menularkan ke babi lainnya sehingga menimbulkan penyakit.

JALUR PENULARAN

Penularan penyakit ASF dapat terjadi melalui kontak langsung maupun tidak langsung dan melalui gigitan kutu caplak (*Ornithodoros* sp) yang telah mengandung virus ASF. Penularan secara kontak langsung melalui cairan tubuh hewan yang terinfeksi seperti air liur, sekresi pernapasan, urin dan feses, sedangkan kontak tidak langsung melalui *fomit* atau benda-benda lain yang tercemar virus ASF termasuk pemberian pakan sampah (*swill feeding*) baik dari pesawat maupun restoran yang mengandung daging babi yang tercemar virus ASF, kendaraan pengangkut babi yang terinfeksi, pakaian dan peralatan makan babi yang telah tercemar virus ASF dan melalui lalu lintas babi sakit (Kipanyula & Nong'ona 2017).

Beberapa spesies caplak *Ornithodoros* sp yang telah dilaporkan bertindak sebagai penular ASF diantaranya *O. erraticus* (*O. maroccanus*), *O. moubata* complex, *O. puertoricensis*, *O. coriaceus*, *O. turicata*, *O. savignyi*, *O. sonrai*. (OIE 2017).

Faktor utama penyebab terjadinya siklus penularan ASF di Afrika adalah populasi babi yang tinggi, sistem peternakan ekstensif dan biosekuriti yang tidak ketat serta penggunaan *swill feeding* sebagai pakan babi (Penrith et al. 2013). Masuknya ASF ke China dilaporkan juga melalui jalur transportasi seperti truk, pesawat dan kapal laut pengangkut makanan yang terkontaminasi virus ASF, lalu lintas ternak babi dan babi liar baik secara legal maupun ilegal, barang impor ilegal/ barang bawaan yang terdiri dari makanan, produk daging babi yang terkontaminasi virus ASF baik untuk konsumsi pribadi atau komersial (FAO 2018).

Mengingat cepatnya penyebaran ASF di Asia dalam beberapa bulan terakhir ini, maka pengawasan di bandara dan pelabuhan yang banyak wisatawan asing terutama dari negara tertular perlu mendapat pengawasan yang lebih ketat terutama di perbatasan wilayah dengan negara tertular. Sebagian besar wisatawan dari negara tertular sering membawa makanan sendiri yang mengandung daging babi dan produknya yang telah terkontaminasi sehingga dikhawatirkan dapat membawa virus ASF dalam produk makanan tersebut.

Jalur penularan ASF lainnya adalah melalui rantai penjualan babi di pasar seperti rendahnya tingkat kesadaran dan pengetahuan akan penyakit ASF seperti gejala klinis, cara transmisi ASF diantara peternak babi dan pedagang; sebagian besar peternak kecil sering menjual babi yang sakit atau langsung memotong babi tanpa pemeriksaan kesehatan babi terlebih dahulu, sulitnya pengawasan lalu lintas ternak babi antar lokasi

atau daerah (Siamupa et al. 2017). Olesen et al (2017) dalam penelitiannya membuktikan bahwa kontak langsung dengan babi sakit dan aerosol merupakan jalur penularan ASF paling efektif.

Hasil penelitian Mazur-Panasiuk & Woźniakowski (2019a) menunjukkan bahwa kejadian wabah ASF di Polandia akibat pergerakan manusia dari daerah terinfeksi ke daerah bebas. Program pengendalian ASF dapat dilakukan melalui sosialisasi tentang ASF dan rute penularan penyakit serta pencegahannya, terutama di kalangan peternak yang kurang menerapkan biosekuriti (Chenais et al. 2019).

PERAN SWILL FEEDING DALAM PENYEBARAN PENYAKIT ASF

Sebagai penyakit lintas batas (*transboundary animal disease*), faktor manusia sangat berperan dalam menyebarkan penyakit ASF dari suatu negara ke negara lain. Sebagai contoh adalah penggunaan *swill feeding* dari pesawat atau kapal yang telah tercemar ASF dan digunakan sebagai pakan oleh peternak babi. Situasi seperti ini dilaporkan oleh Kipanyula & Nong'ona (2017), bahwa penyebaran infeksi ASF lebih banyak melalui kendaraan pengangkut dan manusia yang membawa *swill feed* untuk pakan babi.

Swill feeding diartikan sebagai sampah dalam bentuk sisa-sisa makanan baik yang berasal dalam negeri maupun dari luar negeri. *Swill feeding* dalam negeri berupa sisa makanan dari kafe, restoran, klub, Rumah sakit, panti jompo, kantin sekolah, klub olahraga, tempat pemotongan daging, tempat pembuatan roti, supermarket, hotel, supermarket, *outlet* makanan 'takeaway', rumah tangga, pasar dan pabrik sosis dalam negeri. Sedangkan *swill feeding* yang berasal dari luar negeri/internasional dapat berupa sisa katering pesawat udara dan kapal laut dengan trayek luar negeri, atau barang sitaan berupa makanan yang mengandung daging babi dan produknya (Penrith et al. 2013).

Swill feeding seharusnya dibuang/dimusnahkan dan dilakukan pengolahan limbah sampah, namun yang terjadi saat ini sisa makanan tersebut sering digunakan sebagai bahan pakan ternak karena harga yang relatif murah dibanding dengan pakan ternak komersial sehingga umumnya *swill feeding* untuk pakan ternak banyak dimanfaatkan oleh peternak tradisional. Beberapa kejadian penyakit ASF akibat penggunaan *swill feeding* di luar negeri telah banyak dilaporkan (Penrith et al. 2013; FAO 2018). Oleh karena itu untuk negara yang telah positif ASF sebaiknya dilarang menggunakan *swill feeding* yang mengandung atau berasal dari pemrosesan produk babi.

Laporan Zhou et al. (2019) menunjukkan bahwa masuknya ASF di beberapa negara di Eropa dan Asia melalui pemasukan daging babi mentah dan produk

olahan baik secara legal maupun ilegal, serta *swill feeding* yang berasal dari pesawat atau kapal laut. Lebih lanjut, lalu lintas babi liar yang terinfeksi juga dilaporkan sebagai penyebar infeksi ASF di Rusia pada tahun 2008 (Beltran-Alcrudo et al. 2019).

Meskipun demikian, tidak semua *swill feeding* berpotensi sebagai penyebar penyakit. Pada kasus ASF, hanya *swill feeding* yang mengandung daging babi dan produk daging babi yang tercemar virus ASF mempunyai potensi menyebarkan ASF dan dapat menyebabkan risiko tinggi masuknya ASF ke suatu negara.

Apabila ASF sudah masuk ke suatu negara menyebabkan sulit untuk melakukan pemberantas apabila telah menyebar luas, kecuali jika segera dilakukan *stamping out* pada peternakan tersebut sebelum sempat tersebar. Disamping itu, komitmen yang sangat kuat dari pemegang kebijakan dan semua *stake holder* yang terlibat diperlukan untuk mencegah penyebaran lebih meluas.

DIAGNOSIS ASF

Diagnosis ASF dapat didasarkan pada pengamatan gejala klinis, pengamatan epidemiologi penyakit, pemeriksaan laboratorium, baik uji serologi, virologis maupun pemeriksaan *post mortem*. Uji virologis yang cepat dan akurat sangat diperlukan untuk penanganan infeksi ASF.

Manifestasi klinis ASF

Manifestasi infeksi ASF menghasilkan 4 bentuk gejala klinis seperti perakut, akut, subakut dan kronis, tergantung dari virulensi strain yang menginfeksi, strain babi dan status kekebalan (Sanchez-Vizcano et al. 2015). Umumnya, babi liar seperti babi hutan lebih rentan terhadap infeksi ASF dan tidak menimbulkan gejala klinis yang khas, namun dapat bertindak sebagai karier virus ASF (Cabezón et al. 2017).

Tanda-tanda klinis bervariasi berdasarkan jenis virus dan bentuk penyakit yang disebabkan oleh virus. Bentuk perakut ASF pada babi perakut-menyebabkan kematian sangat cepat dan tiba-tiba, sering menjadi indikasi awal penyakit. Penyakit ASF bentuk akut menyebabkan demam mencapai 40,5–42°C, anoreksia, lesu, sianosis, erithrema pada sekitar telinga dan badan babi (Sanchez-Vizcano et al. 2015; Titov et al. 2017), diare, muntah, batuk dan sesak nafas, leukopenia dan trombositopenia (pada 48-72 jam), muntah, diare dan abortus (Chenais et al. 2017; Sánchez-Vizcaíno et al. 2015).

Pada kasus wabah ASF pertama di Tanzania, gejala klinis yang muncul antara lain demam tinggi,

depresi, ketidakseimbangan, mukosa pucat, pendarahan, lesi eritematosa di berbagai bagian tubuh dan abortus. Beberapa organ dalam termasuk ginjal, limpa, dan hati padat dan edematous dengan mortalitas mencapai 100% (Kipanyula & Nong Ona. 2016). Pada kasus wabah ASF ke dua kematian babi menurun hingga 50%. Gejala klinis yang klasik lebih banyak ditemukan pada kasus ASF pertama, sedangkan kasus berikutnya jarang nampak, bahkan dapat tidak menimbulkan gejala meskipun kelainan patologi di organ hati, limpa masih dapat ditemukan (Kipanyula & Nong'ona 2017; Sanchez-Vizcano et al. 2015).

Babi yang terinfeksi ASF bentuk subakut, menunjukkan gejala klinis seperti demam ringan, nafsu makan hilang, dan depresi, kadang disertai dengan abortus pada babi bunting. Babi terinfeksi bentuk kronis menunjukkan nafsu makan tidak ada, tidak demam atau suhu normal, pernapasan cepat, nekrosis kulit, borok kulit kronis dan pembengkakan sendi. Masa inkubasi bervariasi berdasarkan rute penularan, berkisar 3-21 hari (Balyshv et al. 2018). Kedua bentuk ini jarang terjadi atau sulit terdeteksi dibanding bentuk perakut dan akut.

Semua tipe penyakit ASF tersebut mempunyai angka morbiditas yang tinggi, tetapi mortalitasnya bervariasi tergantung tipe penyakitnya. Bentuk perakut, mortalitas mencapai 100% setelah 7-10 hari pasca infeksi, bentuk akut mortalitas mendekati 100% setelah 6-13 hari pasca infeksi, bentuk subakut mortalitas bervariasi tergantung umur babi, sedangkan bentuk kronis, mortalitasnya rendah. (Balyshv et al. 2018). Mortalitas penyakit ASF pada babi muda lebih tinggi (70-80%) dibandingkan babi tua (kurang dari 20%).

Diagnosis ASF disamping melihat gejala klinis, pemeriksaan patologi anatomis juga sering dilakukan pada saat bedah bangkai pada babi yang telah mati atau dibunuh. Hasil nekropsi pada babi yang mati menunjukkan kelainan pada organ seperti eritema pada kulit, edema paru limpa membengkak dan hepiemi sehingga warna limpa menjadi hitam, hati bengkak, terdapat cairan pada *pericard* dan sering ditemukan *ptechie* atau *haemorrhages* pada jantung, ginjal, dan limfonodul (Sanchez-Vizcano et al. 2015; Kipanyula & Nong'ona 2017).

Penyakit ASF sering dikelirukan dengan penyakit lainnya seperti *Classical Swine Fever* (Hog Cholera), *Pig Respiratory and Reproductive Syndrome* (PRRS), Erysipelas, Salmonellosis, Aujeszky (atau pseudorabies) terutama pada babi yang lebih muda, Pasteurellosis dan penyakit babi yang menyebabkan septikemia lainnya. Gejala penyakit Hog Cholera di lapang sering mirip dengan penyakit ASF, sehingga pemeriksaan laboratorium sangat dibutuhkan untuk membedakan dengan penyakit tersebut (Sanchez-Vizcano et al. 2015).

Pemeriksaan laboratorium

Deteksi antibodi terhadap ASF dapat dilakukan dengan uji serologi seperti uji ELISA, *Hemagglutinisasi Inhibisi* dan *Immunodot blot* (Balyshv et al. 2018; Zhao et al. 2019). Sedangkan uji deteksi virus ASF dilakukan dengan uji *fluorescent* antibodi (DFA) dan *real time* q-PCR (Balyshv et al. 2018; Mazur-Panasiuk & Woźniakowski 2019a) dan konvensional PCR. *Real time* PCR dan ELISA merupakan diagnosis baku dan paling sering digunakan (Chenais et al. 2017).

Sampel yang dapat dikoleksi diantaranya serum untuk pemeriksaan serologi (Chenais et al. 2017) dan untuk uji virologik berupa organ seperti limpa, hati, tonsil, ginjal, limfoglandula, jantung dan paru atau darah dalam EDTA, swab nasal dan swab rektal (Sanchez-Vizcano et al. 2015; Beltran-Alcrudo et al. 2017).

Untuk pengujian RT-PCR, dapat menggunakan sampel seperti tanah yang telah terkontaminasi cairan tubuh babi atau tempat pemotongan babi secara tradisional, air minum babi, sisa makanan atau tempat pembuangan feses/*manure* (Chenais et al. 2017).

Isolasi virus ASF dapat dilakukan pada *Swine pulmonary alveolar macrophages* (PAMs) (Mazur-Panasiuk & Woźniakowski 2019a; Zhao et al. 2019) atau sel primer dari *Swine leucocyte* (SL) dan *transplantable hybrid cell line* (A4C2/9k) (Balyshv et al. 2017). Selain itu, jaringan kultur lestari *Pig Kidney* (PK) juga dapat digunakan untuk mengembangkan virus ASF (Cabezon et al. 2017). Namun penggunaan sel lestari PK tidak sensitif untuk isolasi ASF asal sampel lapang. Titer virus diperoleh dari sampel darah lebih tinggi dibanding sampel organ (Chenais et al. 2017; Balyshv et al. 2018). Virus ASF menyebabkan *cythopathic effect* (CPE) pada sel dan mempunyai daya *hemadsorption* (Reis et al. 2016; Zhao et al. 2019).

Situasi ASF di dunia

Penyakit ASF pertama kali ditemukan di Afrika-Kenya pada tahun 1921, yang kemudian menyebar di sebagian besar sub-Sahara Afrika termasuk di Pulau Madagaskar, sehingga penyakit ini menjadi endemik di Afrika pada babi (FAO 2018).

Situasi ASF di Asia, sejak kejadian ASF pertama kali di Cina Agustus 2018 (Zhao et al. 2019), penyakit ini telah menyebar ke Mongolia (Januari 2019), Vietnam (Februari 2019), Kamboja (Maret 2019), Hongkong dan Korea Utara (Mei 2019), Laos (Juni 2019) dan kemudian ke Myanmar (Agustus 2019), Philipina, Korea Selatan dan Timor Leste (September 2019) (OIE 2019). Indonesia masih dinyatakan bebas ASF hingga bulan September 2019, namun pada bulan Oktober 2019 dilaporkan banyak kematian pada babi di Sumatera Utara. Investigasi telah dilakukan oleh Balai

Besar Penelitian Veteriner (BBLitvet) dan telah berhasil mendeteksi virus ASF menggunakan PCR. Surat Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia nomor 820/KPTS/PK.320?M/12/2019 mengumumkan bahwa infeksi ASF telah berada di Sumatera Utara.

Virus ASF menunjukkan tingkat evolusi yang tinggi dan menyebar sejalan dengan waktu, tanpa tanda-tanda penurunan hingga saat ini. Hal ini sejalan dengan meningkatnya populasi babi dan tingginya lalu lintas perdagangan babi antar negara yang menyebabkan virus tetap bersirkulasi dan terpelihara di Euroasia dan Afrika (Alkhamis et al. 2018).

Melihat dampak yang ditimbulkan penyakit ASF demikian besar, maka pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pertanian harus melakukan penanganan dan pencegahan penyebaran ASF ke daerah lainnya, agar peluang perdagangan ternak dan produk ternak internasional tidak terhambat, serta kesehatan ternak terutama ternak babi tetap terjaga melalui monitoring dan surveyan yang berkesinambungan serta melibatkan semua stake holder terkait.

PENCEGAHAN PENYAKIT

Pencegahan dan kontrol penyakit ASF belum dapat dilakukan dengan vaksinasi maupun obat antiviral karena belum tersedia secara komersial. Bagi negara yang masih dinyatakan bebas ASF, maka beberapa pencegahan yang dapat dilakukan antara lain peningkatan karantina dan biosekuriti yang ketat, membatasi lalu lintas babi dan pengurangan populasi ternak babi yang sakit dan terpapar. Disamping penerapan biosekuriti yang baik, mengurangi kontak dengan pakan/ alat yang tercemar seperti penggunaan *swill feeding* sebagai pakan ternak babi dan pengolahan limbah pesawat, serta pengetatan barang bawaan penumpang pesawat dan kapal laut perlu dilakukan. Walaupun di Indonesia tidak mudah untuk menerapkan kebijakan tersebut karena sebagian besar peternak babi di Indonesia merupakan peternak tradisional yang masih banyak menggunakan *swill feeding* sebagai pakan ternak. Tentunya pendekatan ini perlu didukung dengan pengawasan lalu lintas ternak babi, pembersihan dan disinfeksi kandang dan dukungan penuh dari pemerintah.

Beberapa penelitian tentang vaksin ASF telah dilakukan dalam dekade terakhir, namun hingga saat ini belum diperoleh vaksin yang efektif dan aman, bahkan penggunaan vaksin inaktif dinilai gagal melindungi hewan (Reis et al. 2016). Beberapa vaksin ASF yang telah dikembangkan antara lain vaksin inaktif, vaksin *live attenuated*, vaksin sub unit, vaksin DNA. Vaksin inaktif menghasilkan respon antibodi namun tidak protektif (Titov et al. 2017).

Vaksin inaktif dinilai cukup aman namun tidak memberikan proteksi pada babi (Reis et al. 2016). Pengembangan vaksin atenuasi dapat memberikan respon antibodi yang baik dan dapat memberikan proteksi pada isolat virus ASF yang homolog dan proteksi silang dengan beberapa strain virus ASF lainnya dalam satu genotipe, namun masih perlu dikaji ulang tingkat keamanan dari vaksin tersebut (King et al. 2011; Mulumba-Mfumu et al. 2016). Penelitian terakhir menunjukkan bahwa vaksin atenuasi dan vaksin hidup yang telah dimodifikasi hanya memberikan proteksi pada virus yang homolog, tetapi tidak terhadap virus yang heterolog (Reis et al. 2016; Kolbasov et al. 2014). Hal ini telah dibuktikan oleh Rock (2017) dan Gaudreault & Richt (2019) pada uji tantang, sehingga vaksin ini masih belum dapat memberikan perlindungan optimal untuk diterapkan di lapang.

Penggunaan vaksin hidup yang telah dilemahkan dapat menggertak antibodi terhadap ASF dengan baik, namun virus ASF yang telah dilemahkan tersebut masih dapat bertahan dalam tubuh selama beberapa minggu dan dapat menjadi virulen (Titov et al. 2017). Disamping itu, vaksin hidup yang dilemahkan dapat menyebabkan efek samping seperti lesi yang bersifat kronis, demam, *ptechie*, pembengkakan sendi atau pneumonia (Gaudreault & Richt 2019; King et al. 2011; Titov et al. 2017) dan virus ASF masih dapat ditemukan dalam jaringan beberapa hewan yang divaksinasi (Sanchez-Vizcano et al. 2015). Oleh karena itu penggunaan vaksin hidup yang telah dilemahkan masih sangat terbatas dan masih menjadi pertimbangan lebih lanjut.

Meskipun virus ASF hanya memiliki satu serotipe namun virus ini memiliki variasi genetik yang tinggi diantara isolat virus ASF yang ada terutama adanya perbedaan ukuran genom, perubahan jumlah dan urutan multigenik (Nix et al. 2006). Hal ini mungkin dapat disebabkan karena virus ASF bersifat *macrophage tropic*, sehingga dapat memanipulasi kekebalan bawaan dan memiliki respon adaptasi dengan memodulasi fungsi makrofag yang dapat mencegah pengembangan sistem pertahanan imun tubuh dan menghambat interferon tipe 1 (Dixon et al. 2013). Nefedeva et al. (2019) telah melakukan evaluasi keragaman protein imunomodulator dan dinamika evolusi virus ASF untuk memprediksi kemungkinan peran gen A238L, I329L dan Dp71L terhadap virulensinya sehingga variabilitas protein imunomodulator 5EL, I14L dan K11L dapat mengidentifikasi situs target genom virus ASF dan potensi untuk pengembangan vaksin.

Pengembangan vaksin sub unit melalui rekayasa genetika dinilai aman, namun hasilnya tidak memuaskan karena hanya memberikan proteksi pada sebagian kecil ternak babi. Vaksin DNA kemudian dikembangkan, tetapi hasilnya juga kurang memuaskan

karena kurang protektif (Murgia et al. 2019), demikian pula dengan vaksin *virus-vectored* ASF. Ketiga jenis vaksin ini dinilai kurang protektif dan tidak konsisten. Ketidak konsistenan vaksin tersebut tergantung dari beberapa faktor, diantaranya tipe vaksin yang digunakan, strategi vaksinasi, antigen yang digunakan atau respon imun yang dihasilkan (Gaudreault & Richt 2019). Oleh karena itu, akhir-akhir ini telah dikembangkan vaksin dengan menggunakan delesi gen virulen. Secara percobaan vaksin delesi gen ini dapat diharapkan, namun masih memerlukan penelitian lebih lanjut (Murgia et al. 2019). Penelitian O'donnell et al. (2016) melaporkan delesi gen 9GL dan MGF 360/505 pada virus virulen ASF strain Georgia 2007 akan melemahkan virulensi ASF tersebut, namun bila dibuat vaksin tidak memberikan proteksi pada uji tantang. Kemudian dikembangkan vaksin delesi dari 8 gen di Eropa, masih memberikan hasil yang kurang memuaskan. Lebih lanjut di China, delesi dilakukan pada 11 gen virulen virus ASF, hasilnya masih dalam penelitian lebih lanjut (Sanchez-Vizcano, pers.com).

Biosekuriti

Tindakan biosekuriti yang ketat dapat membantu mencegah atau memperlambat penyebaran ASF, sehingga peternak, produsen dan dokter hewan harus mematuhi biosekuriti yang ketat. Prosedur standar masuk ke peternakan harus menggunakan sepatu dan baju kandang yang baru agar fomit yang menempel pada pakaian atau sepatu tidak terbawa ke tempat lain yang dapat menyebarkan infeksi ASF ke peternak lainnya. Kendaraan pengangkut babi harus didesinfeksi sebelum memasuki area peternakan.

Penerapan biosekuriti ini sangat membantu dalam mengurangi penyebaran infeksi ASF, namun di peternakan babi tradisional, penerapan biosekuriti ini sangat sulit dilakukan karena babi tidak dipelihara di kandang, tapi lebih banyak di lepas pada siang hari dan sore hari kembali ke kandang. Hal ini juga terungkap dalam laporan Dione et al. (2014) dan Nantima et al. (2015) yang menyatakan bahwa biosekuriti peternakan di Uganda dan negara Afrika lainnya sulit untuk diterapkan di peternakan babi rakyat, apalagi bila sistem pemeliharaannya ekstensif. Kondisi ini berbeda dengan industri peternakan babi skala besar, yang telah menerapkan biosekuriti yang ketat (Chenais et al. 2017; Penrith et al. 2013).

Penerapan biosekuriti pada peternak rakyat/tradisional di Indonesia juga sangat sulit diterapkan mengingat lebih dari 2 juta (25%) dari populasi babi merupakan peternak kecil yang dipelihara secara intensif atau semi ekstensif dimana babi dilepas pagi hari dan dikandangkan sore hari. Pada beberapa daerah tertentu babi yang sakit dilepas sehingga berkeliaran kemana-mana yang akhirnya

dapat menyebarkan penyakit ke babi disekitarnya dan atau daerah sekitarnya. Lebih lanjut, populasi babi liar di Indonesia masih sulit untuk diidentifikasi dan di monitoring serta sering berkeliaran ke rumah penduduk untuk mencari pakan yang kemungkinan kontak dengan babi rakyat sangat besar sehingga dapat menularkan penyakit ASF. Ditinjau dari aspek personal, peternak babi yang babinya sakit sering berinteraksi dengan peternak babi lainnya untuk berdiskusi masalah penyakit babi yang sedang dihadapinya. Oleh karena itu sosialisasi penyakit ASF melalui komunikasi, informasi dan edukasi (KIE) pada masyarakat tentang penyakit ASF, cara penularan dan pentingnya mencegah penularan ASF perlu dilakukan.

Peternak babi skala besar dan industri babi biasanya telah menerapkan sistem biosekuriti yang sangat ketat, terlebih saat adanya kasus ASF di Indonesia. Biosekuriti tersebut seperti melarang tamu, dokter hewan masuk ke peternakan, terlebih lagi setelah masuk ke peternakan lain. Penggunaan sepatu boot, pakaian terpisah, mendesinfeksi sepatu dan kendaraan diberlakukan pada pekerja kandang, sistem pengelompokan kandang babi berdasarkan umur dan kandang isolasi tersedia dan desinfeksi sepatu, gerobak dan peralatan lainnya saat masuk dan keluar kandang.

Pengolahan limbah

Pada kasus terjadinya wabah dalam satu peternakan, maka pengolahan limbah yang tepat perlu diterapkan agar penyebaran ASF dapat diminimalkan. Limbah tersebut antara lain sisa makanan, feses hewan, urin dan keranjang pengangkut babi. Demikian pula dengan sisa pakan, pelindung pribadi dan peralatan yang terkontaminasi, yang tidak dapat dibersihkan dan didesinfeksi. Tempat pakan, pakaian, sepatu boot dan keranjang babi serta kandang yang akan digunakan kembali dapat dilakukan dekontaminasi dengan menyemprotkan disinfektan seperti virkon atau larutan pemutih.

Lebih lanjut, *swill feeding* atau sisa makanan dan barang sitaan yang mengandung babi dari bandara, restoran atau pelabuhan yang berasal dari negara tertular, tidak boleh diberikan pada ternak babi, tetapi harus dimusnahkan di tempat sehingga tidak menyebar.

AFRICAN SWINE FEVER DI INDONESIA

Periode bulan September 2019, telah dilaporkan banyaknya babi sakit di Provinsi Sumatera Utara dengan gejala mirip dengan ASF. Kematian babi yang sangat besar hingga mencapai 40.000 ekor di peternakan tradisional/rakyat telah dilaporkan oleh Dinas Peternakan Provinsi Sumatera Utara, dengan gejala klinis seperti demam; *petechiae* di daerah

telinga, kaki bagian dalam, abdomen, anoreksia, tidak nafsu makan, lesu dan lemas dan berakhir dengan kematian. Hasil identifikasi BBLitvet yang dilakukan pada bulan November 2019 menunjukkan bahwa kematian babi disebabkan oleh virus ASF (Dharmayanti, pers com.). Pada bulan Desember 2019, Indonesia melalui Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia telah menyatakan wabah ASF pada beberapa kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Utara.

BAGAIMANA ASF DAPAT MASUK KE INDONESIA?

Jalur masuknya ASF seperti dilaporkan di Uni Eropa, terutama melalui truk pengangkut babi, *swill feeding* dari pesawat dan kapal laut (Mur et al. 2012), meskipun faktor lainnya seperti wisatawan, pengunjung dan pekerja asing dapat berperan (Satran et al. 2017). Beberapa kemungkinan ASF masuk ke Indonesia diantaranya melalui *swill feeding* dari pesawat asal negara tertular atau dari barang tentangan/sitaan penumpang yang tidak habis dimakan yang telah tercemar ASF dan dimanfaatkan oleh peternak sebagai pakan babi karena harganya relatif sangat murah dibandingkan pakan komersial seperti telah dijelaskan sebelumnya.

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara terhadap peternak di lapang, menunjukkan bahwa penggunaan *swill feeding* di Indonesia sering dilakukan oleh peternak babi tradisional karena biaya pakan yang murah, meskipun efektivitas pertumbuhan babi yang diberikan *swill feeding* ini tergolong lambat dan tidak efisien. Sebagian peternak langsung memberikan *swill feeding* ke ternak babi tanpa melakukan pengolahan seperti pemanasan. Selain sebagai pakan ternak, *swill feeding* juga memberikan insentif yang besar bagi pengumpul atau pengepul *swill feeding* karena mempunyai nilai jual dan peminat yang banyak.

Kemungkinan lain masuknya ASF di Indonesia adalah sisa makanan dari hotel yang dibawa oleh wisatawan dari negara tertular mengingat banyak sekali wisatawan dari negara tertular seperti China, Vietnam, Thailand yang berkunjung atau bekerja di Indonesia dan biasanya membawa makanan dari negara asal seperti sosis, ham, daging asap dan produk daging babi lainnya. Makanan sisa tersebut biasanya dibuang tanpa pengolahan lebih lanjut yang pada akhirnya sampai ke tangan pengumpul untuk dijual sebagai pakan ternak. Untuk itu peran karantina untuk menguji bahan makanan yang mengandung produk daging babi asal negara tertular sangat penting. Hasil penelitian yang dilakukan BBLitvet menunjukkan bahwa barang bawaan penumpang yang terdiri dari sosis daging babi atau daging asap asal negara tertular, terdeteksi virus ASF dengan uji PCR (Sendow. data tidak dipublikasikan).

Masuknya ASF melalui *fomit*, seperti sepatu wisatawan dari negara tertular yang pernah kontak dengan babi terinfeksi ASF juga merupakan salah satu jalur penularan penyakit. Negara Australia membuat peraturan bagi semua penumpang penerbangan untuk mendeklarasi barang bawaan makanan dan menanyakan pernah mengunjungi peternakan atau kontak dengan hewan. Cara ini cukup efektif untuk mencegah masuknya ASF ke negara tersebut, dengan sanksi hukum yang ketat.

Masuknya infeksi ASF dalam suatu peternakan maka menyebabkan penyebaran penyakit sangat cepat ke daerah lain dan sulit dicegah, kecuali dengan melakukan pemusnahan babi yang sakit dan dan babi lainnya yang pernah terpapar/kontak dengan babi sakit. Pemerintah perlu menyediakan dana kompensasi untuk pemusnahan babi terinfeksi sebelum penyakit meluas ke peternakan lainnya. Kurangnya wawasan dan pengetahuan peternak dan masyarakat, tentang penyakit ASF, gejala klinis, proses penyebaran dan cara penanganan penyakit, merupakan salah satu faktor menyebarnya penyakit ASF. Penularan dapat juga terjadi melalui alat angkut/truk dan keranjang babi yang terinfeksi tanpa melalui desinfeksi. Tanggapan pemerintah yang cepat melalui karantina yang ketat, penutupan terbatas lalu lintas babi, pengolahan *swill feeding* yang baik sangat diperlukan untuk mencegah penyebaran infeksi ASF ke daerah lain di Indonesia. Kerjasama lintas sektor termasuk otoritas bandara/ Kementerian Perhubungan, Kementerian Pertanian, Kementerian Pariwisata, pengusaha industri babi dan semua *stake holder* terkait.

KESIMPULAN

Penyakit ASF sebagai penyakit *notifiable diseases*, sangat ditakuti oleh peternak babi karena selain tingkat penularan dan kematiannya tinggi, juga dapat menghambat komoditas ekspor sehingga ikut berdampak pada perekonomian suatu negara. Penyakit ASF telah masuk ke Indonesia yang diduga melalui produk babi yang dibawa dari daerah negara tertular. Pemberantasan penyakit ASF di Indonesia sulit dilakukan karena telah menyebar, sedangkan penggunaan vaksin yang efektif dan aman masih belum tersedia. Untuk itu pemerintah dan semua *stake holder* terkait perlu berpartisipasi melalui penerapan biosekuriti yang ketat, menyediakan fasilitas diagnosis penyakit yang cepat dan akurat. Selain itu, perlu penguatan surveilans dan monitoring transportasi babi hidup dan produknya, pelarangan barang bawaan penumpang yang mengandung daging babi dari negara tertular dan melakukan advokasi bahaya penggunaan *swill feed* sebagai pakan ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abworo EO, Onzere C, Amimo JO, Riitho V, Mwangi W, Davies J, Blome S, Bishop RP. 2017. Detection of African swine fever virus in the tissues of asymptomatic pigs in smallholder farming systems along the Kenya-Uganda border: Implications for transmission in endemic areas and ASF surveillance in East Africa. *J General Virol.* 98:1806-1814.
- Alkhamis MA, Gallardo C, Jurado C, Soler A, Arias M, SaÁnchez-Vizcaño JM. 2018. Phylodynamics and evolutionary epidemiology of African swine fever p72-CVR genes in Eurasia and Africa. *PLoS ONE.* 13:e0192565.
- Balyshev VM, Vlasov ME, Imatdinov AR, Titov I, Morgunov S, Malogolovkin AS. 2018. Biological properties and molecular-genetic characteristics of African Swine Fever virus isolated in various regions of Russia in 2016–2017. *Russ Agric Sci.* 44:469-473.
- Beltran-Alcrudo DB, Falco JR, Raizman E, Dietze K. 2019. Transboundary spread of pig diseases: the role of international trade and travel. *BMC Vet Res.* 15:1-14.
- Beltrán-Alcrudo D, Arias M, Gallardo C, Kramer S, Penrith ML. 2017. African swine fever: detection and diagnosis – A manual for veterinarians. *FAO Animal Production and Health Manual No. 19.* Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Boinas FS, Wilson AJ, Hutchings GH, Martins C, Dixon LJ. 2011. The persistence of African Swine Fever Virus in field-infected *Ornithodoros erraticus* during the ASF endemic period in Portugal. *PLoS ONE.* 6:e20383.
- Cabezón O, Muñoz-González S, Colom-Cadena A, Pérez-Simó M, Rosell R, Lavín S, Marco I, Fraile L, de la Riva PM, Rodríguez F, Domínguez J, Ganges L. 2017. African swine fever virus infection in Classical swine fever subclinically infected wild boars. *BMC Vet Res.* 13:227.
- Chenais E, Sternberg-Lewerin S, Boqvist S, Liu L, LeBlanc N, Aliro T, Masembe C, Ståhl K. 2017. African swine fever outbreak on a medium-sized farm in Uganda: Biosecurity breaches and within-farm virus contamination. *Trop Anim Health Prod.* 49:337-346.
- Chenais E, Depner K, Guberti V, Dietze K, Viltrop A, Ståhl K. 2019. Epidemiological considerations on African swine fever in Europe 2014–2018. *Porc Heal Manag.* 5:1-10.
- Dione M, Ouma EA, Roesel K, Kungu J, Lule P, Pezo D. 2014. Participatory assessment of animal health and husbandry practices in smallholder pig production systems in three highpoverty districts in Uganda. *Preventive Vet Med.* 117:565-576.
- Dixon LK, Chapman DAG, Netherton CL, Upton C. 2013. African swine fever virus replication and genomics. *Virus Res.* 173:3-14.

- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018. African Swine Fever threatens people's Republic of China: A rapid risk assessment of ASF introduction [Internet]: [accessed 2nd December 2019]. Available from: <http://www.fao.org/3/I8805EN/i8805en.pdf>
- Gaudreault NN, Richt JA. 2019. Sub-unit vaccine approaches for African Swine Fever virus. *Vaccines*. 7:1-20.
- King K, Chapman D, Argilaguet JM, Fishbourne E, Hutet E, Cariolet R, Hutchings G, Oura CA, Netherton CL, Moffat K, Taylor G, Le Potier, MF, Dixon LK, Takamatsu HH. 2011. Protection of European domestic pigs from virulent African isolates of African swine fever virus by experimental immunisation. *Vaccine*. 29:4593-4600.
- Kipanyula MJ, Nong'ona SW. 2017. Variations in clinical presentation and anatomical distribution of gross lesions of African swine fever in domestic pigs in the southern highlands of Tanzania: a field experience. *Trop Anim Health Prod*. 49:303-310.
- Kolbasov DV, Balyshev VM, Sereda AD. 2014. Overall results of the development of African swine fever live vaccines. *Veterinariya*. 8:3-8.
- Malogolovkin A, Burmakina G, Titov I, Sereda A, Gogin A, Baryshnikova E, Kolbasov D. 2015. Comparative analysis of African swine fever virus genotypes and serogroups. *Emerg Infect Dis*. 21:312-315.
- Mazur-Panasiuk N, Woźniakowski G. 2019a. The unique genetic variation within the O174L gene of Polish strains of African swine fever virus facilitates tracking virus origin. *Arch Vir*. 164:1667-1672.
- Mazur-Panasiuk N, Żmudzki J, Woźniakowski G. 2019b. African swine fever virus – persistence in different environmental conditions and the possibility of its indirect transmission. *J Vet Res*. 63:303-310.
- Montgomery E. 1921. On a form of swine fever occurring in British East Africa (Kenya colony), *J Comparative Path Therapeu*. 24:159-191.
- Mulumba-Mfumu LK, Goatley LC, Saegerman C, Takamatsu HH, Dixon LK. 2016. Immunization of African indigenous pigs with attenuated genotype I African swine fever virus OURT88/3 induces protection against challenge with virulent strains of genotype I. *Transbound Emerg Dis*. 63:e323-7.
- Mur L, Atzeni M, Martinez-Lopez B, Feliziani F, Rolesu S, Sanchez-Vizcaino JM. 2016. Thirty-five-year presence of African Swine Fever in Sardinia: History, evolution and risk factors for disease maintenance. *Transbound Emerg Dis*. 63:e16577.
- Mur L, Martinez-Lopez B, Sanchez-Vizcaino JM. 2012. Risk of African swine fever introduction into the European Union through transport-associated routes: returning trucks and waste from international ships and planes. *BMC Vet. Res*. 8:1-12.
- Murgia MV, Mogler M, Certoma A, Green D, Monaghan P, Williams DT, Raymond R, Rowland R, Gaudreault NN. 2019. Evaluation of an African swine fever (ASF) vaccine strategy incorporating priming with an alphavirus-expressed antigen followed by boosting with attenuated ASF virus. *Arch Vir*. 164:359-370.
- Nantima N, Ocaido M, Ouma E, Davies J, Dione M, Okoth E, Mugisha A, Bishop R. 2015. Risk factors associated with occurrence of African swine fever outbreaks in smallholder pig farms in four districts along the Uganda-Kenya border, *Trop Anim Health Prod*. 47:589-595.
- Nefedeva MV, Titov IA, Mima KA, Malogolovkin AS. 2019. Analysis of the African Swine Fever virus immunomodulatory proteins. *Mol Gen Microbiol Vir*. 3:42-49.
- Nix RJ, Gallardo C, Hutchings G, Blanco E, Dixon LK. 2006. Molecular epidemiology of African swine fever virus studied by analysis of four variable genome regions. *Arch Virol*. 151:2475-2494.
- O'Donnell V, Holinka LG, Sanford B, Krug PW, Carlson J, Pacheco JM, Reese B, Risatti GR, Gladue DP, Borca MV. 2016. African swine fever virus Georgia isolate harboring deletions of 9GL and MGF360/505 genes is highly attenuated in swine but does not confer protection against parental virus challenge. *Virus Res*. 221:8-14.
- [OIE] Organizacion Internacional de Epizootias. 2017. WAHID database, Disease information [Internet]: [accessed 2nd December 2019]. Available from: http://web.oie.int/wahis/public.php?page=disease_immediate_summary.
- Olesen AS, Lohse L, Boklund A, Halasa T, Gallardo C, Pejsak Z, Belsham GJ, Rasmussen TB, Botner A. 2017. Transmission of African swine fever virus from infected pigs by direct contact and aerosol routes. *Vet Microbiol*. 211:92-102.
- Penrith ML, Vosloo W, Jori F, Basto AD. 2013. African swine fever virus eradication in Africa. *Virus Res*. 173:228-246.
- Reis AL, Abrams CC, Goatley LC, Netherton C, Chapman DG, Sanchez-Cordon P, Dixon LK. 2016. Deletion of African swine fever virus interferon inhibitors from the genome of a virulent isolate reduces virulence in domestic pigs and induces a protective response. *Vaccine*. 34:4698-4705.
- Rock DL. 2017. Challenges for African swine fever vaccine development—"perhaps the end of the beginning". *Vet Microbiol*. 206: 52-58.
- Rodriguez JM, Moreno LT, Alejo A, Lacasta A, Rodriguez F, Salas ML. 2015. Genome sequence of African swine fever virus BA71, the virulent parental strain of the nonpathogenic and tissue-culture adapted BA71V. *PLoS One*. 10:p.e0142889.
- Sanchez-Vizcano JM, Mur L, Gomez-Villamandos JC, Carrasco JL. 2015. An update on the epidemiology and pathology of African swine fever. *J Comp Pathol*. 15:9-21.

- Siamupa C, Saasa N, Phiri AM. 2017. Contribution of market value chain to the control of African swine fever in Zambia. *Trop Anim Health Prod.* 50:177-185.
- Titov I, Burmakina G, Morgunov Y, Morgunov S, Koltsov A, Malogolovkin A, Kolbasov D. 2017. Virulent strain of African swine fever virus eclipses its attenuated derivative after challenge. *Arch Virol.* 162:3081-3088.
- Zhao D, Liu R, Zhang X, Li F, Wang J, Zhang J, Liu X, Wang L, Zhang J, Wu X, Guan Y, Chen W, Wang X, He X, Bu Z. 2019. Replication and virulence in pigs of the first African swine fever virus isolated in China. *Emerging Microbes Infect.* 8:438-447.

Pemanfaatan Termografi Inframerah dalam *Monitoring* Status Fisiologi Reproduksi Ruminansia akibat Stres Panas

(The Application of Infrared Thermography in Monitoring Reproduction Physiology Status of Ruminant Due to Heat Stress)

Fitra Aji Pamungkas^{1,5}, BP Purwanto², W Manalu³, A Yani⁴ dan RG Sianturi⁵

¹*Program Studi Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor*

²*Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor, Bogor*

³*Departemen Anatomi Fisiologi dan Farmakologi, Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor*

⁴*Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor*

⁵*Balai Penelitian Ternak Ciawi, Bogor*

Kontributor utama: Fitra Aji Pamungkas; alamat email: fitrap@yahoo.com

(Diterima 10 Januari 2020 – Direvisi 28 Februari 2020 – Disetujui 3 Maret 2020)

ABSTRACT

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.

Key words: Thermography, infrared, physiology, reproduction, heat stress, ruminant

ABSTRAK

Penilaian parameter fisiologi reproduksi ruminansia sebagai akibat dari stres panas biasanya menggunakan metode invasif. Namun, metode ini kurang akurat karena bersifat subjektif, membutuhkan waktu dan tenaga, dan ada kekhawatiran tidak memperhatikan kesejahteraan ternak. Termografi inframerah menjadi salah satu solusi alternatif yang bisa digunakan. Termografi inframerah merupakan metode yang non-invasif, non-destruktif, dan aman digunakan untuk memperoleh gambaran profil termal dari suhu permukaan secara visual. Tulisan ini mengulas aplikasi pemanfaatan termografi inframerah dalam monitoring status fisiologis reproduksi ruminansia. Metode ini tidak memerlukan adanya kontak fisik dengan ternak dan memungkinkan visualisasi distribusi temperatur secara langsung sehingga dapat dijadikan acuan dalam pemahaman dan penilaian beberapa parameter pada ternak pada keadaan normal atau stres panas.

Kata kunci: Termografi, infrared, fisiologi, reproduksi, stres panas, ruminansia

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak pada garis khatulistiwa dengan iklim tropis yang mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan kemarau. Permasalahan yang sering terjadi di daerah tropis adalah kondisi yang seringkali kurang atau tidak nyaman bagi ternak. Suhu lingkungan di sekitar kandang yang tinggi terutama pada musim kemarau dapat menjadi pemicu terjadinya stres panas pada ternak.

Stres digambarkan sebagai efek kumulatif dari berbagai faktor yang berkaitan dengan kesehatan dan produktivitas ternak, atau juga digambarkan sebagai besarnya pengaruh luar terhadap tubuh yang cenderung

menurunkan sistem kerja tubuh (Silanikove 2000a). Ternak mengalami berbagai jenis stres baik fisik, nutrisi, kimia, psikologis dan stres panas.

Di antara berbagai jenis stres, stres panas merupakan stres yang paling sering terjadi saat ini dikarenakan faktor iklim yang terus berubah (Silanikove & Koluman 2015) dan menjadi salah satu pemicu stres terutama di daerah tropis dan subtropis (Nardone et al. 2010). Stres panas merupakan ketidaknyamanan yang dirasakan dan perubahan kondisi fisiologis yang terkait dengan paparan lingkungan yang panas dan ekstrim (Gupta et al. 2013).

Stres panas mempengaruhi fungsi ovarium dan perkembangan embrionik sehingga terjadi penurunan fertilitas (Gupta et al. 2013). Stres panas mengganggu

kemampuan tubuh ternak untuk memproses protein dan energi yang dihasilkan sehingga terjadi penurunan pertumbuhan, reproduksi, produksi dan kesehatan ternak (Gupta et al. 2013).

Respon homeostatis yang secara umum terjadi akibat stres panas pada kambing termasuk peningkatan laju respirasi, suhu tubuh dan konsumsi air dan penurunan asupan pakan (Gupta et al. 2013; Caulfield et al. 2014). Selain itu, stres panas mengurangi kuantitas dan kualitas produksi susu, menurunkan kekebalan tubuh sehingga lebih rentan terhadap penyakit, bahkan dapat menyebabkan kematian (Bernabucci et al. 2009; Pragna et al. 2017).

Penilaian respon fisiologis dan reproduksi ternak ruminansia terhadap stres panas umumnya menggunakan metode invasif seperti laju pernapasan, denyut jantung, suhu rektal, hematologis dan biokimia darah. Namun, metode ini menunjukkan hasil yang kurang akurat dikarenakan respon anxiogenik (berkaitan dengan penyebab kecemasan) dari prosedur itu sendiri sehingga menyulitkan dalam hal menginterpretasikan hasil (Stewart et al. 2008; Soerensen & Pedersen 2015).

Metode invasif ini juga bersifat subjektif, membutuhkan waktu dan tenaga dalam penentuan suatu parameter produksi pada ternak dan ada kekhawatiran tidak memperhatikan kesejahteraan ternak (Blokhuis et al. 2013). Oleh karena itu, tulisan ini akan mengulas salah satu solusi alternatif yang dapat digunakan dalam penilaian atau monitoring parameter fisiologis dan reproduksi ternak ruminansia melalui penggunaan termografi inframerah dimana dengan metode ini tidak diperlukan adanya kontak fisik dengan ternak dan memungkinkan visualisasi distribusi temperatur secara langsung sehingga dapat dijadikan acuan dalam pemahaman dan penilaian beberapa parameter pada ternak.

RESPON FISIOLOGIS RUMINANSIA TERHADAP STRES PANAS

Parameter fisiologis seperti pernapasan, denyut jantung dan suhu rektal memberikan respon terhadap stres panas, terlihat dari ketidaknyamanan pada ternak (Helal et al. 2010). Perubahan fisiologis termasuk respon endokrin (sekresi hormon tyroid dan adrenalin) dan respon selular (biokimia dan ekspresi gen) yang terjadi sering digunakan sebagai indeks kemampuan adaptasi terhadap cekaman panas pada ruminansia (Adedeji 2012; Sharma et al. 2013). Suhu tubuh dan laju pernapasan yang meningkat merupakan indikator paling penting terjadinya stres panas pada kambing (Alam et al. 2011).

Frekuensi pernapasan

Frekuensi pernapasan bisa selalu berubah dan secara tidak langsung dipengaruhi oleh aktivitas ternak (metabolisme dan gerak otot) maupun kondisi lingkungan (Silanikove 2000b). Frekuensi pernapasan per menit meningkat akibat peningkatan suhu lingkungan karena terjadi mekanisme pengaturan panas tubuh yang menyebabkan peningkatan dalam pertukaran pernapasan (Phulia et al. 2010). Perubahan metabolisme dan aktivitas otot pada ternak juga menyebabkan perubahan denyut jantung dan frekuensi pernapasan. Frekuensi pernapasan diukur dengan menghitung tarikan napas per menit dari jarak 4-5 m tanpa mengganggu ternak (Shilja et al. 2015) atau dari jarak yang tidak terhalang (Adedeji 2012). Penilaian tingkat stres seekor ternak berdasarkan pada frekuensi pernapasan (kali/menit) yaitu rendah: 40–60, sedang: 60–80, tinggi: 80–120, serta parah: diatas 150 pada sapi dan diatas 200 pada domba, merupakan metode yang paling mudah untuk mengevaluasi dampak stres panas pada ternak di bawah kondisi ekstrim (Silanikove 2000a).

Penelitian tentang meningkatnya frekuensi pernapasan akibat stres panas telah dilaporkan pada kambing Dwarf di Nigeria bagian selatan sebesar 23 kali/menit (Okoruwa 2014). Sebelumnya, Okoruwa et al. (2013) menyatakan bahwa frekuensi pernapasan sangat praktis dalam pengukuran stres panas dan melaporkan bahwa frekuensi pernapasan di atas 20 kali/menit pada domba maupun kambing sudah mengindikasikan ternak dalam kondisi stres panas. Peningkatan frekuensi pernapasan mengindikasikan sebagai upaya ternak untuk mempertahankan suhu tubuh normalnya dengan meningkatkan pembuangan panas melalui peningkatan frekuensi pernapasan (Hamzaoui et al. 2013).

Denyut jantung

Denyut jantung adalah detak jantung yang teratur ketika darah dipompa melalui arteri ke hati (Osakew et al. 2017). Denyut jantung dapat berubah dengan cepat karena aktivitas biologis ternak atau faktor eksternal seperti suhu lingkungan. Paparan panas menunjukkan denyut jantung yang lebih tinggi dari 74 hingga 91 denyut/menit pada kambing (Okoruwa 2014; Alam et al. 2011). Peningkatan denyut jantung dalam kondisi stres panas menyebabkan peningkatan aliran darah ke permukaan tubuh untuk memberikan kesempatan agar lebih banyak panas yang hilang melalui konduksi, konvensi dan radiasi, serta difusi air dari kulit (Adedeji 2012). Peningkatan denyut jantung disebabkan oleh dua hal yaitu ¹⁾ peningkatan aktivitas otot dalam mengendalikan laju pernapasan dan ²⁾ pengurangan resistensi perifer vaskular dan arteri (Sarangi 2018).

Suhu rektal

Suhu rektal merupakan suhu tubuh yang dapat digunakan dalam mengukur toleransi panas pada ternak termasuk proses penambahan dan kehilangan panas tubuh. Suhu rektal dianggap sebagai indeks dari suhu tubuh meskipun adanya variasi suhu di beberapa bagian tubuh ternak pada waktu yang berbeda dalam satu hari (Sarangi 2018). Suhu rektal merupakan indikator keseimbangan termal yang dapat digunakan untuk menilai kehilangan panas akibat peningkatan suhu lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan, laktasi, dan reproduksi ternak (West 1999).

Paparan panas di siang hari hingga mencapai suhu 33°C dengan kelembaban 59,98% dan *temperature humidity index* 83,97 menghasilkan respon suhu rektal yang berbeda antara kambing yang dikandangkan dengan kambing yang digembalakan dari pukul 13.00 hingga 18.00 yaitu berturut-turut sebesar 37,98 dan 41,02°C (Okoruwa 2014). Helal et al. (2010) melaporkan penilaian *temperature humidity index* kedalam 4 kategori yaitu status normal: ≤ 74 , peringatan: 75-78, bahaya 79-83, serta gawat: ≥ 84 , sehingga *temperature humidity index* dan suhu rektal dapat dijadikan indikator untuk mengetahui tingkat stres panas pada ternak.

Hematologis dan biokimia darah

Profil darah ternak sensitif terhadap perubahan suhu lingkungan dan merupakan indikator penting respon fisiologis terhadap stres (Okoruwa 2014). Penentuan parameter darah sangat penting untuk mengetahui efek dari stres panas. Stres panas pada ternak terlihat dari perubahan beberapa parameter hematologi, yaitu sel darah merah, sel darah putih, hemoglobin, limfosit, neutrofil, eosinofil, monosit, granulosit dan pH darah. Ternak yang terkena stres panas menunjukkan peningkatan jumlah sel darah merah, hemoglobin, neutrofil, eosinofil, limfosit dan monosit.

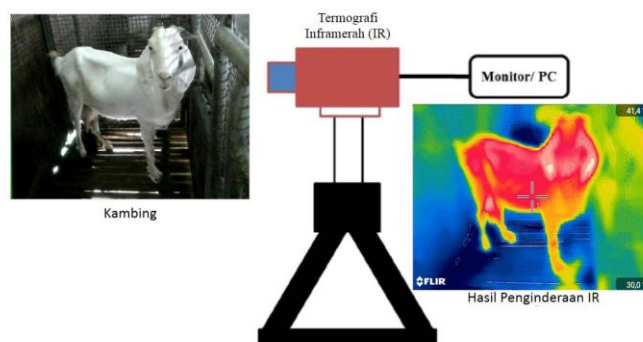
Neutrofil merupakan pelindung utama tubuh terhadap infeksi dan antigen, jumlah sel neutrofil yang tinggi dapat mengindikasikan infeksi aktif. Limfosit berperan dalam memberikan perlindungan tubuh dari infeksi virus, jumlah sel limfosit yang tinggi mengindikasikan sistem kekebalan tubuh yang menurun. Begitupula sel monosit merupakan sel terbesar dalam aliran darah yang berperan dalam pertahanan tubuh untuk melawan infeksi akut. Peningkatan kadar hemoglobin dan sel darah merah terjadi untuk mengatasi sirkulasi oksigen saat ternak terengah-engah atau dikarenakan meningkatnya serangan radikal bebas pada membran sel darah merah dan berkurangnya asupan pakan akibat stres panas (Srikandakumar et al. 2003; Alam et al. 2011; Okurawa 2014). Regulator metabolik berperan penting

dalam menjelaskan gambaran mekanisme fisiologis dan menentukan enzim yang mengatur berbagai reaksi metabolisme yang terjadi baik pada plasma maupun serum selama kondisi stres (Gupta et al. 2013). Konsentrasi enzim mencerminkan kegiatan metabolisme selama ternak dalam kondisi stres. Stres panas mengurangi aktivitas *alkaline phosphatase* dan *lactate dehydrogenase* pada kambing, dimana penurunan enzim ini disebabkan oleh penurunan aktivitas tiroid sebagai respon aklimasi terhadap peningkatan panas untuk mengurangi stres panas.

Penurunan fungsi tiroid selama stres panas dikarenakan efek panas pada sumbu hipofisis hipotalamus menyebabkan penurunan hormon pelepasan thyrotropin sehingga ternak mengurangi metabolisme tubuh dan produksi panas (West 2003; Helal et al. 2010). Fungsi hati tergantung pada kombinasi berbagai aktivitas enzimatis yang terjadi di dalam sel hati. Enzim *aspartate transaminase* dan *alanine aminotransferase* merupakan enzim yang sebagian besar terdapat di hati dan digunakan sebagai indikator yang berguna untuk menunjukkan integritas hepatosit, dimana gangguan maupun penyakit pada hati dapat terdeteksi (Singh 2013). Dalam kondisi normal, enzim tersebut dalam darah relatif rendah, namun ketika kondisi hati menurun atau mengalami kerusakan, hati akan melepaskan enzim tersebut ke dalam aliran darah sehingga konsentrasinya meningkat, begitupula selama stress panas pada kambing (Sharma & Kataria 2011).

TERMOGRAFI INFRAMERAH: SOLUSI MONITORING STATUS FISIOLOGI RUMINANSIA

Termografi inframerah merupakan metode pengukuran parameter fisiologi reproduksi yang bersifat non-invasif, non-destruktif dan aman digunakan untuk memperoleh gambaran profil termal dari suhu permukaan tubuh secara visual. Termografi inframerah mampu memonitor perubahan suhu dan inframerah yang berdampak pada status fisiologi yang berhubungan dengan reproduksi. Hasil penginderaan dari termografi inframerah seperti terlihat pada Gambar 1. Sistem kamera termal akan mengukur intensitas inframerah yang dipancarkan oleh permukaan kulit ternak dan mengubahnya menjadi sinyal elektromagnetik, selanjutnya diproses dan ditampilkan dalam bentuk peta termal yang menunjukkan distribusi suhu dimana setiap warna mengekspresikan secara spesifik kisaran suhu pada permukaan kulit dan berkorelasi dengan status fisiologi ternak (Alsaad et al. 2014; Knizkova et al. 2007). Keuntungan besar metode ini adalah tidak diperlukannya kontak fisik dengan objek yang diamati sehingga memungkinkan pembacaan jarak jauh dari distribusi temperatur yang lebih luas (Usamentiaga et al. 2014; Tattersall 2016).



Gambar 1. Prinsip hasil penginderaan menggunakan termografi inframerah

PRINSIP KERJA TERMOGRAFI INFRAMERAH

Setiap benda menghasilkan radiasi panas berupa inframerah yang berasal dari spektrum cahaya, yang intensitas dan distribusi spektrumnya bergantung pada suhu dan sifat radiasi di bagian permukaan benda tersebut. Radiasi adalah suatu bentuk kehilangan panas melalui sinar inframerah yang melibatkan perpindahan panas dari satu objek ke objek lainnya tanpa adanya kontak fisik. Setiap benda memancarkan radiasi inframerah sebagai salah satu karakteristik fungsi tubuhnya dikarenakan pergerakan internal molekul secara mekanis. Sejak pergerakan molekuler merefleksikan perpindahan muatan, dan radiasi elektromagnetik dalam bentuk partikel foton yang dipancarkan. Foton ini bergerak dengan kecepatan cahaya dan bekerja seperti prinsip pada optik (bisa dibelokkan, fokus pada lensa, atau dipantulkan), dengan panjang gelombang radiasinya berkisar antara 0,7-1.000 μm . Spektrum elektromagnetik yang digunakan dalam pengukuran termografi inframerah terutama pada gelombang sedang (3-5 μm) dan panjang (8-14 μm), di mana radiasi maksimum bergerak ke arah panjang gelombang yang lebih pendek pada saat suhu suatu benda naik (Kastberger & Stachl 2003).

Radiasi yang diukur oleh kamera tidak hanya bergantung pada suhu objek, tetapi juga fungsi emisivitasnya, suhu yang dipantulkan, jarak antara objek dan kamera, serta kelembaban relatif (Knizkova et al. 2007). Menurut Bagavathiappan et al. (2013), beberapa parameter yang harus dipertimbangkan dalam penggunaan termografi inframerah untuk menghasilkan gambar termal yang tajam dan akurat ialah *spectral range*, *spatial resolution*, *temperature resolution*, *temperature range*, dan *frame rate*.

Spectral range didefinisikan sebagai bagian dari spektrum inframerah yang beroperasi ketika kamera inframerah pada posisi aktif. Ketika suhu suatu benda meningkat, radiasi termal yang dipancarkan oleh objek lebih banyak dalam panjang gelombang yang lebih

pendek. Untuk mengamati objek pada suhu lingkungan dengan sistem panjang gelombang (8-14 μm), suhu termal pada tubuh akan memancar dan pengukuran tidak terpengaruh oleh radiasi matahari sehingga berlaku untuk pengukuran di lapangan, sedangkan sistem gelombang pendek (2-5 μm) lebih banyak digunakan pada kondisi cuaca mendung atau pada malam hari (Jadin & Taib 2012).

Spatial resolution didefinisikan sebagai kemampuan kamera untuk membedakan antara dua benda dalam bidang pandang. Resolusi spasial yang lebih baik akan menghasilkan kualitas gambar yang superior. Resolusi spasial inframerah terutama bergantung pada jarak objek ke kamera, sistem lensa, dan ukuran detektor. Resolusi spasial menurun dengan meningkatnya jarak objek ke kamera. Sistem lensa dengan bidang pandang kecil memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi. Selain itu, detektor dengan jumlah elemen *array* yang lebih besar akan menghasilkan thermal gambar dengan resolusi spasial yang lebih baik.

Temperature resolution didefinisikan sebagai perbedaan suhu terkecil di bidang pandang yang dapat diukur oleh kamera inframerah. Hal ini bergantung pada beberapa parameter eksperimental, seperti suhu objek, suhu lingkungan, jarak objek ke kamera, dan filter.

Temperature range menandakan nilai suhu minimum dan maksimum yang dapat diukur menggunakan kamera inframerah. Besaran temperatur yang umum digunakan berada dalam kisaran 20-500°C. Jangkauan dapat diperpanjang hingga 1700°C dengan menggunakan berbagai filter.

Frame rate didefinisikan sebagai jumlah *frame* yang diperoleh kamera inframerah per detik. Kamera dengan *frame rate* lebih tinggi pada umumnya lebih baik untuk memantau objek bergerak.

Dalam pengukuran termografi inframerah perlu juga diperhatikan beberapa faktor yang dapat mengurangi keakuratan pengukuran, seperti prosedur,

kondisi teknis dan lingkungan. Faktor prosedur dapat diminimalkan dengan penggunaan alat termografi inframerah yang berkualitas, pengetahuan tentang objek yang diamati dan kondisi eksperimental. Faktor teknis dapat diminimalisir dengan pengaturan emisivitas objek dan jarak kamera ke objek (Jadin & Taib 2012). Sementara itu, faktor kondisi lingkungan dapat diminimalisir dengan peningkatan suhu udara yang lebih tinggi dari objek yang diamati, aliran angin, dan radiasi matahari (Titman 2001; Barreira & Freitas 2007).

Selain itu, koefisien emisivitas objek merupakan faktor yang menjadi perhatian khusus dalam penggunaan termografi inframerah. Ferreira et al. (2011) melaporkan bahwa koefisien emisivitas suhu kulit pada ternak adalah sebesar 0,94 untuk bagian tubuh yang berbulu dan 0,95 untuk bagian tubuh yang tanpa bulu, dan nilai tersebut masih berada dalam kisaran nilai emisivitas untuk materi biologis. Selain itu, beberapa penelitian pada ternak yang berbulu menggunakan nilai emisivitas sebesar 0,95 (Alsaad et al. 2014; Paim et al. 2012) dan 0,98 (Talukder et al. 2014; Lees et al. 2017).

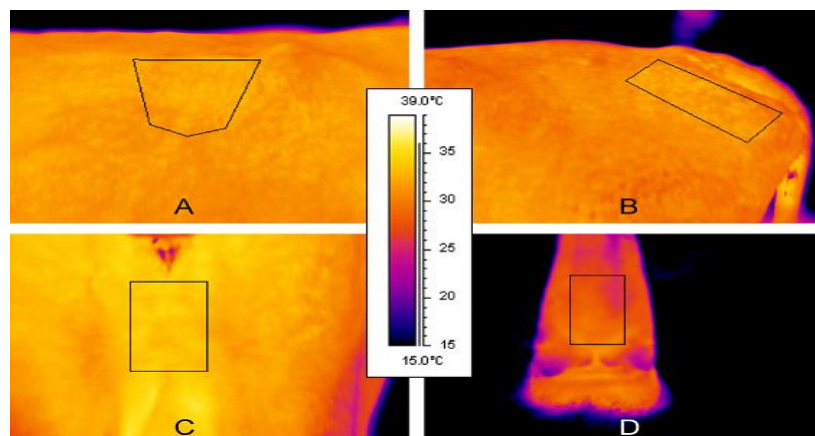
APLIKASI TERMOGRAFI INFRAMERAH DALAM MONITORING STATUS FISILOGI REPRODUKSI RUMINANSIA

Termografi inframerah dapat digunakan untuk mengevaluasi kemampuan adaptasi dan toleransi ternak terhadap panas. Beberapa penelitian terkait aplikasi penggunaan termografi inframerah dalam *monitoring* status fisiologi ternak seperti terlihat pada Tabel 1. Stewart et al. (2007) telah melakukan penelitian untuk melihat kemungkinan perubahan suhu pada mata yang diukur menggunakan alat termografi inframerah untuk mendeteksi stres sapi perah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian *adrenocorticotrophic hormone*

(ACTH), *bovine corticotrophin-releasing hormone* (bCRH) dan epinephrine untuk stimulasi *hypothalamic–pituitary–adrenal* (HPA) yang berperan sebagai respons fisiologis utama terhadap stres tidak berpengaruh terhadap peningkatan suhu pada mata yang diukur menggunakan termografi inframerah.

Montanholi et al. (2008) melaporkan bahwa termografi inframerah (Gambar 2) dapat diaplikasikan untuk menilai produksi panas dan metana, melalui analisis suhu pada kaki dan perbedaannya antara kaki bagian kiri dan kanan. Selain itu, teknologi ini juga berguna untuk menilai respons fisiologis terhadap pemberian pakan dan proses pemerahan. Produksi panas memiliki fluktuasi lebih dari 30% mulai dari 1200 W pada pukul 09.00 hingga lebih dari 1.600 W pada pukul 15.20. Berbeda halnya dengan produksi metana, dimana peningkatan produksi metana terjadi 10-20 menit setelah pemberian pakan yaitu sebesar 347-410 mL/menit, namun selanjutnya mengalami penurunan. Korelasi sebesar 0,58-0,88 diperoleh antara suhu permukaan kulit dan produksi panas. Suhu kaki depan sangat berkorelasi dengan produksi panas (kiri: 0,83; kanan: 0,88). Suhu pada tubuh bagian belakang kiri dan kanan dan bokong memiliki korelasi yang lebih rendah dengan produksi panas dibandingkan dengan suhu kaki. Mayoritas hasil penginderaan IR tidak menunjukkan korelasi yang signifikan dengan CH₄, kecuali pada bagian tubuh kiri dan kanan yang menunjukkan korelasi 0,53.

Studi tentang metabolisme energi telah menunjukkan bahwa produksi daging sapi akan lebih efisien dengan kehilangan panas (Castro Bulle et al. 2007) dan produksi metana (Hegarty et al. 2007) yang lebih rendah. Penelitian oleh Montanholi et al. (2009) pada sapi potong persilangan dengan bobot tubuh 311,9±59,2 kg menunjukkan bahwa hasil penginderaan termografi inframerah pada bagian kaki dan muka menjadi indikator yang paling tepat untuk menilai efisiensi pakan pada sapi potong secara tidak langsung.

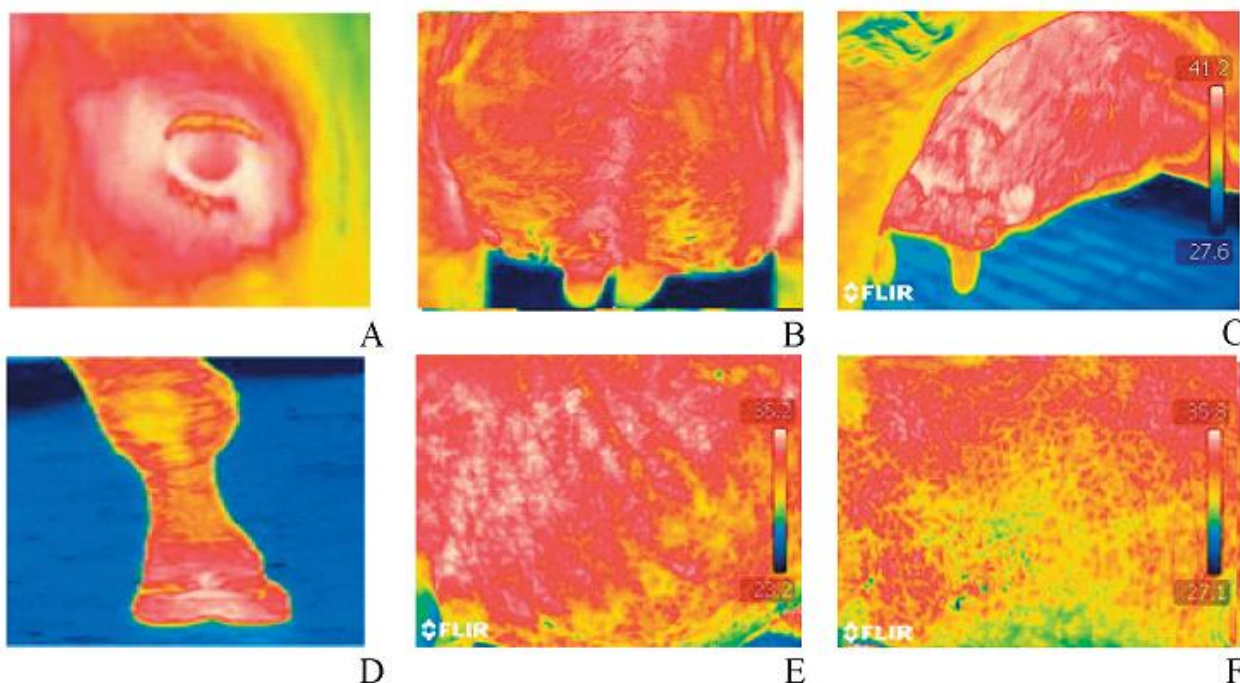


Gambar 2. Hasil penginderaan termografi inframerah pada berbagai wilayah tubuh sapi perah (A), bokong (B), area belakang (C) dan kaki (D). Sumber: Montanholi et al. (2008)

Rataan penginderaan termografi inframerah pada bagian kaki dan muka berturut-turut sebesar 29,64 dan 29,02°C, dengan rata-rata asupan bahan kering dan pertambahan bobot badan harian berturut-turut sebesar 9,57 kg bahan kering per hari dan 1,93 kg/hari. Korelasi kontribusi relatif hasil penginderaan termografi inframerah terhadap efisiensi pakan menunjukkan bahwa termografi inframerah pada bagian kaki dan muka berturut-turut sebesar 43 dan 31%, lebih besar dibandingkan bagian rusuk (18%), mata (6%), area belakang (1%) dan skrotum (1%).

Paim et al. (2012) melaporkan bahwa kondisi lingkungan memiliki pengaruh yang besar terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup domba, termasuk efisiensi sistem produksi. Terdapat korelasi antara termografi inframerah dengan radiasi matahari, kecepatan angin dan indeks suhu termal yang nyaman bagi ternak, yaitu sebesar 0,70. Sedangkan kelembaban udara berkorelasi negatif (-0,99) dengan kecepatan angin dan kelembaban, menunjukkan bahwa peningkatan suhu disertai dengan penurunan kelembaban begitu pula sebaliknya. Disimpulkan oleh Paim et al. (2012) bahwa hasil penginderaan termografi inframerah di bagian hidung, leher dan bokong secara umum merupakan indikator yang baik untuk menentukan kondisi nyaman bagi ternak.

Hoffmann et al. (2016) melaporkan penggunaan termografi inframerah untuk memantau suhu tubuh anak sapi. Hasil penginderaan termografi inframerah diambil pada tiga area yaitu kepala, tubuh dan area keseluruhan tubuh ternak. Rataan suhu maksimum di area seluruh tubuh ($37,66 \pm 0,90^\circ\text{C}$) dan area kepala ($37,64 \pm 0,86^\circ\text{C}$) selalu lebih tinggi daripada area tubuh ($36,75 \pm 1,06^\circ\text{C}$). Namun, suhu maksimum yang diukur menggunakan termografi inframerah meningkat dengan peningkatan suhu rektal. Begitu pula Daltro et al. (2017) telah melakukan penelitian pada sapi perah yang bertujuan untuk menentukan apakah termografi inframerah dapat digunakan dalam memberikan rekomendasi terkait pengukuran stres panas pada ternak serta menentukan area tubuh ternak yang dapat digunakan dalam pengukuran tersebut seperti terlihat pada Gambar 3. Indeks kelembaban merupakan indikator kenyamanan lingkungan yang paling akurat dalam hubungannya dengan pengukuran termografi inframerah. Korelasi positif ditemukan antara parameter fisiologis dengan termografi inframerah, dimana korelasi positif tertinggi (0,74) ditemukan antara suhu di wilayah lateral suhu ambing dan dubur. Posisi area tubuh terbaik untuk mengidentifikasi stres panas pada sapi menggunakan termografi inframerah adalah daerah lateral ambing (Daltro et al. 2017).



Gambar 3. Hasil penginderaan termografi inframerah pada berbagai wilayah tubuh sapi perah; mata (A), posterior ambing (B), lateral ambing (C), kaki depan kanan (D), area tubuh bagian kiri (E), dan area tubuh bagian kanan (F). Sumber: Daltro et al. (2017)

Tabel 1. Aplikasi termografi inframerah dalam *monitoring* status fisiologi ruminansia

Ternak	Jumlah ternak (ekor)	Posisi	Model alat	Resolusi gambar (piksel)	Jarak ^{*)} (m)	Sumber referensi
Sapi perah	6	Mata	FLIR S60	320 x 240	0,5-1	Stewart et al. (2007)
Sapi perah	4	Punggung, bokong, dan kaki	FLIR SC2000	320 x 240	1,5	Montanholi et al. (2008)
Sapi potong	154	Mata, muka, punggung, bokong, skrotum, dan kaki	FLIR SC2000	320 x 240	1,5	Montanholi et al. (2009)
Domba	126	Bokong, dada, dan perut	FLIR i3	60 x 60	-	Paim et al. (2012)
Sapi perah	9	Muka, telinga, dan badan	OPTRIS PI450	382 x 288	1,5	Hoffmann & Schmidt (2015)
Sapi perah	38	Mata, ambing, kaki, dan badan	FLIR T300	-	1,5	Daltro et al. (2017)

*) jarak alat termografi inframerah ke objek

Tabel 2. Aplikasi termografi inframerah dalam *monitoring* status reproduksi ternak

Ternak	Jumlah ternak (ekor)	Posisi	Model alat	Resolusi gambar (piksel)	Jarak ^{*)} (m)	Sumber referensi
Domba	6	Badan	-	-	-	Ramires et al. (2011)
Sapi perah	20	Vulva	FLIR T620	640 x 480	1	Talukder et al. (2014)
Domba	12	Skrotum	FLIR T300	-	1	Cruz Junior et al. (2015)
Sapi potong	70	Skrotum dan mata	FLIR T300	320 x 240	7	Menegassi et al. (2015)

*) jarak alat termografi inframerah ke objek

Gambaran termografi inframerah juga dapat menunjukkan perubahan aliran darah akibat peningkatan suhu tubuh yang berhubungan dengan stres akibat kondisi lingkungan. Suhu yang spesifik pada beberapa bagian tubuh ternak, seperti mata, leher, hidung, tulang rusuk, pinggul, perut, paha, ambing dan kaki, yang diperoleh menggunakan termografi inframerah telah digunakan untuk memprediksi parameter fisiologis dan stres pada ternak (Montanholi et al. 2008; Luzi et al. 2013; Soerensen et al. 2014; Weschenfelder et al. 2014). Penentuan suhu tubuh menggunakan termografi inframerah pada ternak yang akan disembelih juga dapat dijadikan teknik untuk memprediksi variasi sifat kualitas daging yang penting (Weschenfelder et al. 2013).

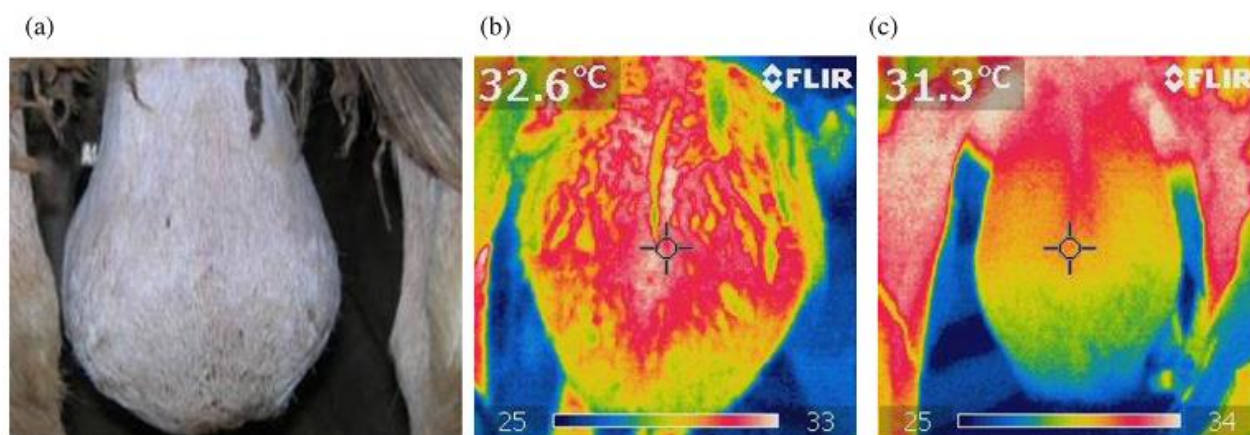
Berkaitan dengan penggunaan hasil penginderaan termografi inframerah terhadap kaitannya dalam status reproduksi ternak juga telah dilaporkan oleh beberapa peneliti seperti terlihat pada Tabel 2. Aliran darah di daerah skrotum berkontribusi pada termoregulasi dikarenakan peningkatan suhu lingkungan dan memfasilitasi kehilangan panas melalui radiasi (Brito et al. 2004). Termografi inframerah digunakan untuk mengevaluasi efek perubahan musim pada kualitas semen melalui penilaian suhu di daerah skrotum dan pengaruhnya pada aspek fisik/kuantitatif (Menegassi et al. 2015). Pengukuran panas yang dipancarkan oleh skrotum menggunakan gambaran termal inframerah juga merupakan alat yang efektif dalam karakterisasi suhu permukaan skrotum pada domba (Ramires et al. 2011).

Penelitian oleh Ramires et al. (2011) pada domba yang berada dalam naungan dan tempat yang terpapar sinar matahari secara langsung menunjukkan perbedaan hanya pada frekuensi pernapasan, dan tidak berbeda pada denyut jantung, suhu rektal, dan suhu permukaan skrotum di daerah testis dan epididimis. Adanya efisiensi termoregulasi pada skrotum dapat mengontrol

suhu tubuh meskipun ternak berada pada kondisi lingkungan yang tidak nyaman.

Pemanfaatan termografi inframerah pada skrotum dilaporkan oleh Cruz Junior et al. (2015). Pada Gambar 1a terlihat bahwa skrotum domba mengalami pembengkakan setelah di insulasi menggunakan kantong selama 7 hari. Selanjutnya pada Gambar 1b terlihat skrotum yang mengalami luka di minggu ke-1 setelah insulasi, sedangkan skrotum kembali pada kondisi normal di minggu ke-11 setelah insulasi (Gambar 1c). Setelah kantong termal dilepas, terjadi degenerasi skrotum dan penurunan panas yang dipancarkan oleh skrotum hingga minggu ke-1 setelah insulasi yang semula sebesar 31-36 °C menjadi 19-28 °C, lalu selanjutnya pemulihan suhu skrotum terjadi pada minggu ke-3 setelah insulasi. Konsentrasi dan motilitas spermatozoa mengalami penurunan bahkan terjadi azoospermia hingga ke-4 setelah insulasi dan kembali normal pada minggu ke-8 setelah insulasi (Cruz Junior et al. 2015).

Dalam deteksi estrus sapi, penggunaan termografi dapat meningkatkan kebuntingan pada sapi dengan kondisi estrus yang *silent heat*, karena suhu meningkat secara signifikan tiga hari sebelum ovulasi. Penggunaan termografi inframerah mampu mendeteksi sapi estrus yang ditandai dengan terjadinya ovulasi sebesar 73%, lebih tinggi dibandingkan pengamatan visual (67%) dan penggunaan Estroject sebagai alat deteksi estrus (67%). Penurunan suhu di bagian vulva (36,5 menjadi 35,5°C) dan hidung (35,3 menjadi 33,5°C) yang terjadi 48 jam sebelum ovulasi dapat dikaitkan dengan korpus luteum yang mengalami regresi, sedangkan peningkatan suhu di bagian vulva (35,5 menjadi 36,8°C) dan hidung (33,5 menjadi 34,5°C) yang terjadi pada 24 jam sebelum ovulasi menunjukkan ternak dalam kondisi estrus (Talukder et al. 2014).



Gambar 4. Skrotum dalam kondisi bengkak (a) dan hasil penginderaan termografi inframerah pada skrotum yang mengalami luka (b) dan normal (c). Sumber: Cruz Junior et al. (2015)

Pengaruh musim pada suhu testis dilaporkan oleh Menegassi et al. (2015). Hasil penginderaan termografi inframerah pada suhu testis sapi lebih tinggi di musim gugur (4,5°C), musim dingin (4,0°C), dan musim semi (2,9°C) dibandingkan dengan musim panas (0,9°C). Suhu termografi inframerah di bagian mata lebih rendah pada musim dingin (27,6°C) dan musim gugur (26,8°C) dibandingkan dengan musim panas (33,9°C) dan musim semi (31,1°C). Rataan gerakan massa (2,58), motilitas (52,64), dan viabilitas (2,70) semen menurun di musim panas dibandingkan dengan musim lainnya. Suhu testis berkorelasi negatif dengan *Temperature Humidity Index* (-0,44), sehingga dapat disimpulkan bahwa termografi inframerah dapat digunakan untuk menilai suhu testis, kualitas dan kuantitas spermatozoa.

POTENSI PENGEMBANGAN TERMOGRAFI INFRAMERAH DI INDONESIA

Penginderaan termografi inframerah di Indonesia telah banyak digunakan dalam berbagai studi terutama tentang limbah berbahaya atau kandungan logam berat (Sulma et al. 2014), elektronik (Kusmantoro & Sukmanta 2013), industri (Widodo 2009), gedung (Syahputra 2010), dan kedokteran (Heriana & Rahman 2011; Poerbaningtyas 2018). Kaitan penerapannya di bidang peternakan masih terbatas pada desain kepadatan ayam broiler pada kandang sistem tertutup (Yani et al. 2014), sedangkan pada ternak ruminansia belum dilaporkan.

Penerapan termografi inframerah di luar negeri telah banyak digunakan dalam bidang kedokteran hewan terutama untuk tujuan diagnostik, bahkan di bidang peternakan baik termoregulasi, proses pemerahan, kesejahteraan hewan, serta fisiologi dan reproduksi ternak seperti yang diulas dalam tulisan ini. Termografi inframerah direkomendasikan untuk digunakan dalam bidang peternakan di Indonesia sebagai metode yang dapat menghasilkan informasi penting untuk menggantikan teknik diagnostik konvensional yang selama ini dilakukan.

KESIMPULAN

Termografi inframerah merupakan solusi alternatif menggantikan metode invasif yang selama ini digunakan dalam penilaian parameter fisiologi reproduksi ruminansia terutama yang disebabkan oleh stres panas yang terjadi pada ternak ruminansia. Termografi inframerah merupakan salah satu metode non-invasif, non-destruktif, dan aman digunakan untuk memperoleh gambaran profil termal dari suhu permukaan kulit

ternak secara visual. Beberapa penelitian menunjukkan adanya korelasi antara hasil penginderaan termografi inframerah pada bagian beberapa bagian tubuh ternak dengan parameter invasif, sehingga metode ini dapat diaplikasikan dan dijadikan acuan dalam *monitoring* status fisiologi reproduksi ternak ruminansia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adedeji TA. 2012. Effect of some qualitative traits and nongenetic factors on heat tolerance attributes of extensively reared West African Dwarf (WAD) goats. *Inter J Appl Agric Apicul Res.* 8:68-81.
- Alam MM, Hashem MA, Rahman MM, Hossain MM, Haque MR, Sobhan Z. 2011. Effect of heat stress on behavior, physiological and blood parameters of goat. *Prog Agric.* 22:37-45.
- Alsaad M, Syring C, Dietrich J, Doherr MG, Gujan T, Steiner AA. 2014. A field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool for early detection of digital dermatitis in dairy cows. *Vet J.* 199:281-285.
- Bagavathiappan S, Lahiri BB, Saravanan T, Philip J, Jayakumar T. 2013. Infrared thermography for condition monitoring – A review. *Infrared Physics Technol.* 60:35-55.
- Barreira E, Freitas VPD. 2007. Evaluation of building materials using infrared thermography. *Construct Build Mat.* 21:218-224.
- Bernabucci U, Lacetera N, Baumgard LH, Rhoads RP, Ronchi B, Nardone A. 2009. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Int Symp Ruminant Physiol.* 4:1167-1183.
- Blokhuis H, Miele M, Veissier I, Jones B. 2013. Improving farm animal welfare: Science and society working together: The Welfare Quality approach. Wageningen (Belanda): Wageningen Academic Publishers The Netherlands. p. 71-89.
- Brito LFC, Silva AEDF, Barbosa RT, Kastelic JP. 2004. Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. *Theriogenology.* 61:511-528.
- Castro Bulle FCP, Paulino PV, Sanches AC, Sainz RD. 2007. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. *J Anim Sci.* 85:928-936.
- Caulfield MP, Cambridge H, Foster SF, Mc Greevy PD. 2014. Review: Heat stress: a major contributor to poor animal welfare associated with long-haul live export voyages. *Vet J.* 199:223-228.

- Cruz Junior CA, Lucci CM, Peripolli V, Silva AF, Menezes AM, Morais SRL, Araujo MS, Ribeiro LMCS, Mattos RC, McManus C. 2015. Effects of testicle insulation on seminal traits in rams: preliminary study. *Small Rumin Res.* 130:157-165.
- Daltro DS, Fischer V, Alfonso EPM, Dalcin VC, Stumpf MT, Kolling GJ, da Silva MVGB, McManus C. 2017. Infrared thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows. *R Bras Zootec.* 46:374-383.
- Ferreira VMOS, Francisco NS, Belloni M, Aguirre GMZ, Caldara FR, Naas IA, Garcia RG, Almeida Paz ICL, Polycarp GV. 2011. Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities. *Braz J Poult Sci.* 13:113-118.
- Gupta M, Kumar S, Dangi SS, Jangir BL. 2013. Physiological, biochemical and molecular responses to thermal stress in goats. *Int J Livest Res.* 3:27-38.
- Hamzaoui S, Salama AAK, Albanell E, Such X, Caja G. 2013. Physiological responses and lactational performances of late-lactation dairy goats under heat stress conditions. *J Dairy Sci.* 96:6355-6365.
- Hegarty RS, Goopy JP, Herd RM, McCorkell B. 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *J Anim Sci.* 85:1479-1487.
- Helal A, Hashem ALS, Abdel - Fattah MS, El - Shaer HM. 2010. Effects of heat stress on coat characteristics and physiological responses of Balady and Damascus goats in Sinai, Egypt. *Am Euras J Agric Environ Sci.* 7:60-69.
- Heriana O, Rahman AN. 2011. Segmentasi berbasis warna pada citra termografi kanker payudara menggunakan ruang warna $L^*a^*b^*$. *J Elektronika.* 1:66-71.
- Hoffmann G, Schmidt M. 2015. Monitoring the body temperature of cows and calves with a video-based infrared thermography camera. In: Halachmi I, editor. *Precision livestock farming applications*. Wageningen (Belanda): Wageningen Academic Publishers The Netherlands. p 231-238.
- Hoffmann G, Schmidt M, Ammon C. 2016. First investigations to refine video-based IR thermography as a non-invasive tool to monitor the body temperature of calves. *Animal.* 10:1542-1546.
- Jadin MS, Taib S. 2012. Recent progress in diagnosing the reliability of electrical equipment by using infrared thermography. *Infrared Phys Technol.* 55:236-245.
- Kastberger G, Stachl R. 2003. Infrared imaging technology and biological applications. *Behav Res Methods Instr Comp.* 35:429-439.
- Knizkova I, Kunc P, Gurdil GAK, Pinar Y, Selvi KC. 2007. Applications of infrared thermography in animal production. *J Fac Agric.* 22:329-336.
- Kusmantoro A, Sukamta S. 2013. Pemeriksaan kondisi peralatan mekanikal dan elektrik gedung menggunakan metode infrared thermography. *J Teknik Elektro.* 5:6-11.
- Lees AM, Lees JC, Sejian V, Wallage AL, Gaughan JB. 2017. Short communication: using infrared thermography as an in situ measure of core body temperature in lot-fed Angus steers. *Int J Biometeorol.* 62:3-8.
- Luzi F, Mitchell M, Nanni Costa L, Redaelli V. 2013. Thermography: Current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine. Brescia (Italia): Brescia Foundation.
- Menegassi SRO, Barcellos JOJ, Dias EA, Koetz C, Pereira GR, Peripolli V, Mcmanus C, Canozzi MEA, Lopes FG. 2015. Scrotal infrared digital thermography as a predictor of seasonal effects on sperm traits in Braford bulls. *Int J Biometeorol.* 59:357-364.
- Montanholi YR, Nicholas EO, Kendall CS, Schenkel FS, McBride BW, Miller SP. 2008. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). *J Therm Biol.* 33:468-475.
- Montanholi YR, Swanson KC, Schenkel FS, McBride BW, Caldwell TR, Miller SP. 2009. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. *Livest Sci.* 125:22-30.
- Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri MS, Bernabucci U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest Sci.* 130:57-69.
- Okoruwa MI, Adewumi MK, Igene FU. 2013. Thermophysiological responses of West African dwarf (WAD) bucks fed *Pennisetum purpureum* and unripe plantain peels. *Nigeria J Anim Sci.* 15:168-178.
- Okoruwa MI. 2014. Effect of heat stress on thermoregulatory, live body weight and physiological responses of dwarf goats in Southern Nigeria. *Eur Sci J.* 10:255-264.
- Osakew RAO, Akpan VA, Babalola MT. 2017. Comparative study of the symptoms of impending human heart, kidney and liver failures based on blood samples. *Int J Chinese Medic.* 1:32-44.

- Paim TP, Borges BO, Lima PMT. 2012. Relation between thermographic temperatures of lambs and thermal comfort indices. *Int J Appl Anim Sci.* 1:108-115.
- Phulia SK, Upadhyay RC, Jindal SK, Misra RP. 2010. Alteration in surface body temperature and physiological responses in Sirohi goats during day time in summer season. *Indian J Anim Sci.* 80:340-342.
- Poerbaningtyas E. 2018. Penerapan tranformasi ruang warna yuv dan wavelet dalam meningkatkan intensitas pixel pada analisa citra panas payudara. *J Informatika Merdeka Pasuruan.* 3:80-87.
- Pragna P, Archana PR, Aleena J, Sejian V, Krishnan G, Bagath M, Manimaran A, Beena V, Kurien EK, Varma G, Bhatta R. 2017. Heat stress and dairy cow: Impact on both milk yield and composition. *Int J Dairy Sci.* 12:1-11.
- Ramires NC, Rodello L, Bicudo SD. 2011. Scrotal thermography in prepubertal ovines submitted to heat stress. *Veterinária e Zootecnia.* 18:1017-1019.
- Sarangi S. 2018. Adaptability of goats to heat stress: A review. *The Pharma Innovation J.* 7:1114-1126.
- Sharma AK, Kataria N. 2011. Effect of extreme hot climate on liver and serum enzymes in Marwari goats. *Indian J Anim Sci.* 81:293-295.
- Sharma S, Ramesh K, Hyder I, Uniyal S, Yadav VP, Panda RP. 2013. Effect of melatonin administration on thyroid hormones, cortisol and expression profile of heat shock proteins in goats (*Capra hircus*) exposed to heat stress. *Small Rumin Res.* 112:216-223.
- Shilja S, Sejian V, Bagath M, Mech A, David CG, Kurien EK. 2015. Adaptive capability as indicated by behavioral and physiological responses, plasma HSP70 level, and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors. *Int. J Biometeorol.* 60:1311-1323.
- Silanikove N. 2000a. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livest Prod Sci.* 67:1-18.
- Silanikove N. 2000b. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. *Small Rumin Res.* 35:181-193.
- Silanikove N, Koluman N. 2015. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming. *Small Rumin Res.* 123:27-34.
- Singh K. 2013. Evaluation and interpretation of biomarkers of liver diseases. *Int J Res Health Sci.* 1:213-223.
- Soerensen DD, Clausen S, Mercer JB, Pedersen LJ. 2014. Determining the emissivity of pig skin for accurate infrared thermography. *Comput Electron Agric.* 109:52-58.
- Soerensen DD, Pedersen LJ. 2015. Infrared skin temperature measurements for monitoring health in pigs: a review. *Acta Vet Scand.* 57:1-11.
- Srikandakumar A, Johnson EH, Mahgoub O. 2003. Effect of heat stress on respiratory rate, rectal temperature and blood chemistry in Omani and Australian Merino Sheep. *Small Rumin Res.* 49:193-198.
- Stewart M, Webster JR, Verkerk GA, Schaefer AL, Colyn JJ, Stafford KJ. 2007. Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. *Physiol Behav.* 92:520-525.
- Stewart M, Stafford KJ, Dowling SK. 2008. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiol Behav.* 93:789-797.
- Sulma S, Pasaribu JM, Haryani NS. 2014. Deteksi daerah tercemar lumpur asam menggunakan data landsat 7 ETM berdasarkan suhu permukaan tanah. *J Penginderaan Jauh.* 11:76-87.
- Syahputra R. 2010. Aplikasi deteksi tepi citra termografi untuk pendeteksian keretakan permukaan material. *Forum Teknik.* 33:18-26.
- Talukder S, Kerrisk KL, Ingenhoff L, Thomson PC, Garcia SC, Celi P. 2014. Infrared technology for estrus detection and as a predictor of time of ovulation in dairy cows in a pasture-based system. *Theriogenology.* 81:925-935.
- Tattersall GJ. 2016. Infrared thermography: A non-invasive window into 2 thermal physiology. *Comp Biochemist Physiol Part A: Molec Integr Physiology.* 202:78-98.
- Titman DJ. 2001. Applications of thermography in non-destructive testing of structures. *NDT & E Int.* 34:149-154.
- Usamentiaga R, Venegas P, Guerediaga J, Vega L, Molleda J, Bulnes FG. 2014. Infrared thermography for temperature measurement and non-destructive testing. *Sensors.* 14:12305-12348.
- Weschenfelder AV, Saucier L, Maldague X, Rocha LM, Schaefer AL, Faucitano L. 2013. Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation. *Meat Sci.* 95:616-620.
- Weschenfelder AV, Maldague X, Rocha LM, Schaefer AL, Saucier L, Faucitano L. 2014. The use of infra-red thermography for pork quality prediction. *Meat Sci.* 96:120-125.

- West JW. 1999. Nutritional strategies for managing the heat stressed dairy cow. *J Anim Sci*. 77:21-35.
- West JW. 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *J Dairy Sci*. 86:2131-2144.
- Widodo A. 2009. Pencarian informasi citra digital termografi dengan metode pengenalan pola untuk pemantauan kondisi mesin. *Rotasi*. 11:17-20.
- Yani A, Suhardiyanto H, Erizal, Purwanto BP. 2014. Design of stocking density of broilers for closed house in wet tropical climates. *Media Peternakan*. 37:17-23.

Teknologi Pengolahan Wafer Pakan untuk Meningkatkan Produksi dan Efisiensi Pakan

(Processing Technology of Feed Wafer to Increase Feed Production and Efficiency)

Yuli Retnani¹, NN Barkah¹, A Saenab² dan Taryati¹

¹Departemen Ilmu Nutrisi dan Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kontributor utama: Yuli Retnani; alamat email: yuli.retnani@yahoo.com

(Diterima 26 Februari 2020 – Direvisi 8 Maret 2020 – Disetujui 12 Maret 2020)

ABSTRACT

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.

Key words: Block, cube, heating, pressing, wafer, feed

ABSTRAK

Pakan merupakan salah satu faktor penentu produktivitas ternak, sehingga ketersediaan pakan dengan kualitas baik merupakan persyaratan untuk pengembangan ternak di suatu wilayah. Di daerah tropis, penyediaan hijauan sebagai pakan krusial untuk ternak ruminansia terkendala akibat musim yang fluktuatif. Begitu pula dengan ketersediaan limbah pertanian sebagai alternatif sumber bahan pakan mengalami kendala yang sama, mudah rusak, dan *bulky* (voluminous). Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan pakan agar tahan lama, mudah disimpan, mudah diberikan untuk ternak dan tersedia sepanjang tahun. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah memanfaatkan teknologi pembuatan wafer. Informasi mengenai teknologi pembuatan wafer pakan ternak di Indonesia masih terbatas. Paper ini mengulas sejumlah riset yang membahas tentang perkembangan teknologi pengolahan wafer, jenis-jenis wafer, komponen utama penyusun wafer, proses pembuatan wafer, reaksi yang terjadi selama pembuatan wafer, kualitas nutrisi berbagai wafer pakan, serta hasil-hasil penelitian tentang penggunaan wafer pakan untuk ternak. Wafer merupakan pakan yang diproses menggunakan panas dan tekanan, sehingga terbentuk produk yang padat, kompak, dan mempunyai densitas tinggi. Teknologi wafer pakan merupakan modifikasi dari pakan berbentuk *cube* dan blok. Wafer terbagi menjadi wafer pakan, wafer suplemen pakan, dan wafer pakan komplit. Wafer pakan dapat digunakan sebagai pengganti konsentrat. Wafer suplemen pakan mengandung energi dan protein tinggi. Wafer pakan komplit mengandung energi, protein, serat, dan mineral lengkap yang sudah disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi harian ternak. Teknologi pengolahan wafer pakan dapat menjadi salah satu strategi untuk menyediakan pakan dengan komposisi nutrisi yang konstan di sepanjang musim dan dapat meningkatkan produksi dan efisiensi pakan.

Kata kunci: Blok, *cube*, *heating*, *pressing*, wafer, pakan

PENDAHULUAN

Pakan merupakan salah satu faktor penentu produktivitas ternak, sehingga ketersediaan pakan

dengan kualitas baik merupakan persyaratan untuk pengembangan ternak di suatu wilayah. Masalah utama yang dihadapi peternak di daerah tropis adalah pemberian pakan dengan kandungan nutrisi yang tepat

selama pakan terbatas yang mengakibatkan kualitas nutrisi yang diberikan untuk ternak juga tidak sesuai dengan kebutuhan.

Strategi pemenuhan pakan dalam rangka memenuhi ketersediaan pakan sepanjang musim telah dilakukan dengan cara melakukan suplementasi nutrisi maupun dengan pengolahan untuk membuat pakan tahan lama. Suplementasi nutrisi dapat dilakukan dengan pemanfaatan legum sebagai sumber protein dan penyediaan mineral jilat atau lebih dikenal dengan urea molases blok (Els et al. 2015). Adapun metode pengolahan untuk membuat pakan tahan lama dapat dilakukan (secara fisik, kimia dan biologis), seperti mengolah hijauan menjadi *hay* dan silase (Singh et al. 2016a), amoniasi jerami padi, dan penyediaan pakan komplit sebagai salah satu cara terbaik untuk mengeksplorasi potensi sumber pakan ternak (Beigh et al. 2017). Penerapan teknologi pengolahan pakan dapat digunakan untuk menghasilkan pakan ternak ruminansia yang awet, mudah ditangani, mudah didistribusikan, mudah diberikan pada ternak, dan tersedia sepanjang musim (Retnani et al. 2013). Implementasi pemberian pakan yang sesuai dan teknologi pengolahan pakan yang tepat dapat memungkinkan peternak untuk memanfaatkan sumber daya secara lebih efektif, sehingga menghasilkan performa ternak yang lebih baik (Karangiya et al. 2016). Beberapa teknologi rekayasa pengolahan pakan untuk ternak ruminansia yang saat ini telah berkembang adalah dengan mengubah bentuk pakan *mash* menjadi bentuk pellet, *cube*, blok, dan wafer pakan.

Pakan *mash* adalah bentuk pakan padat paling sederhana yang dapat diproduksi. Pakan *mash* ini terbuat dari campuran bahan yang telah digiling yang dicampur dalam proporsi tertentu sesuai dengan kebutuhan nutrisi ternak. Tidak ada perlakuan panas atau pemadatan tambahan yang dilakukan pada pakan, sehingga pengeluaran energi untuk menyiapkan pakan lebih rendah dibandingkan pakan lain yang mengalami rekayasa pengolahan, seperti pellet, *cube*, blok, dan wafer. Namun, di sisi lain segregasi atau pemisahan bahan baku sering terjadi karena transportasi dan penanganan yang dapat mengganggu kualitas nutrisi pakan (Ortiz et al. 2016). Selain itu, pakan dalam bentuk *mash* juga mudah tercecer dan berdebu.

Pakan pellet merupakan bentuk pakan yang telah mengalami aglomerasi akibat masuknya campuran pakan melalui *die* akibat adanya proses mekanik. Pellet adalah operasi pembuatan pakan yang paling umum yang sudah lama dikembangkan. Proses pembuatan pellet pakan mengalami penggilingan, pencampuran, *preconditioning* (biasanya dengan proses *steaming*), pencetakan menjadi pellet, dan pendinginan (Abdollahi et al. 2013). Banyaknya proses yang dilalui untuk membuat pellet diantaranya pengeluaran energi untuk

menyiapkan pakan menjadi lebih tinggi, sehingga dapat menaikkan biaya pakan. Selain itu, bahan pakan dengan kandungan serat yang tinggi akan mengalami kesulitan saat dibentuk menjadi pellet yang biasanya menyebabkan penyumbatan pada bagian *die*, sehingga bentuk pellet ini sulit digunakan untuk mengawetkan pakan berbasis hijauan yang tinggi serat.

Pakan *cube*, blok, dan wafer mempunyai bentuk yang sama yaitu berbentuk kubus, namun mempunyai ukuran dan proses pengolahan yang sedikit berbeda. Pembuatan pakan *cube* melalui proses pengeringan, penggilingan, dan dicetak menjadi *cube*. Proses pencetakan menjadi *cube* dilakukan dengan memampatkan pakan, sehingga pakan menjadi lebih padat. Proses pemampatan ini mengurangi kesempatan ternak untuk memilah antara bagian daun dan batang, sehingga pakan berbentuk *cube* ini mampu menyediakan pakan yang lebih seragam.

Pakan komplit dalam bentuk blok adalah pakan yang mempunyai kepadatan tinggi yang terdiri dari hijauan, konsentrat, dan nutrisi tambahan lainnya dalam proporsi yang diinginkan yang mampu memenuhi kebutuhan nutrisi hewan (Singh et al. 2016a). Pembuatan pakan blok dengan memanfaatkan bahan baku pakan lokal, sehingga lebih murah dan lebih mudah dalam distribusi karena jarak antara tempat pemrosesan dan peternakan lebih dekat, memiliki keunggulan kompetitif dibandingkan dengan pakan komersial yang diproduksi dalam skala industri yang besar karena lebih efisien dalam produksi, biaya transportasi yang lebih rendah, dan lebih mudah dalam penyimpanan, dan dapat mengurangi biaya operasi, terutama tenaga kerja (Sunarso et al. 2011). Selain itu, pengolahan pakan menjadi blok juga dapat memanfaatkan bahan pakan yang kurang palatable, sehingga dapat dikonsumsi oleh ternak. Namun demikian, pakan dalam bentuk blok ini mempunyai ukuran yang besar yang menyebabkan perlunya proses pemotongan atau penghancuran terlebih dahulu untuk memudahkan ternak mengkonsumsinya, sehingga pakan dalam bentuk ini dianggap kurang praktis.

Pakan wafer merupakan pakan yang diolah menggunakan pemanasan (*heating*) dan tekanan (*pressing*), sehingga terbentuk produk yang padat, kompak, dan mempunyai densitas tinggi. Pakan wafer dibuat melalui proses pengeringan, penggilingan, pencampuran, dan pencetakan. Pencetakan wafer dilakukan menggunakan suhu pemanasan 95-120°C selama 10 hingga 15 menit. Adanya proses pemanasan ini menyebabkan terjadinya beberapa reaksi yang dapat meningkatkan palatabilitas ternak. Pakan wafer mempunyai ukuran panjang dan lebar 5 x 5 cm dengan ketebalan yang bisa disesuaikan, sehingga dapat diberikan langsung untuk ternak. Teknologi pengolahan wafer pakan juga memiliki potensi untuk

menyediakan pakan lengkap bagi ternak dalam situasi darurat akibat bencana alam.

Perbedaan bentuk pakan *mash*, pellet, dan blok dengan kandungan nutrisi yang sama dapat mempengaruhi konsumsi pakan dan pencernaan nutrisi, pola fermentasi pakan di dalam rumen, bobot badan, dan rasio konversi pakan (Karimizadeh et al. 2017), mempengaruhi retensi mineral kalsium dan fosfor (Verma et al. 1996), pencernaan bahan kering dan bahan organik, protein kasar, NDF, dan ADF menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara pakan komplit berbentuk blok, mash, dan pellet (Samanta et al. 2003). Adapun pemberian suplemen wafer pakan mengandung daun lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dapat meningkatkan konsumsi bahan kering, bobot badan, efisiensi pakan, dan *income over feed cost* (IOFC) dibandingkan dengan domba yang diberi suplemen dalam bentuk mash dan pellet (Argadyasto 2015).

Selama ini, teknologi pengolahan wafer pakan belum banyak dikembangkan, sehingga informasi mengenai wafer pakan masih terbatas. Oleh karena itu, makalah ini menguraikan teknologi pengolahan wafer pakan, komponen utama penyusun wafer, proses pembuatan wafer, reaksi yang terjadi selama pembuatan wafer, serta riset tentang penggunaan wafer pakan untuk ternak.

TEKNOLOGI PENGOLAHAN WAFER PAKAN

Teknologi pengolahan wafer pakan merupakan salah satu teknologi pengolahan pakan dengan memanfaatkan proses pemanasan (*heating*) dan penekanan (*pressing*), sehingga terbentuk produk yang padat, kompak, dan mempunyai densitas tinggi. Wafer pakan dibuat dengan memanfaatkan pompa hidrolik untuk menggerakkan plat besi panas. Proses pembuatan wafer terjadi pada suhu 95 sampai 120°C selama 10 hingga 15 menit. Proses pemanasan dalam pembuatan wafer pakan berbeda dengan proses pemanasan dalam pembuatan pellet. Hal ini disebabkan karena dalam proses pembuatan pellet terdapat proses *conditioning* yang berpengaruh besar terhadap kualitas nutrisi pellet yang dihasilkan. Selain itu, pellet terbentuk dari adanya aglomerasi pakan melewati *die*, sehingga dihasilkan pellet berbentuk silindris dengan ukuran diameter dan panjang tertentu. Pada prinsipnya proses pengolahan pakan dengan memanfaatkan pemanasan ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan stabilitas pakan, mengubah karakteristik fisik dan kimia bahan bakunya, dan memperbaiki nutrisi pakan, sehingga dapat bermanfaat dalam proses pencernaan dan status mikroba dari saluran pencernaan (Abdollahi et al. 2013).

Proses pengolahan pakan menjadi bentuk mash, pellet, dan wafer secara umum tidak banyak mengubah kandungan nutrisi pakan. Namun, adanya proses

pemanasan dapat menyebabkan denaturasi protein, sehingga menurunkan ketersediaan biologis protein pakan (Abraha et al. 2018). Kandungan protein dan serat kasar pada pakan bentuk pellet mengalami penurunan yang paling tinggi dibandingkan pakan bentuk mash dan wafer (Ardianto 2017). Pakan komplit bentuk wafer dengan dimensi 5 x 5 x 3 cm pada proses pembuatannya terdapat bagian yang tidak terkena panas, sehingga tidak banyak mengalami degradasi nutrisi. Adapun dalam proses pembuatan pellet menghasilkan produk dengan ukuran yang lebih kecil yang memungkinkan seluruh bagian terkena panas, sehingga degradasi protein dan serat kasar lebih tinggi dibandingkan wafer (Argadyasto et al. 2015). Adanya proses pemanasan juga seperti proses pelleting dan ekstrusi dapat meningkatkan ketersediaan pati akibat adanya proses gelatinisasi sehingga dapat meningkatkan tingkat fermentasi di dalam rumen (Bertipaglia et al. 2010). Selain itu, proses pemanasan dalam pembuatan pellet dan wafer juga dapat mereduksi kandungan mimosin sebanyak 34 dan 33% dalam suplemen pakan mengandung daun lamtoro (Argadyasto 2015). Hal ini disebabkan karena terjadinya degradasi mimosin menjadi 3-hidroksi-4 (1H)-piridon. Budi et al. (2006) melaporkan bahwa laju degradasi mimosin menjadi 3-hidroksi-4 (1H)-piridon optimal pada suhu 70°C.

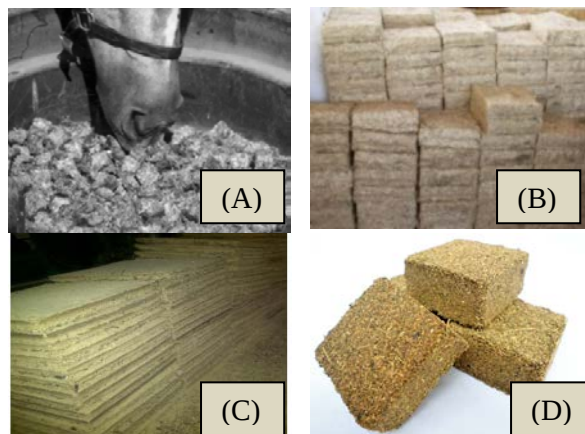
Secara umum, pembuatan *cube* dapat dilakukan dengan proses dehidrasi untuk menghilangkan kandungan air atau dengan proses pemanasan di bawah matahari (*sun-cured*) yang dilanjutkan dengan proses penggilingan dan pencetakan (Coleman & Lawrence 2000). Menurut Stewart (2018), komponen penyusun *cube* bisa berasal dari satu atau kombinasi beberapa hijauan yang dipanen pada awal pertumbuhan, digiling, dicampur dengan *binder*, dan dicetak menjadi *cube*. Pakan berbentuk *cube* mempunyai ukuran kubus 3,2 x 3,2 x 6 cm (Hadjipanayiotou & Economides 1999). Pakan dalam bentuk *cube* ini mampu meningkatkan konsumsi pakan dan menurunkan kemungkinan ternak untuk memilah bagian daun dan batang, sehingga bagian batang yang biasanya kurang disukai masih tetap dikonsumsi ternak. Pakan berbentuk *cube* mempunyai ukuran lebih kecil dibandingkan *hay*, sehingga lebih mudah dikonsumsi oleh kuda dan konsumsinya akan berlebihan jika pemberian tidak dibatasi atau tidak dikombinasikan dengan pemberian hijauan dalam bentuk lain (Coleman & Lawrence 2000; Stewart 2018). Pembuatan pakan berbentuk blok dilakukan melalui proses penggilingan, pencampuran, dan pencetakan. Komposisi pakan berbentuk blok terdiri dari hijauan, konsentrat, dan nutrisi tambahan lainnya dalam proporsi yang diinginkan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ternak (Karimizadeh et al. 2017). Pakan dalam bentuk blok mempunyai rata-rata ukuran 10 x 20 x 20 cm (Verma et al. 1996) dan ada

juga yang membuat dalam ukuran 21 x 21 cm dengan ketebalan yang bervariasi antara 9 hingga 14 cm (Santhiralingam & Sinniah 2018).

Wafer pakan sebagai modifikasi dari pakan berbentuk *cube* dan blok mengkombinasikan kelebihan dari kedua jenis pakan tersebut dan memperbaiki kekurangannya. Dalam proses pencetakan wafer pakan terjadi pemanasan (*heating*) dan penekanan (*pressing*), sehingga pakan yang dihasilkan mempunyai densitas yang tinggi. Ukuran wafer bergantung pada cetakan mesin yang digunakan. Ukuran wafer bervariasi, ada yang mempunyai ukuran 37 x 24 cm atau 47 x 35 cm dan wafer ukuran jumbo berukuran 70 x 35 cm (Manley 2000). Adapun wafer yang dibuat oleh Retnani et al. (2010a; 2010b; 2013; 2014a; 2014b; dan 2016) mempunyai ukuran panjang dan lebar 5 x 5 cm dengan ketebalan yang bisa diatur sesuai yang diinginkan. Perbedaan antara bentuk fisik *cube*, blok, dan wafer pakan dapat dilihat di Gambar 1. *Cube* mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan wafer pakan, sehingga proses *chewing* dan ruminasi oleh ternaknya akan berbeda. Menurut Coleman & Lawrence (2000), alfalfa dalam bentuk *cube* mengakibatkan kuda mengkonsumsi pakan lebih banyak dibandingkan alfalfa *hay*, sehingga meningkatkan kebutuhan biaya pakan. Pakan berbentuk blok mempunyai ukuran yang besar yang menyebabkan pemberian pakan blok kurang praktis, sehingga perlu dihancurkan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi oleh ternak. Proses pemampatan pakan menjadi bentuk *cube*, blok, dan wafer dapat meningkatkan aktivitas pengunyahan (*chewing*) dibandingkan pada pakan *mash* dan pellet (Karimizadeh et al. 2017).

Komponen penyusun wafer disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi ternak. Nutrien yang masuk ke dalam tubuh ternak secara berturut-turut akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok, pertumbuhan, produksi, dan reproduksi. Adapun wafer yang dibuat untuk mengawetkan pakan untuk digunakan sebagai cadangan saat terjadi bencana biasanya mengandung jerami yang sangat tinggi dan dicampur dengan molases, premix, urea, dan garam untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok ternak (Singh et al. 2016b). Berdasarkan kebutuhan nutrisi ternak dan tujuan pembuatan wafer, wafer terdiri dari wafer pakan, wafer suplemen pakan, dan wafer pakan komplit. Wafer pakan mengandung protein dan energi yang disesuaikan untuk menunjang kebutuhan hidup pokok dan pertumbuhan ternak. Namun, wafer pakan tidak mengandung serat kasar yang tinggi, sehingga pemberiannya perlu disertai dengan pemberian hijauan. Wafer suplemen pakan mengandung protein tinggi mencapai 30%. Wafer suplemen pakan diberikan pada ternak yang membutuhkan kualitas nutrisi yang lebih tinggi, khususnya untuk menunjang kebutuhan nutrisi untuk produksi dan reproduksi. Pemberian wafer

suplemen pakan harus dibarengi dengan pemberian hijauan maupun konsentrat lain, sehingga efektivitasnya untuk memperbaiki produksi dan reproduksi semakin terlihat. Adapun wafer pakan komplit merupakan campuran kuantitatif dari semua bahan pakan yang terdiri dari sumber protein, sumber energi, dan serat serta vitamin dan mineral yang diformulasikan dalam proporsi yang diinginkan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi spesifik, dan dicampur untuk mencegah pemisahan dan seleksi, serta diberikan sebagai satu-satunya sumber nutrisi untuk ternak.



(A): alfalfa cubes (Coleman & Lawrence 2000); (B) blok pakan komplit (Dam 2015); (C): wafer komplit kulit buah kakao (Daud et al. 2013); (D): wafer pakan (dokumentasi pribadi)

Gambar 1. Perbandingan antara bentuk *cube*, blok, dan wafer pakan

MANFAAT TEKNOLOGI PENGOLAHAN WAFER PAKAN

Berbagai teknologi pengolahan pakan telah berkembang dengan berbagai tujuan, diantaranya meningkatkan penggunaan nutrisi, mempertahankan kualitas pakan, meningkatkan efisiensi pakan, dan mereduksi zat antinutrisi. Teknologi pengolahan wafer pakan dirancang untuk mengoptimalkan pemberian pakan, sehingga dapat meningkatkan performa ternak, mengurangi pakan terbuang, dan praktis untuk diberikan pada ternak. Proses pemanasan dalam pembuatan wafer membuat kandungan air dalam pakan menjadi menguap, sehingga terjadi penurunan kadar air yang berpengaruh besar terhadap daya simpan wafer pakan. Peningkatan kadar air dapat menimbulkan ancaman terhadap kualitas pakan, karena merupakan kondisi ideal untuk pertumbuhan jamur dan perkembangan mikotoksin yang cepat. Rata-rata kadar air dari wafer berkisar antara 9 hingga 15% (Retnani et al. 2010b; Retnani et al. 2014a; Retnani et al. 2014b; Barkah 2019). Selain itu, adanya proses pemadatan saat

pencetakan wafer juga berpengaruh terhadap penurunan volume dan peningkatan kepadatan, sehingga konsumsi pakan meningkat (Verma et al. 1996).

Wafer pakan juga mempunyai manfaat yang sama dengan pakan berbentuk *cube* (Coleman & Lawrence 2000), yaitu mengurangi pakan terbuang, mengontrol konsumsi pakan, memberikan asupan nutrisi yang konsisten, mengurangi debu, memudahkan penanganan, mengurangi kebutuhan area penyimpanan, mengurangi biaya transportasi, dan memudahkan dalam proses transportasi. Pakan dari bahan pakan tinggi serat lebih cocok dibuat wafer dibanding pellet, karena bahan pakan tinggi serat dapat menyulitkan proses pencetakan bahan saat melewati *die* pellet yang berpengaruh terhadap penurunan kinerja mesin pellet.

Perbedaan bentuk pakan dapat mempengaruhi perilaku ruminasi pada ternak. Menurut Bertipaglia et al. (2010), adanya proses pemampatan dalam proses pembuatan pellet menyebabkan peningkatan aglomerasi dan kekerasan partikel pakan yang mempengaruhi perilaku ruminasi, khususnya pada proses pengunyahan yang lebih lama dibandingkan pakan dalam bentuk *mash*. Hal ini berlaku juga untuk pakan bentuk wafer, karena adanya kesamaan dalam prinsip pembuatannya yaitu dengan mengubah pakan menjadi bentuk yang lebih kompak. Aktivitas mengunyah merupakan indikasi yang baik untuk kesehatan rumen karena proses mengunyah dapat merangsang sekresi saliva, pakan akan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk sampai ke dalam rumen, sehingga rumen tidak cepat penuh dan mengurangi kemungkinan asidosis. Hal ini mendorong proses fermentasi dapat terjadi dengan optimal yang menyebabkan kedua bentuk tersebut menghasilkan tingkat degradasi dan utilisasi nutrisi lebih baik dibandingkan pakan dalam bentuk *mash* (Barkah 2019). Selain itu, adanya proses pemanasan dalam pembuatan wafer dapat menyebabkan terjadinya proses gelatinisasi pati meskipun kurang optimal, namun dapat berpengaruh terhadap tingkat fermentasi di dalam rumen, sehingga ini dapat memberikan efek yang baik dalam ketersediaan VFA (*volatile fatty acid*) sebagai sumber energi utama pada ternak ruminansia.

KOMPONEN PENYUSUN WAFER PAKAN

Komponen penyusun wafer dapat dibagi menjadi komponen mayor dan minor. Menurut Retnani et al. (2010a) komponen penyusun wafer pakan terdiri atas pati, sumber protein, *liquid*, dan mineral. Komponen mayor dapat terdiri dari pati, sumber protein, dan atau sumber serat. Sumber serat diperlukan sebagai komponen utama penyusun wafer pakan komplit. Komponen *liquid* menjadi salah satu komponen yang harus ada dalam proses pembuatan wafer. Adapun

komponen minor dapat terdiri dari premiks, mineral, maupun *feed additive*. Proporsi penyusunan komponen wafer ini bergantung pada jenis wafer yang akan dibuat. Komponen-komponen penyusun wafer pakan yang biasanya digunakan adalah sebagai berikut:

Pati

Pati berfungsi sebagai sumber energi dan bisa berfungsi sebagai *filler* (bahan pengisi) dalam pembuatan wafer mineral, sehingga mineral bisa diberikan dalam jumlah sesuai rekomendasi. Pati adalah biopolimer terbarukan yang dihasilkan dari berbagai macam tumbuhan. Ketersediaan pati cukup melimpah di alam seperti tapioka, sagu, terigu, jagung dan sebagainya (Maryam et al. 2018). Pati adalah polisakarida yang terdiri dari beberapa rantai glukosa. Struktur pati ada dua, yaitu rantai lurus dan rantai bercabang. Rantai lurus dikenal dengan amilosa, sedangkan rantai bercabang dikenal dengan amilopektin. Pati yang mengandung amilosa tinggi mempunyai kekuatan hidrogen lebih besar karena memiliki rantai lurus yang lebih banyak, sedangkan amilopektin mempengaruhi daya lengket dan sifat kenyal. Pada panas, tekanan, dan kadar air tertentu, rasio amilosa dan amilopektin ini akan berpengaruh terhadap gelatinisasi pati yang akan berkaitan dengan kecernaannya. Secara *in vitro* dan teknik *in situ*, menunjukkan hal itu ada korelasi negatif antara proporsi amilosa dan degradasi pati (Stevnebo et al. 2009).

Amilosa memberikan sifat keras (pera) sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket (Sistanto et al. 2017). Pati yang biasa digunakan dalam pembuatan wafer adalah pollard, dedak padi, onggok, dan jagung. Penggunaan pati dalam wafer berpengaruh terhadap ketahanan benturan dan *wafer durability index* (WDI). Ketahanan benturan pada wafer diperlukan untuk mengetahui kualitas wafer yang dihasilkan. Salah satu fungsi dari ketahanan benturan adalah mengetahui ketahanan benturan antar wafer pada saat proses pengemasan dan transportasi. Semakin besar durabilitas wafer akan memudahkan dalam proses penanganan selama penyimpanan maupun transportasi (Munasik et al. 2013). Ketahanan benturan dari setiap penyusun pati yang digunakan berbeda-beda. Wafer dengan komponen penyusun onggok memiliki ketahanan benturan 93,18%, pollard 94,45% dan tapioka 85,28%. Sedangkan wafer dengan penyusun onggok memiliki WDI 53,82%, penyusun pollard 65,51% dan penyusun tapioka 41,49%. Perbedaan nilai ketahanan benturan dan WDI ini diduga dikarenakan tapioka memiliki kapasitas daya ikat yang lebih rendah dibandingkan dengan onggok dan pollard (Syahri et al. 2013). Triyanto et al. (2013) menghasilkan WDI wafer pakan komplit berbasis limbah industri dengan nilai

terbesar yaitu 60,24%. Adanya perbedaan tersebut dapat disebabkan oleh adanya perbedaan kandungan amilosa yang lebih tinggi pada pollard dibandingkan pada onggok dan tapioka. Pollard memiliki kandungan amilosa 25% (Arnyke et al. 2013), onggok 16% (Kurniadi 2010), dan tapioka 8,06% (Imaningsih 2012). Saleh (2013) menyatakan amilosa memengaruhi proses retrogradasi gel sehingga menghasilkan tekstur yang kuat.

Sumber protein

Komponen sumber protein juga dapat menyumbang protein yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan hidup ternak, untuk memproduksi, dan untuk reproduksi. Komponen sumber protein sangat dibutuhkan sebagai komponen utama dalam wafer suplemen pakan. Kandungan protein wafer pakan berkisar antara 12 hingga 14%, wafer pakan komplit 15 hingga 20%, sedangkan untuk wafer suplemen pakan sekitar 30%. Pakan sumber protein yang dikonsumsi oleh ternak ruminansia dapat didegradasi oleh mikroba menjadi NH_3 , peptida, dan asam amino. Tingkat degradasi protein yang tinggi menghasilkan konsentrasi NH_3 rumen yang lebih tinggi (Jayanegara et al. 2016). Amonia ini akan dimanfaatkan oleh mikroba rumen sebagai sumber nitrogen untuk sintesis protein mikroba. Bahan pakan sumber protein yang digunakan dalam pembuatan wafer dapat berasal dari hasil samping agroindustri, seperti bungkil kelapa, bungkil sawit, CGM (*corn gluten meal*), atau DDGS (*distillers dried grains with solubles*), serta bisa berasal dari legum seperti *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Indigofera zoolingeriana*, dan lain sebagainya.

Liquid

Liquid adalah komponen penyusun wafer yang mempunyai bentuk cair dan berfungsi sebagai *binder* (pengikat) bahan baku pakan lainnya, sehingga sangat berpengaruh terhadap kualitas wafer yang dihasilkan. *Binder* dapat menyatukan atau menarik bahan lain untuk membentuk keseluruhan yang kohesif secara mekanis, kimiawi, dengan adhesi atau kohesi. *Binder* ini biasanya berupa zat cair yang dapat mengeras dengan adanya proses kimia atau fisik, sehingga dapat mengikat serat, bubuk pengisi dan partikel lain yang ditambahkan ke dalamnya. *Liquid* yang biasa digunakan dalam pembuatan wafer adalah molases dan CPO (*crude palm oil*). Kualitas *liquid* yang digunakan dalam proses pembuatan wafer dapat berpengaruh terhadap WDI. Pada bahan baku pakan molases kualitasnya dapat ditentukan dengan melihat viskositasnya. Molases dengan viskositas tinggi

mempunyai kandungan glukosa yang tinggi pula. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan et al. (2019) menyatakan bahwa penggunaan molases dengan viskositas sedang yaitu 140% yang dicetak selama waktu 10 hingga 15 menit menghasilkan WDI yang paling tinggi. Pada tingkat viskositas rendah, proses gelatinisasi sempurna belum terjadi karena kadar glukosa terlalu rendah, sedangkan pada viskositas tinggi gelatinisasi tidak optimal karena suhu yang digunakan tidak cukup tinggi atau waktu pemanasan tidak lama. Penggunaan molases dalam proses pembuatan wafer dapat memberikan rasa dan aroma yang khas akibat adanya proses karamelisasi yang dapat meningkatkan palatabilitas ternak.

Komponen minor

Komponen minor yang digunakan dalam proses pembuatan wafer dapat berupa premiks, mineral, vitamin, ataupun *feed additive*. Premiks dan mineral digunakan untuk memperkaya kandungan nutrisi dari wafer yang dihasilkan. Selain membutuhkan nutrisi makro, ternak juga memerlukan nutrisi mikro yang perlu dipenuhi kebutuhannya. Mineral makro yang dibutuhkan oleh ternak adalah Ca dan P yang berguna untuk pertumbuhan dan produksi susu, khususnya pada saat produksi susu tinggi. Level vitamin dalam pakan dipengaruhi oleh proses *mixing*, temperatur, dan waktu pemanasan.

Sumber serat

Serat adalah fraksi dominan dari dinding sel tanaman dan umumnya terdiri dari karbohidrat. Komponen utama serat adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Berdasarkan komposisi kimia, selulosa terdiri dari rantai linier gula. Pati sebagai sumber karbohidrat dalam biji-bijian juga terdiri dari molekul glukosa. Dalam selulosa, molekul glukosa dihubungkan oleh ikatan β -1,4 sedangkan di pati dihubungkan oleh ikatan α -1,4. Hanya enzim mikroba yang dapat mencerna glukosa terkait ikatan β -1,4 dalam selulosa. Menurut Limin Kung (2014), komponen serat menjadi komponen yang harus ada dalam pakan ternak ruminansia karena komponen serat ini dapat mempertahankan ruminasi, pengunyahan, produksi saliva, dan menjaga kondisi rumen agar tetap normal. Kekurangan serat pada pakan ternak ruminansia dapat menyebabkan ternak mengalami asidosis. Sumber serat yang digunakan sebagai komponen wafer pakan komplit dapat berupa rumput, legum, ataupun limbah pertanian seperti jerami padi dan sekam.

PROSES PEMBUATAN WAFER

Proses pembuatan wafer terdiri dari beberapa rangkaian proses, yaitu penggilingan (*grinding*), formulasi (*formulating*), pencampuran (*mixing*), pemanasan (*heating*) dan penekanan (*pressing*), serta pendinginan (*cooling*).

Grinding

Proses *grinding* adalah proses penggilingan untuk memperkecil ukuran partikel pakan. Pengcilan ukuran partikel pakan dalam proses pembuatan wafer bertujuan untuk memudahkan proses *mixing* pada tahap selanjutnya dan memperbaiki kualitas wafer. Proses penggilingan juga memberikan efek positif lainnya, diantaranya memperbesar luas permukaan pakan untuk proses pencernaan, memudahkan proses *handling* beberapa jenis bahan baku pakan, dan memuaskan keinginan konsumen. Ukuran partikel pakan akan menentukan kualitas wafer yang dihasilkan. Menurut Pujaningsih et al. (2013), wafer ransum komplit yang disusun dengan ukuran partikel antara 10-20 mm memiliki ikatan yang paling kuat dan memiliki luasan kontak antar partikel yang paling kecil. Mesin *grinder* yang digunakan di industri biasanya berupa mesin *roller mill* dan *hammer mill*. Dalam industri pakan, ada preferensi yang berbeda untuk penggunaan *roller mill* atau *hammer mill*. Preferensi ini sering didasarkan pada kapasitas penggilingan yang dibutuhkan, efisiensi listrik, dan jenis bahan pakan yang digunakan.

Formulasi

Formulasi adalah suatu proses untuk mengkombinasikan berbagai bahan pakan dengan proporsi tertentu untuk menyediakan nutrisi yang tepat bagi ternak sesuai dengan fase fisiologisnya (Girma 2016). Komposisi bahan pakan yang diformulasi harus mempunyai palatabilitas yang baik, sehingga dapat dikonsumsi oleh ternak.

Mixing

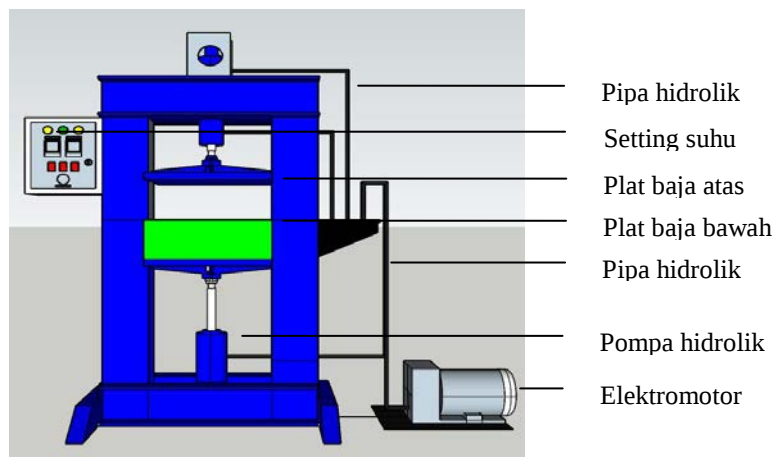
Proses *mixing* adalah proses pencampuran bahan baku pakan yang mulanya mempunyai karakteristik tertentu menjadi suatu campuran dengan karakteristik yang baru. Proses *mixing* mencakup pencampuran antara bahan padatan dan cairan yang mempunyai kualitas fisik berbeda. Adanya perbedaan bentuk fisik dan densitas dapat menimbulkan segregasi (pemisahan). Terjadinya segregasi dapat diminimalkan dengan membuat ukuran partikel padatan menjadi lebih kecil, sehingga proses pencampuran dapat dilakukan

dengan lebih mudah. Penambahan bahan cairan atau *liquid* dilakukan setelah semua partikel padatan tercampur merata, sehingga adanya bahan *liquid* ini dapat berperan sebagai *binder* yang akan membuat bahan lain saling terikat satu sama lain. Proses pencampuran yang baik adalah saat semua bahan tercampur secara homogen. Homogenitas hasil proses pencampuran sangat berpengaruh terhadap kebutuhan nutrisi ternak. Menurut Jo et al. (2015), dibutuhkan minimal 200 detik untuk menghasilkan performa *mixing* yang optimum pada mesin *mixer* yang baru berdasarkan analisis berbasis protein.

Pressing dan heating

Proses *pressing* adalah proses penekanan yang bertujuan untuk memadatkan pakan. Proses penekanan ini memanfaatkan sistem pompa hidrolik yang menyebabkan plat atas dan plat bawah bersatu untuk menekan pakan yang akan dibentuk wafer (Gambar 2). Widiarti (2008) menyatakan bahwa level tekanan pada wafer dapat bervariasi antara 12 hingga 300 kg/cm². Adapun menurut Retnani et al. (2014a), pembuatan wafer dilakukan dengan menekan wafer dengan level tekanan pada kisaran 200 hingga 300 kg/cm² selama 10 menit. Lama proses penekanan dan tingkat tekanan yang diberikan dapat mempengaruhi tingkat konsumsi wafer. Hasil penelitian Sudarma (2018) memperlihatkan bahwa pemberian tekanan hingga 2000N masih dapat dikonsumsi dengan baik oleh ternak. Jika level tekanan ditingkatkan hingga 3000N, maka tingkat konsumsi ransum akan menurun akibat ternak mengalami kesulitan dalam proses perenggutan dan pelepasan bahan pakan dari wafer pakan.

Proses pemanasan dalam pembuatan wafer terjadi karena adanya proses perpindahan panas secara konduksi yang terjadi di bagian plat pada mesin wafer. Plat atas dan plat bawah dalam mesin wafer adalah plat baja yang menghantarkan panas mencapai >120°C, sehingga dalam proses pencetakan wafer selain terjadi penekanan juga terjadi proses pemanasan yang menyebabkan terjadinya penguapan air, reaksi karamelisasi, dan reaksi gelatinisasi pati. Lama proses pemanasan dan penekanan ini akan berpengaruh terhadap WDI. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan et al. (2019) menyatakan bahwa waktu pemanasan selama 15 menit menghasilkan nilai WDI yang lebih tinggi dibandingkan pemanasan dalam waktu 5 dan 10 menit. Wafer yang mengalami proses pemanasan selama 5 menit menyebabkan wafer mudah hancur. Proses pemanasan yang terlalu singkat menyebabkan proses gelatinisasi molases sebagai perekat wafer dengan kadar glukosa tinggi belum terjadi secara optimal sehingga wafer belum terbentuk sepenuhnya.



Gambar 2. Mesin wafer pakan

Sumber: Dokumentasi pribadi

Cooling

Proses *cooling* adalah proses penurunan suhu dengan adanya pergerakan udara, biasanya disertai dengan proses pengeringan secara terus menerus. Proses sebelumnya yang melibatkan pemanasan, menyebabkan wafer yang keluar dari mesin mempunyai suhu yang panas. Proses *cooling* tidak membutuhkan konsumsi energi yang besar, namun pengaturan kecepatan *fan* perlu disesuaikan, sehingga konsumsi energi tidak terlalu tinggi (Lambert et al. 2017). Proses *cooling* melalui kontak dengan suhu udara yang lebih rendah dapat menguapkan kadar air berlebih. Udara mengandulkan kapasitasnya untuk menahan air pada setiap kenaikan suhu 20°C. Pemanasan diikuti oleh pendinginan dapat menyebabkan retrogradasi pati, yang dapat menyebabkan pati menjadi kurang mudah dicerna, sehingga nilai energi dapat dikurangi (Sauber & Owens 2000).

REAKSI YANG TERJADI SELAMA PEMBUATAN WAFER

Proses pembuatan wafer memanfaatkan teknik pemanasan (*heating*) dan tekanan (*pressing*). Selama proses pembuatan wafer terjadi berbagai reaksi yang berpengaruh terhadap kualitas fisik dan kimia wafer serta mempengaruhi palatabilitas ternak.

Reaksi pencoklatan

Salah satu metode yang dapat menyebabkan perubahan warna dan rasa dalam proses pembuatan

pakan adalah dengan adanya proses pemanasan. Proses pemanasan ini menyebabkan komponen gula yaitu molasses sebagai komponen bahan perekat dalam wafer membentuk senyawa mirip karamel dan menghasilkan warna kecoklatan. Reaksi pencoklatan yang mungkin terjadi adalah reaksi pencoklatan non enzimatis, yaitu reaksi karamelisasi dan reaksi Maillard. Reaksi karamelisasi membutuhkan suhu $>120^{\circ}\text{C}$ atau $9 < \text{pH} < 3$. Aroma karamel dari hasil reaksi karamelisasi ini dapat meningkatkan palatabilitas ternak terhadap wafer pakan. Adapun jika terjadi pemanasan yang berlebihan dapat menyebabkan reaksi maillard. Reaksi Maillard terjadi antara grup asam amino dan grup karbonil dari gula pereduksi (Yuwono & Zulfiah 2015).

Reaksi gelatinisasi pati

Komponen pati dapat menjadi gelatin saat terjadi pemanasan dan kelembaban, yang menghasilkan pencernaan energi yang lebih besar dan dapat mengubah karakteristik fisik dari produk pakan (Zhu et al. 2016). Proses pembuatan wafer tidak disertai dengan kelembaban yang tinggi karena dapat menyebabkan gelatinisasi substansial. Namun, adanya proses ini menghasilkan dampak positif pada ikatan hidrogen dan mengakibatkan komponen bahan baku pakan menjadi saling terikat satu sama lain. Adanya ikatan ini menjadi salah satu penyebab meningkatnya efisiensi pakan yang menghasilkan peningkatan kualitas produk yang dihasilkan dan berkurangnya pakan yang terbuang (Abdollahi et al. 2011).

HASIL RISET PENERAPAN TEKNOLOGI WAFER PAKAN

Wafer suplemen pakan

Wafer suplemen pakan mempunyai kandungan protein dan energi yang tinggi. Sumber protein dalam wafer suplemen pakan dapat berasal dari hasil samping agroindustri ataupun dari legum. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Retnani et al. (2014a) menunjukkan bahwa pemberian wafer suplemen pakan pada sapi bali sebanyak 10 dan 15% dari total konsumsi BK menghasilkan pertambahan bobot badan (PBB) harian 69% lebih tinggi dibandingkan pakan konvensional. PBB harian sapi bali yang diberi wafer suplemen pakan adalah 377,78 g/ekor/hari. Adapun pemberian wafer suplemen pakan pada sapi Sumba Ongole sebanyak 10% dari total konsumsi BK menghasilkan PBB harian 18,35% lebih tinggi dibandingkan dengan pakan kontrol yang diberi konsentrat dan rumput raja (Retnani et al. 2016). Adanya peningkatan produktivitas ternak yang diberi wafer suplemen pakan disebabkan karena tingginya kandungan nutrisi wafer suplemen pakan (Tabel 1) dan juga utilisasi penggunaan nutrisi untuk

hidup pokok, pertumbuhan, produksi, ataupun reproduksi. Pemberian wafer suplemen pakan dapat menjadi strategi untuk memenuhi defisiensi nutrisi pada pakan basal (Hammack & Gill 2012), sehingga ternak mempunyai produktivitas yang optimal.

Wafer pakan komplit

Wafer pakan komplit dapat mengganti penggunaan pakan yang biasanya terdiri atas hijauan atau hasil samping pertanian dan konsentrat. Oleh karena itu, salah satu komponen penting dalam wafer pakan komplit adalah hijauan. Peran pakan komplit adalah untuk menyediakan campuran bahan pakan termasuk serat tanpa memberikan pilihan kepada ternak untuk memilih bahan baku pakan tertentu (Konka et al. 2015). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Retnani et al. (2014) menunjukkan bahwa pemberian wafer pakan komplit yang berasal dari limbah sayuran pasar mempunyai respon yang lebih baik pada domba dengan bobot badan yang kecil karena domba tersebut membutuhkan nutrisi yang lebih tinggi untuk tumbuh dan berkembang.

Tabel 1. Perbandingan nutrisi berbagai jenis wafer pakan

Jenis wafer	Proporsi bahan utama (%)	Kadar (%)						Sumber
		BK	Abu	PK	LK	SK	BETN	
Wafer suplemen pakan								
Wafer daun lamtoro	30	88,56	7,24	32,34	4,52	16,85	39,06	Retnani et al. (2014a)
Wafer daun lamtoro dan daun pepaya	30	89,61	7,91	29,85	4,69	16,52	41,14	Retnani et al. (2014a)
Wafer daun kelor	30	88,72	6,24	31,24	3,89	14,98	43,64	Retnani et al. (2014a)
Wafer daun gamal	30	87,63	6,12	31,48	3,56	15,26	43,58	Retnani et al. (2014a)
Wafer daun jagung	15	91,21	6,49	31,19	3,63	17,27	41,41	Retnani et al. (2014a)
Wafer indigofera	95	85,89	6,67	25,53	2,47	15,43	49,89	Dianingtyas (2017)
Wafer kaliandra	95	87,43	10,24	24,92	6,90	11,40	16,54	Dianingtyas (2017)
Wafer pakan komplit								
Wafer limbah sayuran pasar	30	92,59	7,27	16,59	6,09	14,21	55,88	Ardianto (2017)
Wafer kecambah toge	50	90,58	7,01	15,58	0,96	31,55	44,9	Retnani et al. (2010b)
Wafer kulit buah kakao	20	86,01	5,03	15,43	6,93	13,67	61,34	Daud et al. (2013)
Wafer tongkol jagung	45	75,62	23,07	11,00	4,37	23,94	37,62	Kadir (2014)
Wafer ampas tebu	20	-	-	13,24	-	16,49	-	Amiroh (2008)
Wafer pucuk tebu	20	-	-	15,69	-	13,47	-	Amiroh (2008)
Wafer pakan								
Wafer limbah habbatussauda	28	87,56	10,06	14,58	3,85	11,47	60,04	Barkah (2019)

Pemberian 100% wafer pakan komplit dari limbah sayuran pasar pada domba berukuran kecil menghasilkan rata-rata PBB mencapai 151 g/ekor/hari dibanding rata-rata PBB harian domba yang diberi pakan konvensional hanya 37 g/ekor/hari. Wafer pakan komplit disusun dari beberapa bahan baku pakan sumber energi, sumber protein, dan sumber serat yang diformulasikan dalam proporsi tertentu untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ternak, menyebabkan wafer pakan komplit mempunyai kualitas nutrisi yang lengkap, sehingga ternak tidak mengalami defisiensi nutrisi.

Wafer pakan

Wafer pakan diberikan untuk menggantikan penggunaan konsentrat. Karena hanya mampu menggantikan konsentrat, pemberian wafer pakan masih harus ditambahkan pemberian rumput. Meskipun wafer pakan mempunyai kandungan protein kasar yang mirip dengan wafer pakan komplit, namun wafer pakan komplit tidak dapat diberikan tunggal untuk memenuhi kebutuhan nutrisi harian ternak. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Barkah (2019) yang memberikan 30% hijauan dan 70% wafer pakan menunjukkan bahwa penggunaan wafer pakan mengandung limbah habsatussauda memberikan PBB yang sama dengan pemberian dalam bentuk mash dan pellet, namun memberikan efisiensi pakan yang lebih tinggi dibandingkan bentuk lainnya.

Wafer pakan memberikan efisiensi pakan sebanyak 9,46%, sedangkan pakan dalam bentuk mash menghasilkan efisiensi pakan sebanyak 8,71%. Hal ini dapat disebabkan karena pakan dalam bentuk mash lebih mudah tercerna, sehingga banyak pakan yang terbuang dan tidak dikonsumsi oleh ternak dibandingkan pakan bentuk wafer yang kompak dan padat. Selain itu, pakan dalam bentuk wafer membutuhkan waktu *chewing* yang lebih lama dibandingkan pakan dalam bentuk mash yang menyebabkan pakan bentuk mash lebih mudah dikonsumsi oleh ternak. Hal ini berhubungan dengan *retention time* (lama tinggal pakan dalam saluran pencernaan) dalam kaitannya untuk menyerap nutrisi. Pakan dalam bentuk wafer akan lebih lama tinggal dalam saluran pencernaan karena ukuran partikelnya lebih besar dibandingkan pakan dalam bentuk mash. Adapun pakan dalam bentuk mash yang lebih halus membutuhkan waktu yang sebentar untuk mengecilkan ukuran partikelnya, sehingga pakan dalam bentuk mash lebih cepat meninggalkan saluran pencernaan (Rosmalia 2019). Pakan yang lebih lama berjalan di saluran pencernaan akan mengalami penyerapan nutrisi yang lebih baik, karena pakan akan bersinggungan dengan villi usus sehingga nutrisi yang diserap menjadi lebih banyak (Nugroho et al. 2012).

PELUANG DAN KELEMAHAN TEKNOLOGI PAKAN WAFER

Peluang teknologi pengolahan wafer pakan

Proses pembuatan wafer pakan menggunakan teknologi yang sederhana dengan energi yang relatif rendah. Peluang dari pembuatan wafer pakan ini adalah bahan baku yang digunakan memanfaatkan limbah pertanian, perkebunan, industri dan limbah sayuran pasar sehingga dapat meningkatkan nilai tambah dari limbah tersebut. Selain itu dapat menekan pengadaan bahan baku yang semula bersumber dari impor menjadi bahan baku yang berasal dari lokal. Merangsang dunia usaha untuk menciptakan pabrik pakan dengan mengoptimalkan bahan baku yang berasal dari bahan baku lokal.

Keberadaan peternakan di daerah perkotaan tidak dapat dipungkiri, walaupun kondisi peternakan yang mengganggu kenyamanan masyarakat, akan tetapi pada umumnya kegiatan peternakan di daerah perkotaan berkontribusi banyak terhadap perekonomian. Wafer pakan menjadi salah satu peluang sebagai pakan alternatif bersih untuk usaha peternakan di daerah perkotaan terutama menjelang hari raya Idul Adha. Wafer pakan menjadi salah satu solusi agar peternakan di daerah perkotaan tidak mengotori lingkungan bahkan mengatasi masalah lingkungan dengan memanfaatkan limbah perkotaan sebagai bahan baku wafer pakan (Retnani 2016)..

Wafer pakan memiliki bentuk yang padat serta kompak, hal ini memudahkan pada saat penyimpanan, transportasi dan pemberian pada ternak. Optimalisasi teknologi pengolahan wafer pakan ini dapat dilakukan dengan mendistribusikan pakan ke daerah rawan pakan dan bencana. Pada saat terjadi bencana alam, masalah utama di bidang peternakan adalah penyediaan hijauan pakan pasca erupsi. Secara umum, dampak letusan gunung merapi terhadap kesehatan dan produktivitas ternak terdiri dari kematian ternak, stres akibat cekaman panas, kesehatan dan produktivitas ternak menurun. Wafer pakan menjadi alternatif untuk meningkatkan produktivitas ternak pascaerupsi (Retnani 2016).

Kelemahan teknologi pengolahan wafer pakan

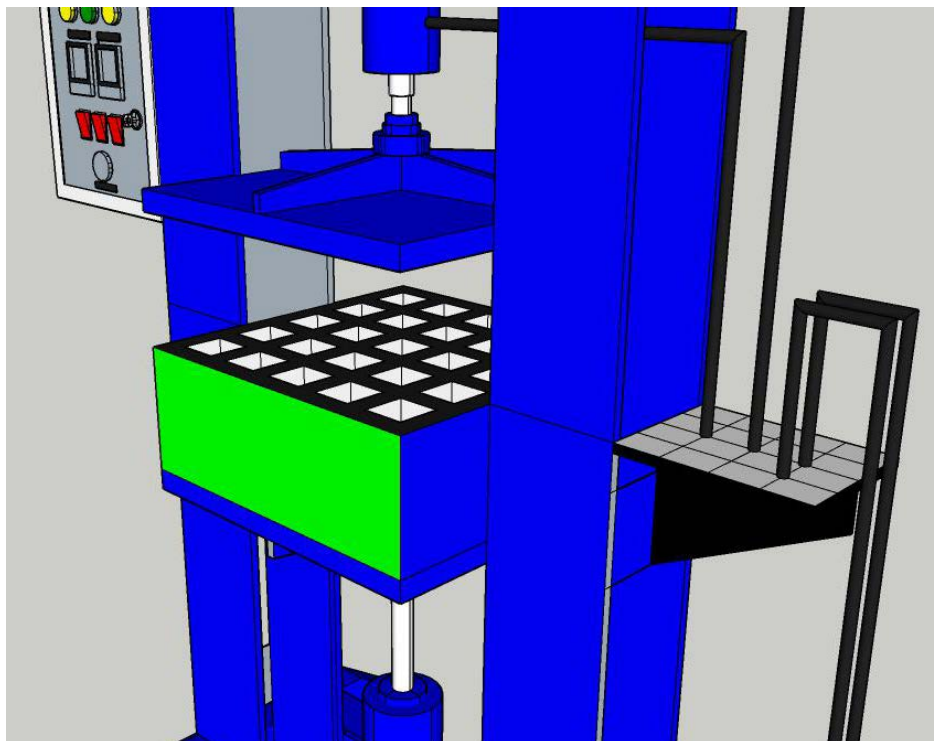
Penerapan teknologi pengolahan wafer pakan masih terkendala oleh beberapa hal. Mesin wafer mempunyai efisiensi produksi yang lebih rendah dibanding mesin pencetak pellet maupun mesin pencampur pakan. Hal ini disebabkan karena mesin wafer yang ada masih dalam skala kecil, sehingga kapasitas produksinya juga masih rendah. Jika dilihat dari Gambar 3, mesin wafer mempunyai 25 kotak

pencetak wafer dan satu proses pencetakan membutuhkan waktu 10 menit. Jika wafer mempunyai berat 50 gram, maka dalam 1 jam proses pencetakan menggunakan mesin wafer hanya mampu menghasilkan wafer pakan sebanyak 7,5 kg.

Perbedaan biaya produksi pakan dalam bentuk *mash*, pellet, dan wafer utamanya dipengaruhi oleh kapasitas produksi mesin, biaya energi yang terpakai, dan biaya tenaga kerja, sehingga besaran biaya produksi dapat berbeda tergantung mesin yang digunakan. Mesin dengan kapasitas produksi yang tinggi dapat menekan biaya pakan, karena mesin lebih efisien dalam menghasilkan produk per satuan waktunya. Adapun biaya energi yang terpakai berkaitan dengan penggunaan daya listrik selama proses pengolahan pakan. Dan biaya tenaga kerja berkaitan dengan upah pekerja per satuan produk yang dihasilkan. Menurut Barkah (2019), pakan dalam bentuk *mash*, pellet, dan wafer yang mempunyai komponen bahan pakan penyusun yang sama mempunyai biaya produksi berturut-turut Rp. 500, 1500, dan 1000 per kg. Pengeluaran biaya pakan pada perlakuan pellet dan wafer lebih tinggi akibat adanya penambahan biaya proses pengolahan pakan lanjutan.

Coleman & Lawrence (2000) juga mengatakan bahwa kelemahan alfalfa *cube* adalah biaya produksi yang tinggi akibat proses pembuatan wafer yang belum dalam satu line produksi, sehingga proses pembuatan *cube* ini lebih rumit. Hal ini dapat diatasi dengan meningkatkan kapasitas produksi mesin wafer dan juga meminimalkan biaya *pre-treatment* yang terdiri dari pengeringan dan pencacahan dengan cara membuatnya dalam satu line produksi dengan pencetakan wafer.

Pemberian wafer pakan juga terkadang mengalami kendala saat diberikan pada ternak ruminansia kecil. Hal ini disebabkan karena lebar wafer pakan hampir sama dengan lebar rahang ternak ruminansia kecil, sehingga jika wafer dicetak terlalu tebal akan menyulitkan ternak mengkonsumsi wafer tersebut. Bentuk wafer pakan juga merupakan bentuk yang tidak familiar bagi ternak, sehingga pemberian wafer pakan memerlukan masa adaptasi agar ternak terbiasa mengkonsumsi pakan berbentuk wafer. Oleh sebab itu, pemberian wafer pakan pada tahap awal harus diberikan secara gradual selama 7 hingga 10 hari sehingga ternak terbiasa (Hadjipanayiotou & Economides 1999).



Gambar 3. Mesin wafer pakan tampak dari samping

Sumber: dokumentasi pribadi

KESIMPULAN

Teknologi pengolahan wafer pakan dapat menjadi salah satu strategi untuk menyediakan pakan dengan komposisi nutrisi konstan di sepanjang musim. Wafer pakan dapat meningkatkan kemungkinan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi ternak dengan memanfaatkan berbagai jenis alternatif pakan yang tersedia. Teknologi pengolahan wafer pakan dapat meningkatkan produksi dan efisiensi pakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi MR, Ravindran V, Wester TJ, Ravindran G, Thomas DV. 2011. Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. *Anim Feed Sci Technol.* 168:88-99.
- Abdollahi MR, Ravindran V, Svihus B. 2013. Pelleting of broiler diets: An overview with emphasis on pellet quality and nutritional value. *Anim Feed Sci Technol.* 179:1-23.
- Abraha B, Admassu H, Mahmud A, Tsighe N, Shui XW, Fang Y. 2018. Effect of processing methods on nutritional and physico-chemical composition of fish: a review. *MOJ Food Process Technol.* 6:376-382.
- Amiroh I. 2008. Pengaruh wafer ransum komplit limbah tebu dan penyimpanan terhadap kualitas sifat fisik. [Skripsi]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Ardianto AD. 2017. Performa kelinci New Zealand White dengan pemberian pakan komplit limbah sayuran pasar dalam bentuk mash, pelet, dan wafer. [Skripsi]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Argadyasto D, Retnani Y, Diapari D. 2015. Pengolahan daun lamtoro secara fisik dengan bentuk mash, pellet, dan wafer terhadap performa domba. *Buletin Makanan Ternak.* 102:19-26.
- Argadyasto D. 2015. Pengolahan daun lamtoro secara fisik dengan bentuk mash, pellet, dan wafer sebagai suplemen pakan domba priangan. [Tesis]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Amyke EV, Rosyidi D, Radiati LE. 2013. Peningkatan potensi pangan fungsional naget daging kelinci dengan substitusi wheat bran, pollard, dan rumput laut. *J Ilmu-ilmu Peternakan.* 24:56-71.
- Aswandi A, Sutrisno CI, Arifin M, Achmadi J. 2012. Effect of complete feed starch bananaweevil pea stone on the beans goats system in vivo against carcass weight and carcass part. *Int J Sci Eng.* 3:26-31.
- Barkah NN. 2013. Karakteristik fermentasi dan performa domba yang diberi limbah habbatussauda (*Nigella sativa*) dan sumber karbohidrat berbeda dalam bentuk mash, pellet, dan wafer. [Tesis]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Beigh YA, Ganai AM, Ahmad HA. 2017. Prospects of complete feed system in ruminant feeding: A review. *Vet World.* 10:424-437.
- Bertipaglia LMA, Fondevila M, van Laar H, Castrillo C., 2010. Effect of pelleting and pellet size of a concentrate for intensively reared beef cattle on in vitro fermentation by two different approaches. *Anim Feed Sci Technol.* 159:88-95.
- Budi T, Brian LB, Ron BHW. 2006. Optimisation of conditions for the degradation of mimosine in *Leucaena leucocephala* leaf. *J Sci Food Agric.* 35:63-616.
- Coleman LJ, Lawrence M. 2000. Alfalfa cubes for horses [Internet]. [cited 14 April 2020]. Available from: <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/id/id145/id145.pdf>
- Dam NP. 2015. Plant animal activities and achievements [Internet]. [cited 14 April 2020]. Available from: <http://www.igfri.res.in/plant-animal-activities-and-achievements.aspx>
- Daud M, Fuadi Z, Azwis. 2013. Uji sifat fisik dan daya simpan wafer ransum komplit berbasis kulit buah kakao. *J Ilmiah Peternakan.* 1:18-24.
- Dianingtyas BD. 2017. Wafer suplemen leguminosa untuk meningkatkan performa kambing Peranakan Etawah lepas sapih. [Tesis]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Els JF, Jessen PT, Seydlitz HV. 2015. Strategies for dry season feeding of animals in Namibia [Internet]. [cited 14 April 2020]. Available from: <http://www.fao.org/3/ac152e/AC152E03.htm>
- Girma M. 2016. Ration formulation and compound feed preparation: a review. *Pak J Nutr.* 15:386-396.
- Hadjipanayiotou M, Economides S. 1999. The use of alfalfa cubes as partial replacement for conventional roughages and protein sources. *Tech Bull.* 204:3-10
- Hammack SP, Gill RJ. 2012. Factors and feeds for supplementing beef cows [Internet]. [cited 15 April 2020]. Available from: <https://animalscience.tamu.edu/wp-content/uploads/sites/14/2012/04/beef-factors-and-feed.pdf>
- Imaningsih N. 2012. Profil gelatinisasi beberapa formulasi tepung-tepungan untuk pendugaan sifat pemasakan. *Panel Gizi Makanan.* 35:13-22.
- Jayanegara A, Ridla M, Astuti DA, Wiryawan KG, Laconi EB, Nahrowi. 2016. Determination of energy and protein requirements of sheep in Indonesia using a

- meta-analytical approach. *Media Peternakan*. 40:118-127
- Jo H, Kong C, Nam DS, Kim BG. 2015. Mixing performance of a novel flat-bottom vertical feed mixer. *Int J of Poult Sci*. 14:625-627.
- Kadir J. 2014. Pengaruh pemberian wafer pakan komplit mengandung berbagai level tongkol jagung terhadap dinamika nitrogen pada kambing jantan kacang. [Skripsi]. Makassar (Indonesia): Universitas Hasanudin.
- Karangiya VK, Savsani HH, Ribadiya NK. 2016. Use of densified complete feed blocks as ruminant feed for sustainable livestock production: A review. *Agric Rev*. 37:141-147.
- Karimizadeh E, Chaji M, Mohammadabadi T. 2017. Effects of physical form of diet on nutrient digestibility, rumen fermentation, rumination, growth performance and protozoa population of finishing lambs. *Anim Nutr*. 139-144.
- Konka R, Dhulipalla S, Jampala V, Arunachalam R, Pagadala E, Elineni R. 2015. Evaluation of crop residue based complete rations through in vitro digestibility. *J Adv Vet Anim Res*. 2:64-68.
- Kurniadi T. 2010. Kopolimerisasi grafting monomer asam akrilat pada onggok, singkong, dan karakteristiknya. [Tesis]. Bogor (Indonesia): Institut Pertanian Bogor.
- Kurniawan MD, Wijayanti I, Retnani Y. 2019. Wafer feed containing by product of habbatussauda (*Nigella sativa*) optimization process with molasses viscosity approach. *Proceeding The 2nd International Conference on Food and Agriculture*. Bali (Indonesia): Politeknik Negeri Jember. p. 164-270.
- Lambert C, Cartailier J, Rouchouse S, Almeida G, Courtois F. 2017. Characterization and modeling of cooling and drying of pellets for animal feed. *Drying Technol*. 36:255-266.
- Limin Kung Jr. 2014. The role of fiber in ruminant ration formulation [Internet]. [cited 14th April 2020]. Available from: <https://cdn.canr.udel.edu/wp-content/uploads/2014/02/The-Role-of-Fiber-in-Ruminant-Ration-Formulation.pdf>
- Manley D. 2000. *Technology of biscuits, crackers and cookies*. 3rd ed. Cambridge (UK): Woodhead Publishing LTD.
- Maryam, Anwar K, Novelina, Emriadi. 2018. Review: Teknologi preparasi pati nanopartikel dan aplikasinya dalam pengembangan komposit bioplastik. *Majalah Ilmiah Teknologi Industri*. 15:36-56.
- Munasik M, Sutrisno CI, Anwar S, Prayitno CH. 2013. Physical characteristics of pressed complete feed for dairy cattle. *Int J Sci Eng*. 4:61-65.
- Nugroho SS, Budhi SPS, Panjono. 2012. Pengaruh penggunaan konsentrat dalam bentuk pelet dan mash pada pakan dasar rumput lapangan terhadap palatabilitas dan kinerja produksi kelinci jantan. *Buletin Peternakan*. 36:169-173.
- Ortiz JAC, Ruiz AT, Morales-Ramos JA, Thomas M, Rojas MG, Tomberlin JK, Yi L, Han R, Giroud L, Jullien RL. 2016. Chapter 6-insect mass production technologies. In: Dossey AT, Morales-Ramos JA, Rojas MG. *Insect as Sustainable Food Ingredients*. San Diego (USA): Academic Press. p. 153-201.
- Pujaningsih RI, Hadi BW, Mukodiningsih S, Iskandar B, Utama CS. 2013. Kajian level kadar air dan ukuran partikel bahan pakan terhadap penampilan fisik wafer. *Agripet*. 13:16-21.
- Retnani Y, Syananta FP, Herawati L, Widiarti W, Saenab A. 2010a. Physical characteristic and palatability of market vegetable waste wafer for sheep. *J Anim Prod*. 12:029-033.
- Retnani Y, Kamesworo S, Khotijah L, Saenab A. 2010b. Pemanfaatan wafer limbah sayuran pasar untuk ternak domba. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. Bogor (Indonesia): Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Retnani Y, Idat GP, Lia CP. 2013. Physical characteristic and palatability of biscuit-biosupplement for dairy goat. *Pak J Biol Sci*. 17:725-729.
- Retnani Y, Arman C, Said S, Permana IG, Saenab A. 2014a. Wafer as feed supplements stimulates the productivity of Bali calves. *APCBEE Procedia*. 8:173-177.
- Retnani Y, Saenab A, Taryati. 2014b. Vegetable waste as wafer feed for increasing productivity of sheep. *Asian J Anim Sci*. 8:24-28.
- Retnani Y, Prihantoro I, Permana IG, Royan M, Mawardi I, Taryati. 2016. By feeding wafer feed supplement stimulates performances of local calves (Indonesia). *Proceeding the 1st International Conference on Tropical Animal Science and Production*. Bangkok, 26-29 July 2016. Bangkok (Thailand): Suranaree University of Technology. p. 113.
- Retnani Y. 2016. Inovasi pengolahan pakan untuk meningkatkan produktivitas ternak di daerah perkotaan, rawan pakan dan bencana. Dalam *Orasi Ilmiah Guru Besar IPB*. Bogor (Indonesia): Institut Pertanian Bogor.
- Rosmalia A. 2019. Pengaruh bentuk pakan terhadap konsumsi, profil metabolit, dan hematologi, darah domba. [Skripsi]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Saleh A. 2013. Efisiensi konsentrasi perekat tepung tapioka terhadap nilai kalor pembakaran pada biobriket batang jagung (*Zea mays* L.). *J Teknos*. 7:78-89.

- Samanta AK, Singh KK, Das MM, Maity SB, Kunda SS. 2003. Effect of complete feed block on nutrient utilization in crossbred calves. Proceeding of The 10th Animal Nutrition Conference. Karnal (India). p. 9-10.
- Santhiralingam S, Sinniah J. 2018. A study on making complete feed blocks for cattle with different combination of fodder grasses and agricultural wastes. Int J Sci Res Public. 8:650-656.
- Sauber TE, Owens FN. 2000. Cereal grains and by-products for swine. In: Swine Nutrition. p. 785-802.
- Singh PK, Chandramoni, Kumar K, Kumar S. 2016a. Effect of feeding wheat and rice straw based complete feed blocks on nutrients utilization, blood bio chemical and growth performance in crossbred calves. Indian J Anim Sci. 86:771-776.
- Singh M, Bhanotra A, Kujur AST, Singh AK, Wani SA. 2016b. Complete feed block technology-a fruitful innovation [Internet]. [cited 14th February 2020]. Available from: <https://www.biotecharticles.com/Biology-Article/Complete-Feed-Block-Technology-A-Fruitful-Innovation-3604.html>
- Sistanto, Sulistyowati E, Yuwana. 2017. Pemanfaatan limbah biji durian (*Durio zibethinus* Murr) sebagai bahan penstabil es krim susu sapi perah. J Sains Peternakan Indones. 12:9-23.
- Stevnebo A, Seppala A, Harstad OM, Huhtanen P. 2009. Ruminal starch digestion characteristics in vitro of barley cultivars with varying amylose content. Anim Feed Sci Technol. 148:167-182.
- Stewart KJ. 2018. Alternatives and additions to your horse's forage [Internet]. [cited 9th February 2020]. Available from: <https://equinewellnessmagazine.com/forage-alternatives-additions/>
- Sudarma IMA. 2018. Pengujian konsistensi, waktu adaptasi, palatabilitas, dan persentase disintegrasi ransum blok khusus ternak sapi potong antarpulau. J Sains Peternakan Indonesia. 13:265-273.
- Sunarso B, Haryanto F, Kurniatio KA, Setiadi LK, Nuswantara, Christiyanto M. 2011. Technology of local feed utilization towards ruminant production improvement. Pengembangan Inovasi Pertanian. 4:189-204.
- Syahri M, Retnani Y, Khotijah L. 2013. Evaluasi penambahan binder berbeda terhadap kualitas fisik mineral wafer. Buletin Makanan Ternak. 16:24-35.
- Verma AK, Mehra UR, Dass RS, Singh H. 1996. Nutrient utilization of Murrah buffalos (*Bubalus bubalis*) from compressed complete feed blocks. Anim Feed Sci Technol. 59:255-263.
- Widiarti W. 2008. Uji sifat fisik dan palatabilitas ransum komplit wafer pucuk dan ampas tebu untuk Pedet Sapi Fries Holland. [Skripsi]. [Bogor (Indonesia)]: Institut Pertanian Bogor.
- Yuwono SS, AA Zulfiah. 2015. Formulasi beras analog berbasis tepung mocaf dan maizena dengan penambahan cmc dan tepung ampas tahu. J Pangan Agroindustri. 3:1465-1472.
- Zhu L, Jones C, Guo Q, Lewis L, Stark CR, Alavi S. 2016. An evaluation of total starch and starch gelatinization methodologies in pelleted animal feed. J Anim Sci. 94:1501-1507.

Tanaman Pakan Toleran Naungan *Stenotaphrum secundatum* di Perkebunan Sawit Mendukung Produktivitas Sapi

(A Shade Tolerant Forage, *Stenotaphrum secundatum*, in the Oil Palm Plantation to Support Cattle Productivity)

Rijanto Hutasoit, R Rosartio, S Elieser, J Sirait, Antonius, H Syawal

Loka Penelitian Kambing Potong, PO Box 1 Sungei Putih, Galang 20585, Sumatera Utara
Kontributor utama: Rijanto Hutasoit, Rian Rosartio dan Juniar Sirait; alamat email: h.rijanto@yahoo.com

(Diterima 8 Januari 2020 – Direvisi 9 Maret 2020 – Disetujui 9 Maret 2020)

ABSTRACT

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 *Stenotaphrum secundatum* as a shade tolerant forage in oil palm plantations in supporting cattle productivity. Biomass production of *Stenotaphrum secundatum* 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 *S. secundatum* 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 *S. secundatum* in oil palm plantations can support cattle productivity and increase palm oil production.

Key words: *Stenotaphrum secundatum*, oil palm plantation, cattle, integration

ABSTRAK

Sistem integrasi ternak dengan perkebunan merupakan salah satu alternatif upaya mendukung agribisnis peternakan. Potensi lahan yang luas dapat digunakan untuk pengembangan ternak sapi. Namun, rendahnya produksi, kandungan nutrisi serta kecernaan rumput alam di areal perkebunan tersebut masih merupakan kendala dalam meningkatkan produktivitas ternak sapi. Sehubungan dengan permasalahan tersebut, pengembangan tanaman pakan toleran naungan merupakan salah satu strategi dalam meningkatkan kualitas serta produksi rumput di areal perkebunan. Tulisan ini bertujuan untuk mengulas peran *Stenotaphrum secundatum* sebagai tanaman pakan toleran naungan di perkebunan sawit mendukung produktivitas ternak sapi. Produksi biomassa *Stenotaphrum secundatum* yang diperoleh relatif tinggi mencapai 42.209 kg BK/ha/th di perkebunan sawit umur 3,5 tahun, diperkirakan dapat menampung ternak sapi 11,8 ST/ha. Dengan komposisi nutrisi tergolong moderat mampu meningkatkan performan pertumbuhan ternak sapi dengan rata-rata skor kondisi tubuh 3,8. Sistem integrasi ternak dengan mengembangkan rumput *S. secundatum* di areal perkebunan sawit memberikan pengaruh yang positif karena dapat menghemat biaya pemupukan dan penyiangan sebesar 4 juta rupiah /ha/th. Produksi rata-rata tandan buah segar (TBS) mencapai 19,5 ton/ha/th. Dapat disimpulkan bahwa peran *S. secundatum* di lahan perkebunan sawit dapat mendukung produktivitas ternak sapi dan meningkatkan produksi tanaman kelapa sawit.

Kata kunci: *Stenotaphrum secundatum*, perkebunan sawit, sapi, integrasi

PENDAHULUAN

Meningkatnya populasi ternak sapi di Indonesia memberikan konsekuensi terhadap penyediaan lahan yang berperan sebagai tempat penghasil hijauan pakan. Hingga saat ini, belum ada alokasi lahan yang diperuntukkan secara khusus sebagai kawasan peternakan. Wawasan pembangunan peternakan saat ini telah melakukan pendekatan keberlanjutan dengan memanfaatkan peluang serta memberdayakan sumber

daya perkebunan tanpa merusak kelestarian sumberdaya, sehingga integrasi dengan subsektor perkebunan merupakan pilihan untuk memenuhi kebutuhan pakannya (Ismail & Wahab 2014; Rusnan et al. 2015).

Sistem integrasi tanaman-ternak (SITT) dengan perkebunan sawit merupakan salah satu sistem pemeliharaan ternak sapi yang populer saat ini, telah banyak dilakukan mendukung program swasembada daging sapi secara nasional. Menurut Zamri & Azar

(2015), sistem integrasi ternak dengan perkebunan merupakan salah satu upaya mendukung agribisnis peternakan terutama di perkebunan milik rakyat. Potensi kawasan perkebunan sawit untuk pengembangan ternak yaitu terdapatnya sumber pakan yang berlimpah dan salah satunya dari vegetasi alam. Namun pemanfaatannya terkendala oleh rendahnya produksi, kandungan nutrisi, dan daya cerna (Rosli et al. 2010; Nurhayati et al. 2015). Hal ini kemungkinan besar disebabkan karena umur tanaman rumput yang ada di bawah kebun kelapa sawit sudah tua sehingga memiliki kandungan serat yang tinggi, sementara proteinnya menurun. Rendahnya produksi juga kemungkinan besar disebabkan karena semakin tingginya tanaman kelapa sawit maka semakin bertambahnya naungan dan berkurangnya intensitas sinar matahari sehingga rumput tidak dapat tumbuh dengan baik.

Menurut Hutasoit et al. (2017) dalam pengamatannya terhadap pemeliharaan ternak sapi dalam sistem integrasi dengan kelapa sawit (TM 6 tahun) di Kabupaten Aceh Jaya provinsi Aceh menjelaskan bahwa vegetasi alam yang terdapat di bawah perkebunan sawit tersebut memiliki produksi biomassa yang sangat rendah (827 kg BK/ha), hanya dapat menampung 0,5 satuan ternak (ST) /ha, sementara Farizaldi (2011) melaporkan 0,18 ST/ha pada lahan perkebunan sawit umur 5 tahun di Kabupaten Batang Hari Provinsi Jambi, dan Taufan et al. (2014) melaporkan 0,71 ST/ha di perkebunan sawit Kabupaten Kutai Karta Negara. Hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa vegetasi alam yang tumbuh di areal tanaman kelapa sawit sangat terbatas dan tidak mencukupi untuk menyediakan pakan hijauan secara berkelanjutan seiring dengan meningkatnya populasi ternak sapi di Indonesia.

Salah satu karakter penting pada tanaman pakan untuk dikembangkan dalam sistem integrasi ternak dengan tanaman perkebunan adalah tingkat toleransi terhadap naungan. Sehubungan dengan permasalahan tersebut diatas perlu adanya upaya untuk meningkatkan produksi serta kualitas tanaman rumput yang ada dibawah perkebunan sawit, yaitu dengan mengembangkan jenis tanaman yang toleran terhadap naungan. Salah satu jenis tanaman pakan unggul yang toleran terhadap naungan adalah *Stenotaphrum secundatum* atau sering disebut dengan *Buffalo grass* termasuk dalam family "Gramineae" dengan sub-family Panicoidea. Penelitian sebelumnya melaporkan keuntungan rumput jenis *S. secundatum* memiliki toleransi yang tinggi terhadap naungan, dengan tingkat produksi yang moderat (Humphreys 1994; Stür & Shelton 1990). Sirait et al. (2010) melaporkan produksi

S. secundatum pada naungan 55% menggunakan naungan buatan paranet memperoleh hasil (54 ton/ha/th). Hal ini menunjukkan tingginya adaptasi *S. secundatum* pada kondisi naungan menjadi rekomendasi untuk dikembangkan di lahan perkebunan sawit. Keberadaan rumput unggul tersebut diharapkan dapat meningkatkan optimalisasi pemanfaatan lahan yang ada di bawah perkebunan sawit untuk membantu mencukupi kebutuhan hijauan bagi ternak baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya.

Makalah ini mengulas lebih luas lagi mengenai karakteristik, kualitas, dan produksi *S. secundatum* yang dikembangkan di areal perkebunan sawit serta perannya mendukung produktivitas ternak sapi.

KARAKTERISTIK DAN MORFOLOGI *Stenotaphrum secundatum*

Karakteristik dan morfologi *Stenotaphrum secundatum* di bawah kebun kelapa sawit



(A): Rumput *S. secundatum*; (B): Batang menjalar membentuk stolon; (C): bunga dan kelopak biji

Gambar 1. Tanaman rumput *Stenotaphrum secundatum*

Rumput *Stenotaphrum secundatum* adalah termasuk tanaman yang tumbuhnya bertahunan (*perennial*). Rumput *S. secundatum* sekarang tersebar luas di pantai tropis Afrika, Australia, dan Asia Tenggara. Tanaman ini dapat ditemukan dari permukaan laut hingga ketinggian 800 m. Kondisi pertumbuhan yang optimal adalah suhu rata-rata hari 20-30°C, curah hujan tahunan berkisar dari 750 mm hingga lebih dari 2000 mm, kondisi teduh hingga 60%, pada tanah mulai dari tanah berpasir hingga lempung ringan. Produksi dan morfologi rumput *S. secundatum* di lahan perkebunan sawit umur 3,5 tahun disajikan pada Tabel 1. Tinggi tanaman mencapai 40 cm, daunnya lebat bertekstur kasar dengan lebar 8,05 mm, berwarna hijau muda, panjang 90,33 mm, lebih lebar dibandingkan yang dilaporkan Xiaoya (2011) pada naungan 50% tanaman *S. secundatum* memiliki lebar daun (6,3 mm). Namun daun lebih panjang (187 mm).

Tabel 1. Produksi dan morfologi *S. secundatum* pada naungan 35% di lahan perkebunan sawit umur 3,5 tahun di Kabupaten Aceh Jaya, Provinsi Aceh

Parameter	Unit	Rataan
Tinggi tanaman	cm	40,49
Warna daun (hijau)	skala	2,35
Warna batang (hijau)	skala	2
Panjang daun	mm	90,33
Lebar daun	mm	8,05
Jumlah daun/batang	helai	15,95
Panjang batang	cm	9,55
Jumlah ruas batang	ruas	5,64
Lingkar batang	mm	8,52
Rasio daun/batang	rasio	0,75
Jumlah bunga	tangkai/m ²	1,4
Panjang tangkai bunga	cm	14,67
Jumlah kelopak biji		89,33
Produksi segar	kg/m ²	2,16
Kadar bahan kering (BK)	%	28,62
Produksi BK	kg/m ²	0,61

Sumber: Hutasoit 2019 (data pribadi)

Panjang perbungaan adalah 14,33 cm dan memiliki kelopak biji sebanyak 89 buah, namun biji yang dihasilkan sangat sedikit dan tidak ada yang hidup dipersemaian, biasanya diperbanyak secara vegetatif menggunakan pols dan stolon. Tanaman ini berkembang dengan cepat dari batang yang merayap membentuk stolon yang panjangnya 7-12 cm, memiliki banyak akar sehingga sangat membantu sebagai tanaman penutup tanaman perkebunan dan pengendali erosi pada lahan pantai. Pertumbuhan yang cepat melalui stolon membentuk kanopi daun yang rapat sehingga tahan terhadap serangan gulma. Aldous et al. (2014) melaporkan pertumbuhannya oleh stolon-stolon tersebut menyebar relatif cepat dibandingkan dengan spesies rumput yang terbentuk oleh biji dan rhizoma seperti kikuyu dan rumput sofa. Akar yang terbentuk dari ruas stolon mengikat tanah dengan rapat sehingga tahan terhadap injakan ternak bahkan di bawah penggembalaan yang berat. Produksi segar rumput *S. secundatum* di perkebunan sawit pada Tabel tersebut diatas sebanyak 2,16 kg/m² dengan kandungan bahan kering 28,62% lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Hanum et al. (2016) berkisar antara 30-43% pada perkebunan sawit umur delapan tahun. Rasio daun/batang sebesar 0,75 pada panen umur 50 hari merupakan hal yang bermanfaat bagi ternak karena daun lebih mudah dikunyah dan dicerna sehingga nutrisi di dalam rumput dapat diserap dan dimanfaatkan oleh ternak.

Rumput *S. secundatum* dapat tumbuh pada tanah alkali, tanah salin, dan pada kondisi kesuburan rendah

(Cook et al. 2005). Untuk mengatasi tantangan lingkungan, tanaman tersebut mengembangkan berbagai strategi untuk bertahan hidup, seperti menggugurkan daun, mengubah morfologi, atau menghasilkan senyawa tertentu yang membuat sel-selnya mampu bertahan pada perubahan lingkungan yang ekstrim. Rumput ini dapat meningkatkan laju infiltrasi air dan meningkatkan kapasitas penampung air, sangat bermanfaat selama periode kekeringan (Smith et al. 2002) walaupun dilaporkan tidak toleran pada musim kemarau yang sangat berkepanjangan, namun dapat bertahan hidup pada musim salju (FAO 2010).

PRODUKSI DAN KAPASITAS TAMPUNG RUMPUT *Stenotaphrum secundatum* DI LAHAN PERKEBUNAN SAWIT

Estimasi produksi rumput *Stenotaphrum secundatum* di lahan perkebunan sawit

Mengukur produksi hijauan pada lahan bebas tanpa ada pepohonan, berbeda dengan lahan yang ada pepohonannya seperti hijauan yang ada di bawah kebun sawit. Hal ini disebabkan karena adanya tegakan sawit dan piringannya yang selalu dibersihkan dari gulma. Menurut Daru et al. (2014) rumus yang digunakan yaitu: $P = C \times (10.000 - (LP \times JS))$, dimana P adalah produksi hijauan per hektar (kg), C adalah rata-rata

berat bahan kering (BK) hijauan per m², LP adalah luas piringan pada pohon kelapa sawit, dan JS adalah jumlah tanaman kelapa sawit dalam 1 hektar (pohon). Rataan produksi bahan kering *S. secundatum* yang tumbuh dibawah kebun sawit (Tabel 1) adalah 0,61 kg/m², luas piringan 2 m², dan jarak tanam kelapa sawit 9 x 9 m (81 m²) sehingga dalam satu hektar terdapat 123 pohon kelapa sawit. Dengan demikian produksi *S. secundatum* yang diperoleh dalam satu hektar luas lahan berdasarkan rumus diatas adalah 6.029 kg/ha.

Dengan memperhitungkan musim hujan dan kering pemanenan rumput ini dapat dilakukan rata-rata 50 hari sekali. Dalam satu tahun terdapat sebanyak tujuh kali pemanenan. Bila dikonversi hasil produksinya, maka dalam satu tahun memperoleh 42.209 kg BK/ha/tahun. Hasil ini lebih rendah dari yang dilaporkan oleh Sirait et al. (2010) pada naungan 55% menggunakan kanopi buatan paranet, produksi *S. secundatum* yang diperoleh sebesar 54 ton BK/ha/tahun, sementara tanpa naungan 33 ton BK/ha/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa rumput jenis *S. secundatum* memiliki pertumbuhan yang lebih baik pada daerah yang ternaungi, dibandingkan dengan yang tidak ternaungi.

Kapasitas tampung lahan perkebunan sawit dengan rumput *Stenotaphrum secundatum* untuk ternak sapi

Daya tampung atau kapasitas tampung (*carrying capacity*) adalah kemampuan padang penggembalaan untuk menghasilkan hijauan pakan ternak yang dibutuhkan oleh sejumlah ternak yang digembalakan dalam luasan satu hektar atau kemampuan padang penggembalaan untuk menampung ternak per hektar (Reksohadiprodjo 1994). Perhitungan kapasitas tampung mempunyai arti sangat penting bagi perencanaan pengembangan peternakan. Dengan diketahui kapasitas tampung di perkebunan kelapa sawit maka parameter produksi dapat di perhitungkan dengan tepat dan akurat untuk menghindari *overgrazing* (penggembalaan berlebihan) atau *undergrazing* (penggembalaan kurang). Ketepatan kapasitas tampung sangat menentukan keberhasilan sistem pengelolaan penggembalaan. Setiap satu satuan ternak (ST) diasumsikan atas dasar konsumsi seekor sapi dewasa dengan berat 325 kg, digunakan untuk menghubungkan berat badan ternak dengan jumlah makanan ternak yang dimakan (Hayes 2008).

Dari estimasi produksi rumput *S. secundatum* di bawah kebun sawit yang diperoleh sebesar 42.209 kg BK/ha/th diperkirakan dapat menampung sekitar 11,8

ST. Bila dikonversikan jumlah ternak yang dapat dipelihara dengan penanaman *S. secundatum*, maka dengan luas lahan sawit 14.459 ha yang ada saat ini di Kabupaten Aceh Jaya, Provinsi Aceh dapat menampung ternak sapi sebanyak 171.468 ST.

Jumlah satuan ternak yang diperoleh dengan pemanfaatan rumput *S. secundatum* di bawah kebun sawit sangat jauh berbeda bila dibandingkan menggunakan rumput alam. Beberapa peneliti telah melaporkan produksi rumput alam dibawah perkebunan. Hutasoit et al. (2017) melaporkan produksi rumput alam sebesar 4.966 kg BK/ha/th di bawah perkebunan sawit. Afrizal et al. (2014) melaporkan produksi rumput alam di perkebunan karet 3.946 kg BK/ha/th, sedangkan di perkebunan sawit sebesar 5.282,74 kg BK/ha/th. Taufan et al. (2014) melaporkan 3.205,1 kg/ha/th pada perkebunan sawit. Lebih lanjut dijelaskan bahwa produksi rumput alam tersebut tergolong rendah, rata-rata hanya menampung 0,5 satuan ternak (ST)/ha. Bahkan Ruslan et al. (2015) melaporkan dengan produksi BK hijauan yang ada di bawah kebun sawit yang berumur 7, 10 dan 14 tahun berturut-turut 811,40, 471,15 dan 456,91 kg/ha hanya memiliki kapasitas tampung 0,36, 0,2, dan 0,20 ST/ha. Dari hasil tersebut maka kapasitas tampung menggunakan jenis rumput *S. secundatum* jauh lebih tinggi satuan ternak yang diperoleh bila dibandingkan dengan pemanfaatan rumput alam yang ada di bawah perkebunan, serta memiliki kompetisi yang sangat baik terhadap gulma (OGTR 2018). Dengan demikian, tanaman *S. secundatum* dapat direkomendasikan sebagai tanaman pakan unggul mendukung ketersediaan pakan diareal perkebunan sawit karena memiliki karakter penting untuk dikembangkan dalam sistem integrasi yaitu toleransi yang tinggi terhadap naungan dengan tingkat produksi yang moderat (Ginting & Andi 2007).

Kandungan nutrisi *Stenotaphrum secundatum* di kebun kelapa sawit

Kandungan nutrisi dalam hijauan *S. secundatum* yang ditanam pada beberapa umur tanaman sawit serta taraf naungan yang berbeda disajikan pada Tabel 2. Kandungan nutrisi yang dihasilkan oleh rumput *S. secundatum* tergolong moderat, namun bervariasi pada masing-masing taraf naungan. Kandungan protein kasar optimal diperoleh pada taraf naungan 55%, dan cenderung menurun pada taraf naungan yang lebih rendah. Meskipun demikian, secara umum kandungan nutrisi tersebut diatas relatif cukup baik digunakan sebagai sumber pakan ternak.

Tabel 2. Komposisi nutrisi tanaman *S. secundatum* pada beberapa umur tanaman sawit dan taraf naungan yang berbeda

Parameter (%)	Pustaka				
	Hanum et al. (2016) taraf naungan (%)	Hutasoit (2019) taraf naungan (%)	Sirait et al. (2019) taraf naungan (%)		
	60	40	0	55	75
Bahan kering (%)	30,82	28,62	18,2	17,76	15,62
Abu (%)	-	12,63	9,27	12,01	10,58
Protein kasar (%)	13,68	8,69	11,19	14,19	12,56
Serat kasar (%)	-	25,93	34,47	34,31	31,76
Lemak kasar (%)	-	1,07	1,99	2,05	2,19
Fosfor (ppm)	0,294	-	-	-	-
Kalium (me/100 g)	2,043	-	-	-	-

Keterangan: Hanum et al. (2016) di perkebunan sawit umur 8 tahun
Hutasoit (2019) di perkebunan sawit umur 3,5 tahun
Sirait et al. (2019) di naungan buatan menggunakan paranet

Kandungan nutrisi dalam hijauan *S. secundatum* yang ditanam pada beberapa umur tanaman sawit serta taraf naungan yang berbeda disajikan pada Tabel 2. Kandungan nutrisi yang dihasilkan oleh rumput *S. secundatum* tergolong moderat, namun bervariasi pada masing-masing taraf naungan. Kandungan protein kasar optimal diperoleh pada taraf naungan 55%, dan cenderung menurun pada taraf naungan yang lebih rendah. Meskipun demikian, secara umum kandungan nutrisi tersebut diatas relatif cukup baik digunakan sebagai sumber pakan ternak.

Bila dibandingkan rumput *S. secundatum* tersebut diatas dengan kualitas rumput alam yang dilaporkan oleh Genosela et al. (2016), kandungan PK rumput alam yang diperoleh lebih rendah (4,7%). Namun PK rumput alam yang dilaporkan Taufan et al (2014) sebesar 8,25% relatif sama dengan kandungan PK rumput *S. secundatum* pada naungan 40% di lahan sawit umur 3,5 tahun, sedangkan pada umur 6 tahun kandungan PK rumput alam tersebut dapat mencapai 10,5%. Hal ini kemungkinan besar pada umur tersebut vegetasi yang tumbuh didominasi oleh jenis kacang-kacangan, eksisnya tanaman leguminosa berkombinasi dengan rumput alam dapat meningkatkan kandungan protein pakan (Ramos-Morales et al. 2010; Valbuena et al. 2012).

RAGAM VEGETASI ALAM DI AREAL PERKEBUNAN DAN PENGEMBANGAN *Stenotaphrum secundatum*

Tabel 3 menunjukkan bahwa rumput *S. secundatum* yang dikembangkan di areal kebun kelapa sawit umur 3,5 tahun tidak dapat tumbuh 100%, artinya masih terdapat persaingan dengan vegetasi alam

(gulma) lainnya. Vegetasi alam yang tumbuh di areal tanaman *S. secundatum* jumlahnya relatif sedikit. Meskipun teridentifikasi hanya 1,94%, menunjukkan bahwa spesies tersebut toleran terhadap naungan sawit dan dapat bertahan diantara rambatan dan himpitan rumput *S. secundatum*. Vegetasi alam yang tumbuh di areal pengembangan tanaman *S. secundatum* tersebut terdapat tujuh spesies, terdiri dari empat tipe berdaun lebar dan tiga tipe berdaun sempit dengan total produksi 420 kg/ha. Komposisi tertinggi dimiliki oleh *Alter nathea* (1,28%) dengan produksi biomassa 276 kg/ha, sedangkan yang terendah adalah *Phyllanthus niruri* (0,02%) dengan produksi 4,62 kg/ha. Tingginya produksi *S. secundatum* cenderung mengucilkan spesies rumput lain ketika kondisi padang rumput sudah merapat dan membatasi hasil produksi rumput lain pada keadaan tersebut (Tropical Forages 2013).

Dari hasil pengamatan pada tahun sebelumnya (Hutasoit et al. 2017) tanpa penanaman *S. secundatum* di areal kebun kelapa sawit umur enam tahun diperoleh ragam vegetasi alam yang tumbuh (Tabel 3) sebanyak 11 spesies rumput dengan enam tipe berdaun sempit dan lima tipe berdaun lebar, komposisi tersebut menunjukkan bahwa proporsi *P. conjugatum* (45,2%) lebih toleran terhadap naungan kelapa sawit, sedangkan komposisi yang paling sedikit adalah *S. indica* (1,1%). Pada areal kebun sawit yang ditanam *S. secundatum*, gulma yang tumbuh adalah: *Alter nathea*, *Cyperus rotundus*, *Cyrtococcum oxyphlum*, *Asistasia intrusa*, *Agratum conyzoides*, *Phyllanthus niruri*, dan *Otocola nodosa*. Spesies tersebut masih dapat tumbuh di antara tanaman *S. secundatum*, sementara *Alter nathea* yang memiliki produksi tertinggi tidak dapat bertahan hidup pada sawit umur enam tahun karena kondisi naungan

Tabel 3. Produksi dan komposisi gulma yang tumbuh di areal kebun kelapa sawit yang ditanami *S. secundatum* dan tanpa penanaman *S. secundatum*

Jenis tanaman	Tipe	Produksi (kg/ha)		Komposisi gulma (%)		Keterangan
		*Ditanami <i>S. secundatum</i>	**Tanpa penanaman <i>S. secundatum</i>	*Ditanami <i>S. secundatum</i>	**Tanpa penanaman <i>S. secundatum</i>	
<i>Alter nathea</i>	L	276,28		1,28		—
<i>Cyperus rotundus</i>	S	7,35	151,69	0,03	3,5	—
<i>Cyrtococcum oxyphyllum</i>	S	12,39	69,34	0,06	1,6	+
<i>Asistasia intrusa</i>	L	107,46	247,04	0,50	5,7	+
<i>Ageratum conyzoides</i>	L	6,30	56,34	0,03	1,3	—
<i>Phyllanthus niruri</i>	L	4,62	52,01	0,02	1,2	+
<i>Otocloa nodosa</i>	S	5,59	1516,90	0,03	35,0	+
<i>Paspalum conjugatum</i>	S		1958,97		45,2	+
<i>Axonopus compressus</i>	S		91,01		2,1	+
<i>Clemerotides sperma</i>	S		86,68		2,0	+
<i>Borreria latifolia</i>	L		56,34		1,3	—
<i>Stachytarpheta indica</i>	L		47,67		1,1	—
Jumlah		420	4334	1,94	100	

Keterangan: (S): sempit; (L): Lebar; (+): dimakan ternak; (-): tidak dimakan/kurang disukai ternak

Sumber: *Hutasoit 2019 (data pribadi), **Hutasoit et al. (2017)**Tabel 4.** Beberapa hijauan tropis yang toleran terhadap naungan

Toleran naungan	Rumputan	Kacang-kacangan
Tinggi	<i>Axonopus compressus</i>	<i>Desmodium heterophyllum</i>
	<i>Brachiaria miliiformis</i>	<i>Desmodium ovalifolium</i>
	<i>Ischaemum aristatum</i>	<i>Flemingia congesta</i>
	<i>Ottocloa nodosa</i>	<i>Mimosa pudica</i>
	<i>Paspalum conjugatum</i>	
	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	
Sedang	<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Arachis pintoi</i>
	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i>
	<i>Brachiaria humidicola</i>	<i>Centrosema pubescens</i>
	<i>Digitaria setivalva</i>	<i>Desmodium triflorum</i>
	<i>Panicum maximum</i>	<i>Pueraria phaseoloides</i>
	<i>Pennisetum purpureum</i>	<i>Desmodium intortum</i>
	<i>Setaria sphacelata</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
	<i>Urochloa mosambicensis</i>	<i>Desmodium canum</i>
		<i>Neonotonia wightii</i>
Rendah		<i>Vigna luteola</i>
	<i>Brachiaria mutica</i>	<i>Stylosanthes hamata</i>
	<i>Cynodon plectostachyus</i>	<i>Stylosanthes guianensis</i>
	<i>Digitaria decumbens</i>	<i>Zornia diphylla</i>
	<i>Digitaria pentzii</i>	<i>Macroptilium atropurpureum</i>

Sumber: Shelton et al. 1987

sudah semakin rapat, sementara *Ottocloa nodosa* yang merupakan salah satu komposisi terendah cukup exis pada tanaman sawit umur enam tahun yang merupakan komposisi terbesar kedua setelah *Paspalum conjugatum*.

Beberapa spesies hijauan berupa rumputan dan kacang-tanahan tahan terhadap naungan (Tabel 5), ketika nilai transmisi cahaya turun dibawah 40 atau 50% maka nilai produksi dan jumlah spesies sangat berkurang. Tabel tersebut mendefinisikan rumput *Stenotaphrum secundatum* termasuk dalam kategori toleran yang tinggi terhadap naungan. Secara agronomis performan pertumbuhannya relatif baik dibandingkan dengan di bawah sinar matahari penuh. Rumput *S. secundatum* adalah salah satu rumput paling toleran dan produktif dalam kondisi teduh dibandingkan dengan *Axonopus compressus*, *Pennisetum clandestinum* dan *Paspalum conjugatum* (Samarakoon et al. 1990). Hasil penelitian Sirait et al. (2005) juga menjelaskan bahwa produksi tajuk pada *S. secundatum* paling tinggi dibandingkan dengan rumput *Paspalum notatum* dan *Brachiaria humidicola* pada tingkat naungan 38%, dan masih meningkat pada kondisi naungan 55% maupun 75%.

PERAN *Stenotaphrum secundatum* TERHADAP PERTUMBUHAN TERNAK SAPI

Pemanfaatan rumput *Stenotaphrum secundatum* di areal perkebunan sawit

Pemanfaatan *S. secundatum* diperkebunan sawit dapat dilakukan dengan dua sistem, yaitu:

Potong angkut

Pemanenan rumput *S. secundatum* dilakukan dengan memperhatikan umur pemotongan, umur 30-40 hari pada musim hujan, dan 50-60 hari pada musim kemarau.



(A): *S. secundatum* dikebun kelapa sawit; (B): Pemberian *S. secundatum* pada ternak sapi

Gambar 2. Pemanfaatan *S. secundatum* dengan sistem potong angkut

Rumput ini sangat disukai ternak pada kondisi tanaman masih muda, tetapi palatabilitas dan pencernaan menurun bila tanaman sudah tua. Pemotongan rumput *S. secundatum* di areal perkebunan sawit sebaiknya dilakukan ketika umurnya masih muda, dipotong langsung dari kebun diberikan kepada ternak di kandang.

Informasi tentang dampak negatif *S. secundatum* sebagai pakan ternak sangat terbatas. Dilaporkan *S. secundatum* mengandung sekitar 1% oksalat dalam bahan kering tetapi ini tidak membuatnya beracun bagi ternak (FAO 2013), *S. secundatum* juga mengakibatkan kalsinosis (penumpukan kalsium dalam jaringan) pada sapi di Jamaika, meskipun demikian dilaporkan tanpa efek merugikan yang nyata (Tropical Forages 2013).

Rumput *S. secundatum* juga dianggap sebagai spesies hijauan untuk ruminansia di lingkungan tropis yang teduh dan lembab di negara-negara berkembang di mana petani kecil membutuhkan rumput yang kuat dan persisten (Mullen & Shelton 1996). Nilai gizinya yang moderatnya dapat ditingkatkan dengan menggabungkan spesies kacang-kacangan seperti *Leucaena leucocephala*, *Arachis pintoi* cv. Amarillo, *Aeschynomene americana* cv. Glenn dan *Desmodium spp.*

Digembalakan

Pemanfaatan rumput *S. secundatum* dengan sistem penggembalaan dilakukan dengan memperhatikan umur tanaman sawit, Hal ini dilakukan untuk menghindari kerusakan pada tanaman sawit yang masih muda ketika ternak digembalakan, kerusakan pada daun sawit bisa disebabkan oleh hewan yang sedang merumput di lokasi tersebut turut merenggut daun dan buah kelapa sawit. Kerusakan daun sawit yang masih muda mengakibatkan gangguan pertumbuhan tanaman sawit dan bertentangan terhadap sistem operasional pengelolaan kebun kelapa sawit.

Pemanfaatan rumput *S. secundatum* di kebun kelapa sawit dengan sistem penggembalaan sejauh ini memberikan kenyamanan pada ternak, dengan adanya naungan dapat mengurangi beban panas dari sinar matahari langsung, memberikan rasa sejuk pada ternak dan cenderung memiliki efek positif terhadap produktivitas ternak, sementara pohon kelapa sawit tidak terganggu pertumbuhannya karena kondisi daun sudah tinggi, jauh dari jangkauan dan renggutan ternak sapi. Disarankan penggembalaan dilakukan pada kebun sawit diatas umur enam tahun. Namun bagi ternak ruminansia kecil seperti domba dan kambing dapat digembalakan pada kebun kelapa sawit yang masih muda umur tiga tahun sedangkan untuk kebun kelapa berumur dua tahun (Simonnet 1990).



Gambar 3. Pemanfaatan *S. secundatum* dengan sistem penggembalaan di kebun kelapa sawit

Spesies ini juga telah diadopsi baik oleh peternak untuk digunakan sebagai padang penggembalaan sapi di bawah kebun kelapa di Kepulauan Pasifik karena kemudahan pertumbuhan dan toleransinya terhadap penggembalaan berat dalam jangka panjang (Mullen & Shelton 1996). Tahannya rumput tersebut terhadap injakan karena perakarannya yang banyak dan ketika tanaman rebah membentuk stolon akar terbentuk dan menjalar disetiap ruas tanaman.

Pertumbuhan ternak sapi dengan memanfaatkan rumput *Stenotaphrum secundatum*

Studi pemanfaatan rumput *S. secundatum* untuk pertumbuhan sapi masih sangat terbatas, karena untuk lahan penggembalaan biasanya di lahan yang terbuka luas dengan sinar matahari yang kuat, sementara rumput *S. secundatum* tidak tahan terhadap sinar matahari yang kuat. Untuk pemanfaatan rumput di bawah perkebunan kelapa atau sawit, biasanya hanya memanfaatkan rumput alam yang tumbuh. Data pemanfaatan rumput *S. secundatum* sebagai sumber pakan telah dilakukan di Kabupaten Aceh Jaya dalam sistem integrasi dengan kebun kelapa sawit dan ditampilkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Pertumbuhan ternak dalam sisitem intergrasi sawit - sapi dengan pemanfaatan rumput *S. secundatum* di Kabupaten Aceh Jaya Provinsi Aceh

Parameter pelaksanaan	Umur sapi (bulan)				
	6	12	24	36	48
BCS skala (3-4)	3,5	3,5	-	3,6	-
BCS skala (4-5)	-	-	4,5	-	4

BCS = *Body Condition Score*

Keterangan skor: 1) sangat kurus, 2) kurus, 3) sedang, 4) baik, 5) gemuk

Saat awal sebelum rumput *S. secundatum* diberikan yaitu rata-rata *Body Condition Score* (BCS) sapi pada tahun sebelumnya 3,5 dengan hanya menggunakan rumput alam sebagai pakannya (Hutasoit et al. 2017). Namun dengan dimanfaatkannya *S. secundatum* BCS yang diperoleh dari umur enam bulan sampai dengan 48 bulan memiliki rata-rata BCS 3,8 (berkisar antara 3,5-4,5). BCS menurun menjadi 3,6 pada umur 36 bulan disebabkan karena ternak melahirkan dan menyusui, dan kembali meningkat menjadi skor 4 ketika induk sudah pisah dari anak, selanjutnya induk kawin dan bunting kembali. Dengan demikian integrasi ternak sapi yang dilakukan secara ekstensif dengan *S. secundatum* di lahan perkebunan sawit terbukti mampu meningkatkan produktivitas ternak sapi.

PERAN *Stenotaphrum secundatum* TERHADAP PRODUKSI KELAPA SAWIT DALAM SISTEM INTEGRASI DENGAN TERNAK SAPI

Beberapa kajian terhadap kegiatan sistem integrasi sawit - sapi menunjukkan hal yang sangat positif terhadap pertumbuhan ternak dan tanaman kelapa sawit. Selain tersedianya rumput unggul *S. secundatum* sebagai sumber pakan ternak, juga dapat meningkatkan produksi tandan buah segar kelapa sawit. Hal ini disebabkan karena berjalannya sistem integrasi, dimana rumput dimanfaatkan oleh ternak, kemudian menghasilkan feses (kotoran) dan diolah menjadi kompos, sehingga dapat digunakan sebagai pupuk organik dikebun sawit, berdampak pada peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman kelapa sawit, disamping berkurangnya biaya pemupukan, penyiangan, dan penggunaan herbisida yang dilakukan dalam sekali tiga bulan diperkirakan sebesar empat juta rupiah/ha/tahun.

Hasil observasi terhadap produksi tandan buah segar (TBS) yang diperoleh dalam sistem integrasi sawit dengan ternak pada TM 3,5 tahun menunjukkan hasil TBS yang sangat tinggi (1,22 ton/ha/panen) atau sebesar 19,52 ton/ha/tahun. Hasil tersebut relatif tinggi dibandingkan dengan yang dilaporkan oleh Hafif et al. (2014), memperoleh produksi TBS pada umur 4,5 tahun sebesar 15,36 ton/ha/tahun, Hutasoit et al. (2017) melaporkan dengan penanaman tanaman leguminosa herba sebagai *cover crop* pada sawit umur lima tahun memperoleh hasil 17,64 ton/ha/tahun. Tingginya hasil yang diperoleh pada kegiatan ini kemungkinan besar efek dari penggunaan pupuk organik yang berlimpah diperoleh dari ternak sapi yang dipelihara dimanfaatkan untuk pertumbuhan kelapa sawit. Menurut Arsyad et al. (2012) bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah dan memberikan hara bagi tanaman. Pemberian bahan organik sebagai pupuk memberikan pengaruh yang sangat kompleks bagi pertumbuhan tanaman, karena

kemampuannya memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, selanjutnya dapat meningkatkan tandan buah segar kelapa sawit (Sari et al. 2015).

KESIMPULAN

Rumput *Stenotaphrum secundatum* merupakan salah satu jenis rumput yang sangat bermanfaat untuk ternak, karena dapat mendukung ketersediaan pakan khususnya di areal perkebunan sawit. Salah satu karakter penting pada tanaman tersebut adalah tingkat toleransinya terhadap naungan. Tanaman ini berkembang dengan cepat dari batang yang merayap membentuk stolon memiliki banyak akar sehingga sangat membantu sebagai tanaman penutup tanaman perkebunan dan pengendali erosi. Produksi relatif tinggi mencapai 42.209 kg BK/ha/tahun di lahan perkebunan sawit TM 3,5 tahun. Pemanfaatan rumput *S. secundatum* dapat dilakukan dengan sistem potong angkut dan digembalakan, menunjukkan pengaruh positif terhadap pertumbuhan ternak dan tanaman kelapa sawit. *S. secundatum* mampu menekan pertumbuhan gulma dan tersedianya pupuk organik dari kotoran sapi yang berlimpah, secara tidak langsung meningkatkan produksi buah kelapa sawit. Disimpulkan bahwa peran rumput *S. secundatum* di lahan perkebunan sawit dapat mendukung produktivitas ternak sapi dan meningkatkan produksi buah kelapa sawit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ibu Syarifah sebagai penyuluh di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Aceh dan bapak Nazaruddin ketua kelompok ternak Duglanggang, Kecamatan Setia Bakti, Kabupaten Aceh Jaya Provinsi Aceh atas partisipasinya dalam mengembangkan tanaman *Stenotaphrum secundatum* di bawah perkebunan sawit sebagai sumber pakan ternak dan membantu dalam pengamatan pertumbuhan serta pemanfaatannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad AR, Junedi H, Farni Y. 2012. Pemupukan kelapa sawit berdasarkan potensi produksi untuk meningkatkan hasil tandan buah segar (TBS) pada lahan marginal kumpeh. *J Penelitian Universitas Jambi*. 14:29-36.
- Afrizal, Rudy S, Muhtarudin. 2014. Potensi hijauan sebagai pakan ruminansia di Kecamatan bumi agung kabupaten lampung timur. *J Ilmiah Peternakan Terpadu*. 2:93-100.
- Cook BG, Pengelly BC, Brown SD, Donnelly JL, Eagles DA, Franco MA, Hanson J, Mullen BF, Partridge IJ, Peters M, Schultze-Kraft R. 2005. Tropical forages. Brisbane (Australia): CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI.
- Daru TP, Yulianti A, Widodo E. 2014. Potensi hijauan di perkebunan kelapa sawit sebagai pakan sapi potong di Kabupaten Kutai Kartanegara. *J Pastura*. 3:94-98.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2010. Grassland index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2013. Sustainable crop production intensification. [Internet]. [cited 23 February 2020]. Available from: <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/en>.
- Farizaldi. 2011. Produktivitas hijauan makanan ternak pada lahan perkebunan kelapa sawit berbagai kelompok umur di PTPN 6 Kabupaten Batanghari Propinsi Jambi. *J Ilmiah Ilmu-Ilmu Pet*. 2:68-73.
- Genosela VT, Oktovianus R. 2016. Analisis nutrisi rumput alam (*Mexicana grass*) dan rumput raja (*King grass*) sebagai pakan ternak di Kelompok Tani Nekmese Kecamatan Insana Barat pada musim kemarau. *JAS*. 1:22-23.
- Ginting S, Andi T. 2007. Kualitas nutrisi *Stenotaphrum secundatum* dan *Brachiaria humidicola* pada kambing. *JITV*. 11:273-279.
- Hafif B, Ernawati R, Pujiarti Y. 2014. Peluang peningkatan produktivitas kelapa sawit rakyat di Provinsi Lampung. *J Littri*. 20:100-108.
- Hanum C, Rauf A, Nasution I, Fazrin DA, Habibi AR. 2016. Nitrogen, phosphor, and potassium level in soil and oil palm tree at various composition of plant species mixtures grown. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 41:012008.
- Hayes M. 2008. Small cattle for small farm. CSIRO, Vic: Publishing. Collingwood (Australia): Landlinks Press.
- Humphreys LR. 1994. Tropical Forages: Their role in sustainable agriculture. London (UK): Longman Scientific & Technical.
- Hutasoit R, Juniar S, Tarigan A, Ratih DH. 2017. Evaluation of four pasture legumes species as forages and cover crops in oil palm plantation. *JITV*. 22:124-134.
- Hutasoit R, Rian R, Simon E, Antonius, Syarifah. 2017. Peran vegetasi alam dalam meningkatkan produktivitas sapi di Kabupaten Aceh Jaya. Mathius IW, Samsul B, Subandryo, penyunting. Bunga Rampai: Akselerasi pengembangan sapi potong melalui sistem integrasi tanaman ternak sawit-sapi. Bogor (Indonesia): IPB Press. hlm. 47-62.
- Ismail D, Wahab KHA. 2014. Sustainability of cattle-crop plantations integrated production systems in Malaysia. *Int J Develop Sustain*. 3:252-260.

- Mullen BF, Shelton HM. 1996. *Stenotaphrum secundatum*: A valuable forage species for shaded environments. Trop Grassl. 30:289-297.
- Nurhayati DP, Tiesnamurti B, Adinata Y. 2015. Ketersediaan sumber hijauan di bawah perkebunan kelapa sawit untuk penggembalaan sapi. Wartazoa. 24:47-54.
- [OGTR] Office of the Gene Technology Regulator. 2018. The biology of *Stenotaphrum secundatum* (Walter) Kuntze (buffalo grass) [Internet]. [cited 16 march 2020]. Available from: [www.ogtr.gov.au > internet > ogtr > publishing.nsf > Content](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content).
- Ramos-Morales E, Sanz-Sampelayo MR, Molina-Alcaide E. 2010. Nutritive evaluation of legume seeds for ruminant feeding. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl). 94:55-64.
- Reksohadiprodjo S. 1994. Produksi tanaman hijauan makanan ternak tropik. BPFE. Yogyakarta (Indonesia): UGM Press.
- Rosli BM, Wibawa W, Mohayidin MG, Adam BP, Juraimi AS, Awang Y, Lassim MB. 2010. Management of mixed weeds in young oil-palm plantation with selected broad-spectrum herbicides. J Trop Agric Sci. 33:193-203.
- Rusnan H, Kaunang CL, Yohanis LRT. 2015. Analisis potensi dan strategi pengembangan sapi potong dengan pola integrasi kelapa - sapi di Kabupaten Halmahera Selatan Provinsi Maluku Utara. J Zooteh. 35:187-200.
- Ruslan A, Gopar, Martono S, Rofiq MN, Windu N. 2015. Potensi cover crop kebun sawit sebagai sumber pakan hijauan ternak ruminansia pada musim kemarau di Pelalawan, Riau. J Sains Teknologi. 17:23-31.
- Samarakoon SP, Wilson JR, Shelton HM. 1990. Growth, morphology and nutritive quality of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. J Agric Sci Cambridge. 114:161-169.
- Sari VI, Sudrajat, Sugianta. 2015. Peran pupuk organik dalam meningkatkan efektifitas pupuk NPK pada bibit kelapa sawit dan pembibitan utama. J Agron Indonesia. 43:153-160.
- Shelton HM, Humphreys LR, Batello C. 1987. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and prospect. Trop Grassl. 21:159-168.
- Sirait J, Purwantari ND, Simanihuruk K. 2005. Produksi dan serapan nitrogen rumput pada naungan dan pemupukan berbeda. JITV. 3:175-181.
- Sirait J, Hutasoit R, Simanihuruk K. 2010. Juknis budidaya dan pemanfaatan rumput *Stenotaphrum secundatum* untuk ternak ruminansia petunjuk teknis. Bogor (Indonesia): Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Sirait J, Hutasoit R, Simanihuruk K. 2019. Performans rumput *Stenotaphrum secundatum* sebagai rumput toleran naungan di dua agroekosistem di Sumatera Utara. Dalam: Eny M, Elizabeth W, Damayanti R, Praharani L, Kostaman T, Pasaribu T, Romjali E, Anggaraeny Y, Rijanto H, Bambang H, Yulianto R et al., penyunting. Teknologi Peternakan dan Veteriner Mendukung Kemandirian Pangan di Era Industri 4.0. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Jember, 15-17 Oktober 2019. Jember (Indonesia): Puslitbang Peternakan. hlm. 791-800.
- Simonnet P. 1990. Sheep flock management in a tropical environment under coconut. Agneux. 45:451-455.
- Smith J, Valenzuela H. 2002. St. Augustinegrass. Sustainable Agriculture Cover Crops, 4. Cooperative extension service, College of tropical agriculture and human resources, University of Hawaii at Manoa.
- Sugiyono, Edy S, Sutarta W, Darmosarkoro, Heri S. 2005. Peranan perimbangan K, Ca dan Mg tanah dalam rekomendasi pemupukan kelapa sawit. Pertemuan Teknis Kelapa Sawit PPKS 19-20 April 2005.
- Stur WW, Shelton HM. 1990. Review of forage resources in plantation crops of Southeast Asia and the Pacific. In: Forages for Plantation Crops. Shelton HM, Stur WW, editors. Proceeding of ACIAR No. 32. Bali, 27-29 Juni 1990. Canberra (Australia): ACIAR. p. 25-31.
- Taufan P, Daru, Arliana Y, Eko W. 2014. Potensi hijauan di perkebunan kelapa sawit sebagai pakan sapi potong di Kabupaten Kutai Kartanegara. J Pastura. 3:94-98.
- Tropical Forages. 2013. Tropical forages: an interactive selection tool. [Internet]. [cited 3rd February 2020]. Available from: <http://www.tropicalforages.info/index.htm>.
- Valbuena D, Erenstein O, Homann-Kee Tui S, Abdoulaye T, Claessens L, Duncan AJ, Grard B, Rufino MC, Teufel N, van Rooyen A, van Wijk MT. 2012. Conservation agriculture in mixed crop-livestock systems: Scoping crop residue trade-offs in Sub-Saharan Africa and South Asia. F Crop Res. 132:175-184.
- Wong CC. 1990. Shade tolerance of tropical forages: A Review. In: Forages for plantation crops. Shelton HM, Stur WW, editors. Proceeding of ACIAR No. 32. Bali, 27-29 Juni 1990. Canberra (Australia): ACIAR. p. 25-31.
- Xiaoya C. 2011. Response of 'Captiva' St. Augustinegrass to shade and potassium. Hortscience. 46:1400-1403.
- Zamri MS, Azhar K. 2015. Issues of ruminant integration with oil palm plantation. J Oil Palm Res. 27:299-305.

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 Nomor 1 Tahun 2020, masing-masing kepada:

1. Prof. Dr. drh. Sjamsul Bahri, M.S. : Patologi dan Toksikologi – Balai Besar Penelitian Veteriner
2. Prof. Dr. Ir. I Wayan Mathius, M.Sc. : Pakan dan Nutrisi Ternak – Balai Penelitian Ternak
3. Prof. Dr. Budi Haryanto : Pakan dan Nutrisi Ternak – Balai Penelitian Ternak
4. Dr. drh. R. M. Abdul Adjid : Virologi – Balai Besar Penelitian Veteriner

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

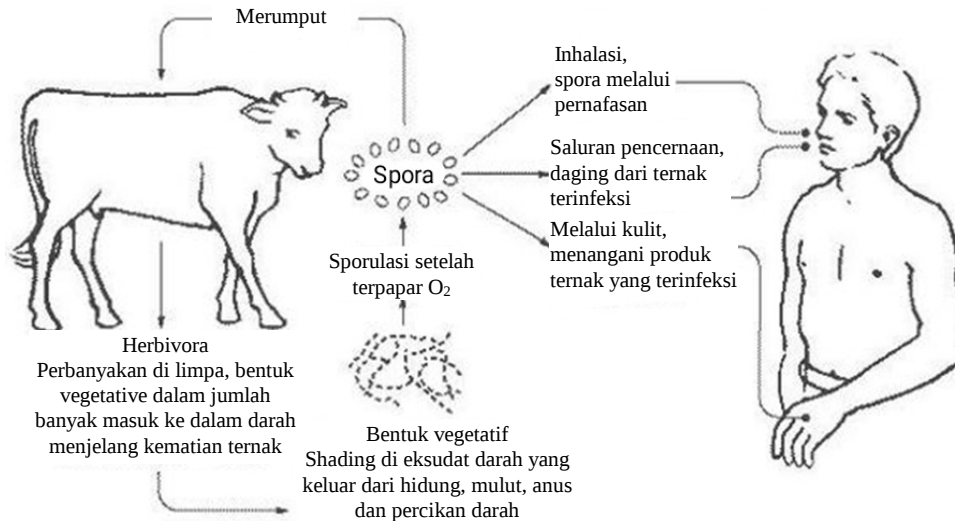
td: Data tidak tersedia; BKLT: Berat kering tanpa lemak

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:

