

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

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

WARTAZOA

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

Volume 32
Nomor 3
September 2022



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

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 32 Nomor 3 Tahun 2022

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

Mitra Bestari:

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

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

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

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

Dr. Ir. VM Ani Nurgartiningih, MSc. (Universitas Brawijaya – Pemuliaan dan Genetika Ternak)

Penyunting Pelaksana:

Nandi Hendriana, ST, MKom.

Ivoni Christyani Sembiring, SSos.

Pringgo Pandu Kusumo, AMd.

Muhamad Indra Fauzy, AMd.

Alamat:

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan

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

Telepon (0251) 8322185; Faksimile (0251) 8380588

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

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

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

KATA PENGANTAR

Badan Litbang Pertanian melalui Unit Kerja Puslitbang Peternakan telah merespon kebutuhan bibit unggul beberapa ternak lokal melalui serangkaian kegiatan riset pemuliaan sejak awal tahun 2000-an. Dalam proses pengembangannya di masyarakat, akses pembiayaan menjadi salah satu faktor utama yang sangat diperlukan sekaligus menjadi faktor pembatas peternak selama ini. Oleh sebab itu, pemerintah saat ini telah me-*launching* Program Kredit Usaha Rakyat (KUR) dapat dimanfaatkan oleh peternak dalam mengembangkan usahanya dengan bibit berkualitas. Tetapi, fasilitasi permodalan perlu diikuti dengan pendampingan dan asistensi kepada para peternak sebagai calon debitur pengusul KUR guna mempercepat proses perolehan modal bagi peternak.

Usaha ternak sapi perah nasional masih dilakukan oleh mayoritas peternak rakyat sehingga diperlukan kebijakan yang tepat dalam pengembangannya. Pemecahan permasalahan pengembangan peternakan sapi perah di Indonesia membutuhkan pendekatan secara holistik dari hulu-hilir. Rekomendasi kebijakan pengembangan peternakan sapi perah menggunakan pendekatan sistem dinamis dapat dilakukan melalui penerapan *good dairy farming practices*, optimalisasi sumber daya lokal, pemberdayaan peternak dan kelembagaan, pemanfaatan teknologi tepat guna, pengendalian pemotongan sapi betina produktif, penguatan koperasi susu, pelatihan bagi peternak, peningkatan skala usaha; dan peningkatan populasi melalui impor induk sapi perah. Namun demikian, dibutuhkan pengembangan model dari hulu-hilir secara holistik untuk memberikan alternatif rekomendasi kebijakan terkini dalam pengembangan peternakan sapi perah di Indonesia.

Luas lahan salin di Indonesia akan terus meningkat dan berpotensi untuk pengembangan tanaman pakan ternak (TPT). Pengembangan lahan salin memiliki faktor pembatas kadar garam yang tinggi sehingga berpengaruh terhadap produktivitas dan kualitas nutrisi TPT. Dalam beradaptasi terhadap salinitas, tanaman akan menurunkan keragaan morfologi, memperkecil transpirasi tanaman, dan penurunan stomata. Budidaya TPT toleran salin dapat dilakukan dengan pemupukan, modifikasi media tanah, dan penggunaan varietas toleran salin sehingga menghasilkan produktivitas yang hampir sama dengan produktivitas pada lahan normal.

Polutan logam berat dari lingkungan dapat memasuki sistem tubuh hewan dan manusia melalui rantai makanan. Beberapa kasus keracunan logam berat pada hewan konsumsi telah dilaporkan terutama pada hewan-hewan yang digembalakan di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah. Patologi anatomi dan histopatologi akibat keracunan logam berat Arsenic (As), Cadmium (Cd), Cooper (Cu), Mercury (Hg), Mangan (Mn) dan Lead (Pb) yang difokuskan pada hewan laboratorium dan ayam sebagai hewan model keracunan pada ternak konsumsi. Secara umum, organ yang banyak terdampak akibat logam berat adalah hati, ginjal, testis, dan ovarium.

Imbuhan pakan guna menekan pengaruh gas rumah kaca terhadap perubahan iklim dan sebagai alternatif senyawa antibiotik pemacu pertumbuhan terus dicari. Salah satu senyawa yang berpotensi menjadi imbuhan pakan tapi belum banyak diketahui dan dimanfaatkan adalah senyawa asam anardat yang banyak ditemui di dalam cangkang biji mete. Senyawa anardat atau ekstrak cangkang kacang mete yang berisi asam anardat dan derivatnya memiliki kemampuan menekan gas metana yang diproduksi di dalam rumen ternak ruminansia. Selain itu, senyawa ini meningkatkan produksi asam propionat di dalam rumen yang bermanfaat untuk pembentukan daging ternak ruminansia. Penggunaannya sebagai imbuhan pakan untuk ternak ruminansia di Indonesia akan berkontribusi menekan emisi gas rumah kaca dan meningkatkan produktivitas ternak ruminansia. Penggunaannya sebagai imbuhan pakan untuk ternak ruminansia di Indonesia akan berkontribusi menekan emisi gas rumah kaca dan meningkatkan produktivitas ternak ruminansia.

Bogor, September 2022

Ketua Dewan Penyunting

WARTAZOA

Buletin Ilmu Peternakan dan Kesehatan Hewan Indonesia

Volume 32 Nomor 3 (September 2022)

ISSN 0216-6461

e-ISSN 2354-6832

DAFTAR ISI

Halaman

Fasilitasi Pembiayaan Mendukung Hilirisasi Inovasi Bibit Unggul Ternak (Financial Facilitation to Support Commercialization of Superior Breed Innovation) Atien Priyanti dan N Chasanah	119-132
Pendekatan Sistem Dinamis dalam Kebijakan Pengembangan Peternakan Sapi Perah di Indonesia (A Systems Dynamic Approach for Modeling Policy of Dairy Cattle Development in Indonesia) Priyono, R Nuralina, Burhanuddin dan N Ilham	133-142
Tanaman Pakan Ternak Toleran Salin: Karakteristik, Kandungan Nutrisi, Produktivitas dan Budidaya (Tolerant Saline Forage: Characteristic, Nutrient Content, Productivity and Cultivation) Harmini, A Fanindi dan MC Hadiatry	143-150
Patologi Keracunan Logam Berat pada Hewan Coba sebagai Hewan Model untuk Keracunan pada Ternak (Pathology of Heavy Metals Toxicity in Experimental Animal as Model Animals for Poisoning in Livestock) Rida Tiffarent, DD Sugiartanti, S Wahyuwardani dan RZ Ahmad	151-164
Senyawa Bioaktif Asam anakardat : Karakteristik Kimiawi dan Biologis serta Aplikasinya Pada Ternak Ruminansia (Chemical and Biological Characteristics of Anacardic acid as a Bioactive Compound and Its Application on Ruminant) Elizabeth Wina dan A Saenab	165-176

Fasilitasi Pembiayaan Mendukung Hilirisasi Inovasi Bibit Unggul Ternak (Financial Facilitation to Support Commercialization of Superior Breed Innovation)

Atien Priyanti dan N Chasanah

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Jl. Raya Pajajaran Kav E59 Bogor 16128. Indonesia
Kontributor utama: atienpriyanti@yahoo.com

(Diterima 19 Juli 2022 – Direvisi 15 Agustus 2022 – Disetujui 5 September 2022)

ABSTRACT

Livestock products innovation, especially of those superior breeds have become one of the solutions in the development of livestock production, because the availability of good quality breed is very limited. Indonesian Agency of Agricultural Research and Development through Indonesian Center for Animal Research and Development Implementing Units have responded these needs through breeding research activities since the early 2000s. These efforts have produced some superior local breeds, i.e. beef cattle, sheep, goats, chicken, duck and rabbit that are ready to be disseminated to the community in order to contribute to protein consumption fulfillment from livestock. Massive distribution of livestock superior seeds is expected to expand the range of their use in the community and lead to increased production. One of the determinant factors to develop the process of its development is availability of financial access, which most farmers in general are very much constrained by capital asset. Therefore, facilitation support is needed to increase capital capacity that can accommodates the business characteristics. Objective of the manuscript is to review of facilitation support needed of the superior breed innovative research that disseminate to maintain sustainability of its development. In recent years, the Government has launched program of People's Business Credit (KUR) that could be optimized to scaling up farmers' farming with good quality breed. As a banking product, the accessibility of KUR requires an economically feasible business scale so that business guarantees can be sustainable with adequate cash flow. Meanwhile, livestock farmings are still dominated by small scale farmers and not yet for production oriented to reach its profitability. Supervision and technical guidances need to be consistently assisted to farmers as prospectuous KUR debtor program in order to accelerate the process on disbursement of credit to supply their capital asset.

Key words: KUR, commercialization, innovation, superior breed, livestock

ABSTRAK

Inovasi produk peternakan, terutama bibit unggul ternak menjadi salah satu solusi dalam pengembangan usaha peternakan, karena jumlah bibit ternak berkualitas masih terbatas. Badan Litbang Pertanian melalui Unit Kerja Puslitbang Peternakan telah merespon kebutuhan bibit unggul beberapa ternak lokal melalui serangkaian kegiatan riset pemuliaan sejak awal tahun 2000-an. Upaya tersebut telah menghasilkan bibit unggul ternak untuk sapi potong, domba, kambing, ayam, itik dan kelinci yang siap dikembangkan dan didiseminasikan kepada masyarakat guna berkontribusi terhadap pemenuhan konsumsi protein asal ternak. Penyebaran bibit unggul ternak secara *massive* diharapkan dapat memperluas jangkauan pemanfaatannya di masyarakat dan bermuara pada peningkatan produksi. Dalam proses pengembangannya di masyarakat, akses pembiayaan menjadi salah satu faktor utama yang sangat diperlukan sekaligus menjadi faktor pembatas peternak selama ini. Oleh karenanya, diperlukan dukungan fasilitasi peningkatan kapasitas permodalan yang dapat mengakomodir karakteristik usahanya. Penulisan makalah ini bertujuan untuk memberikan ulasan terkait dengan upaya fasilitasi proses diseminasi inovasi bibit unggul ternak hasil riset untuk mendukung pengembangan di masyarakat yang berkelanjutan. Saat ini, pemerintah telah me-*launching* Program Kredit Usaha Rakyat (KUR) dapat dimanfaatkan oleh peternak dalam mengembangkan usahanya dengan bibit berkualitas. Sebagai produk perbankan, aksesibilitas KUR menuntut skala usaha yang layak secara ekonomi sehingga jaminan usaha dapat berkesinambungan dengan arus kas (*cash flow*) yang memadai. Di sisi lain, usaha peternakan selama ini masih didominasi oleh pelaku usaha skala rakyat sehingga belum memenuhi kaidah produksi yang berorientasi pada optimalisasi keuntungan. Fasilitasi permodalan juga perlu diikuti dengan pendampingan dan asistensi kepada para peternak sebagai calon debitur pengusul KUR guna mempercepat proses perolehan modal bagi peternak.

Kata kunci: KUR, hilirisasi, inovasi, bibit unggul, peternakan

PENDAHULUAN

Produk pangan asal ternak merupakan sumber protein hewani penting dalam struktur pangan yang

memberikan andil besar terhadap perbaikan gizi masyarakat dan relevan dengan program pemerintah dalam membangun masa depan sumber daya manusia yang berkualitas. Selama satu dekade terakhir, produk pangan asal ternak seperti daging, telur, dan susu

mengalami perkembangan yang dinamis. Total produksi pangan asal ternak sampai dengan tahun 2020 dikontribusikan secara berturut-turut sebesar 41,60%; 49,97%; dan 8,43% untuk daging, telur dan susu. Telur mengalami perkembangan paling signifikan dengan laju pertumbuhan rata-rata mencapai 21,92% dengan produksi sebesar 5,62 juta ton, dimana sebagian besar diperoleh dari telur ayam ras (89,80%). Dominasi ayam ras juga terjadi pada produksi daging nasional dengan kontribusi 70,05% dari total produksi sebesar 4,68 juta ton. Selama periode tersebut, produksi daging nasional mengalami pertumbuhan rata-rata sebesar 7,46%. Dalam perkembangannya, daging dan telur sempat mengalami puncak produksi pada tahun 2017 namun mengalami penurunan sangat signifikan, bahkan produksi daging mencapai pertumbuhan -4,31% pada akhir periode. Pertumbuhan yang negatif (-4,89%) juga terjadi pada produksi susu, menghasilkan pertumbuhan rata-rata yang masih sebesar -0,02% pada angka produksi 947,70 juta ton pada tahun 2020 (Ditjen PKH 2015; 2020).

Selain daging dan telur ayam ras, komoditas pendamping utama lainnya berdasarkan persentase kontribusinya dalam struktur produksi nasional adalah daging sapi, daging babi, daging ayam buras, serta telur ayam buras dan itik. Selain komoditas-komoditas tersebut, daging domba menjadi produk potensial yang justru menunjukkan pertumbuhan cukup signifikan (42,95%) selama satu dekade terakhir meskipun masih memberikan kontribusi yang tidak terlalu tinggi (Ditjen PKH 2020). Hal ini seiring dengan mulai terbukanya pasar ekspor kambing dan domba ke beberapa negara utama seperti Malaysia dan Brunei Darussalam. Pangsa pasar utama lainnya adalah beberapa negara Timur Tengah (khususnya Arab Saudi) dengan permintaan untuk pemenuhan kebutuhan kurban sampai dengan 3 juta ekor per tahun yang sampai saat ini masih belum dapat dipenuhi sepenuhnya. Dengan asumsi kebutuhan dalam negeri tercukupi, Indonesia baru dapat memproyeksikan pertumbuhan ekspor sebesar 20% dengan capaian tingkat kemampuan ekspor keduanya mencapai 1,5 juta ekor pada tahun 2021 (Noor & Hidayat 2017).

Meski demikian, secara umum neraca perdagangan produk peternakan masih defisit sebesar US\$ 3.201,2 juta (5,22%) pada tahun 2019. Hal ini diikuti dengan penurunan rasio nilai ekspor terhadap nilai impor setahun sebelumnya yang menurun dari 1:5,8 menjadi 1:5,3 (Ditjen PKH 2020). Kondisi tersebut disebabkan oleh kecenderungan semakin meningkatnya importasi produk impor untuk memenuhi kebutuhan nasional. Kenaikan konsumsi pangan asal ternak meningkat seiring dengan perkembangan jumlah penduduk, tingkat sosialisasi dan kesadaran asupan gizi seimbang, peningkatan pendapatan, serta perubahan gaya hidup masyarakat

(Priyanti et al. 2017). Sampai saat ini, hanya daging ayam ras, telur ayam ras, serta daging kambing dan domba dari beberapa komoditas utama peternakan yang tercatat mengalami neraca surplus. Sementara itu, daging sapi sebagai sumber utama daging merah masih mengalami proyeksi defisit sampai dengan 268 ribu ton pada tahun 2024. Defisit masih terus terjadi karena laju peningkatan produksi secara umum masih lebih rendah dibandingkan laju peningkatan konsumsinya (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian 2020a; 2020b; 2020c; 2020d).

Dalam rangka mengupayakan substitusi impor, pemerintah telah mengupayakan percepatan peningkatan produksi melalui berbagai kebijakan seperti Program SIKOMANDAN (Sapi dan Kerbau Andalan Dalam Negeri) dan Integrasi Tanaman-Ternak untuk peningkatan populasi ternak. Dari sisi riset, pemerintah terus mengupayakan produk inovasi bibit unggul ternak hasil pemuliaan melalui pemanfaatan keragaman sumber daya genetik. Melalui satuan kerja di bawah lingkupnya, Badan Litbang Pertanian melakukan perbanyakan dan diseminasi hasil inovasi tersebut di dalam sebuah kelembagaan perbibitan Unit Pengelola Benih Sumber/Bibit Unggul (UPBS/BU). Di samping itu, Badan Litbang Pertanian juga melakukan kerja sama dengan pihak ketiga pemegang lisensi untuk masalisasi hasil inovasi kepada masyarakat (Priyanti et al. 2020).

Dari sisi pelakunya, pengembangan produk inovasi khususnya bibit ternak unggul menghadapi tantangan lemahnya kapasitas permodalan di tingkat peternak karena usaha yang masih parsial dan belum memenuhi kaidah kelayakan secara ekonomi. Hal ini menyebabkan gap manfaat ekonomi dari pemanfaatan bibit unggul di masyarakat dari potensi optimalnya. Sebagai dukungan terhadap sektor produksi mikro termasuk usaha ternak yang mandiri dan berkelanjutan, sejak tahun 2007 pemerintah telah me-*launching* program Kredit Usaha Rakyat (KUR) dengan subsidi tingkat suku bunga rendah. Dalam perkembangannya, implementasi KUR dari aspek kebijakan terbagi menjadi empat periode yakni: (i) Kebijakan KUR periode Skema Imbal Jasa Penjaminan (IJP) (2007-2014), (ii) Kebijakan KUR periode Skema Subsidi Bunga/Marjin (2015-2020), (iii) Kebijakan KUR di masa pandemi Covid-19, dan (iv) Kebijakan KUR tahun 2021 sebagai bagian dari Program Pemulihan Ekonomi Nasional. Perubahan skema KUR dari IJP ke subsidi bunga/marjin hingga saat ini menghasilkan penetapan suku bunga menjadi *single digit* dari 12% menjadi 9%. Kebijakan dilanjutkan dengan penetapan suku bunga 6% melalui Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 8 Tahun 2019 tentang Pedoman Pelaksanaan Kredit Usaha Rakyat. Akibat Pandemi Covid-19, kebijakan kembali mengalami perubahan dengan ditetapkan suku bunga 6%

sampai 31 Desember 2020 yang dilanjutkan dengan perpanjangan relaksasi pada tingkat bunga 3% sampai dengan 31 Desember 2021.

Dinamika perubahan kebijakan KUR mengakomodir fokus pemerintah terhadap penyaluran pembiayaan untuk sektor produksi. KUR untuk sektor produksi (non perdagangan) yang dialokasikan minimal 40% pada tahun 2017, 50% pada tahun 2018, dan 60% pada tahun 2019 dan 2020, termasuk di dalamnya mencakup sektor pertanian termasuk subsektor peternakan. Berfokus pada subsektor dengan penciri masih terbatasnya kapasitas sumberdaya manusia, implementasi program KUR berdampingan dengan upaya diseminasi hasil inovasi riset peternakan memerlukan pendampingan dan asistensi yang intensif. Makalah ini disusun untuk memberikan ulasan tentang fasilitasi pembiayaan melalui KUR dalam upaya pendampingan dan asistensi teknis untuk menjamin karakteristik usaha ternak dapat terakomodir dan diterjemahkan dengan baik ke dalam skema pembiayaan dalam format perbankan yang ada. Kasus yang diangkat dalam ulasan kali ini secara komprehensif telah dilakukan pada pengembangan Ayam KUB, namun inovasi galur maupun rumpun ternak sebagai bibit unggul layak untuk memperoleh layanan KUR dalam proses pengembangannya. Diharapkan melalui proses yang telah dilakukan pada Ayam KUB, dapat menjadi *lesson learned* bagi bibit unggul ternak lainnya sesuai dengan karakteristik usaha pengembangannya. Seluruh inovasi galur ataupun rumpun ternak sebagai bibit unggul secara ekonomi telah dikaji kelayakannya karena hal ini merupakan salah satu syarat pelepasan galur/rumpun ternak dalam upaya pengembangan usaha.

INOVASI BIBIT UNGGUL PETERNAKAN

Sebagai salah satu pusat keragaman genetik ternak di dunia, posisi strategis Indonesia untuk menghasilkan berbagai hasil inovasi riset memerlukan dukungan kebijakan pengelolaan pemanfaatannya. Riset peternakan menghadapi tantangan untuk memastikan inovasi menjadi jawaban atas kebutuhan *stakeholder* sehingga memberikan manfaat yang signifikan dirasakan oleh masyarakat. Melalui perakitan sumber daya genetik, Badan Litbang Pertanian telah berkontribusi menghasilkan 12 galur/rumpun baru ternak yang adaptif dengan agroklimat Indonesia melalui SK Menteri Pertanian, dimana pada tahun 2021 telah dilepas juga Ayam Gaosi-1 Agrinak dan Ayam KUB Janaka Agrinak masing-masing berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian No.

692/KPTS/PK.040/M/11/2021 dan Keputusan Menteri Pertanian No. 768/KPTS/PK.020/M/12/2021.

Hasil inovasi peternakan yang telah dilepas terdiri dari berbagai komoditas yang mewakili masing-masing jenis ternak utama dengan tujuan pemuliaan tertentu. Hasil inovasi tersebut dirangkum di dalam Tabel 1. Pada komoditas ayam lokal, implementasi pemanfaatan keragaman genetik dilakukan dengan strategi pembentukan bibit *Grand Parent Stock* (GPS) maupun *Parent Stock* (PS) ayam lokal melalui seleksi *pure line* dan 4 ways crossing dari *pure line* yang sudah ditentukan sehingga prediksi pembentukan GPS ayam lokal dapat dilakukan (Sartika 2012). Saat ini, Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan ayam KUB, Sensi Agrinak, Gaosi dan Janaka sebagai galur ayam lokal unggul. Per Juli 2020, sebaran ayam KUB telah mencapai 33 wilayah provinsi di seluruh Indonesia. Populasi sebaran telah mencapai 1.839.664 ekor dengan persentase terbesar berada di wilayah Jawa Barat dan Jawa Tengah. Tahun 2018 dan 2019 menjadi puncak momentum diseminasi dan popularitas ayam KUB-1 secara nasional sebagai dampak dicanangkannya Program Bedah Kemiskinan Rakyat Sejahtera (BEKERJA) oleh Kementerian Pertanian. Ayam KUB menarik minat masyarakat sebagai ayam lokal unggulan dengan potensi yang cukup tinggi akibat adanya pangsa pasar tertentu untuk produk ayam lokal. Hal ini ditandai dengan kemunculan peternak-peternak baru dan tingginya permintaan bibit di beberapa wilayah. Provinsi Jawa Tengah misalnya, popularitas ayam KUB-1 telah berhasil menciptakan iklim wirausaha mandiri bagi para peternak binaan BPTP Jawa Tengah yang membentuk Perkumpulan Peternak Ayam KUB (aNAK aKUB) dan telah berbadan hukum sejak tahun 2020. aNAK aKUB berkembang dengan membawahi 9 Dewan Pimpinan Wilayah (DPW) yang berkedudukan di Kota Salatiga, Kota Semarang, Kabupaten Semarang, Kabupaten Rembang, Kabupaten Grobogan, Kabupaten Jepara, Kabupaten Banjarnegara, Kabupaten Boyolali, dan Kabupaten Kudus (Priyanti et al. 2020).

Bibit unggas lokal lainnya yang memiliki prospek pasar cukup baik adalah itik yang diproduksi oleh Balai Penelitian Ternak (Balitnak). Sampai tahun 2019, Balitnak telah memproduksi 41.596 ekor bibit itik dan telah disebar ke 6 provinsi baik melalui lembaga pemerintah maupun perorangan. Ke-enam provinsi wilayah sebaran tersebut adalah Jawa Barat (Bogor, Sukabumi, Tasikmalaya, Karawang, Bekasi, Cianjur, dan BB Padi); Jawa Tengah (Polbangtan Magelang); Jawa Timur (BPTP Jawa Timur); Lampung (BPTP Lampung); Sumatera Utara (Medan); dan Sulawesi Selatan (Mamuju) (Kostaman et al. 2020).

Tabel 1. Inovasi bibit unggul ternak Balitbangtan

Rumpun/galur	Keunggulan	SK Pelepasan Keputusan Menteri Pertanian
Ayam KUB	Rataan produksi telur: 160-180 butir/ekor/tahun; Umur bertelur pertama: 20-22 minggu; Bobot badan dewasa: 1200-1600 gram; Produksi telur 50%	274/Kpts/SR.120/2/2014
Domba Compass Agrinak	Relatif tahan terhadap serangan cacing <i>Haemonchus contortus</i> ; Rataan litter size: 1,3-1,6 kg/induk; Rataan bobot lahir: 2,8±0,7 kg; Bobot badan umur 11 bulan: 30 kg	1050/Kpts/SR.120/10/2014
Itik Mojomaster Agrinak	Perkawinan pejantan dengan Alabio betina akan menghasilkan itik Master dengan produksi telur tinggi (74% per tahun) umur pertama bertelur relatif cepat (4-5 bulan), dan pemisahan DOD jantan dan betina dapat dilakukan dengan mudah berdasarkan warna bulu	360/Kpts/PK.040/6/2015
Itik Alabimaster Agrinak	Rataan produksi telur: 265 butir/tahun; Masa produksi telur: 10-12 bulan/siklus; Pertumbuhan lebih cepat tanpa rontok bulu; Kematian relatif rendah	360/Kpts/PK.040/6/2015
Ayam Sensi Agrinak	Bobot dewasa jantan: 2381 gram; Bobot dewasa betina: 1528 gram; Produksi telur: 52%	39/Kpts/PK.020/1/2017
Kelinci Rexsi Agrinak	Bobot lahir: 55 gram/ekor; Bobot umur 6 minggu: 652 gram; Jumlah anak sekelahiran: 6-8 ekor; Bobot induk: 2.932,13 gram/ekor; Bobot pejantan: 2.744 gram	303/Kpts/SR.120/5/2017
Domba Bahtera Agrinak	Bobot badan umur 12 bulan: 21 kg; Jumlah anak sekelahiran: 1,5 ekor/induk; Tidak mengenal musim beranak; Adaptif di daerah tropis; Umur pubertas: 306 hari	06/Kpts/PK.040/M/1/2020
Domba Komposit Garut	Kisaran bobot lahir: 2,85 – 3,04 kg; Bobot umur setahun: 29,96 – 35,45 kg; Jumlah anak sekelahiran: 1,5-1,8 ekor/induk	07/Kpts/PK.040/1/2020
Kambing Boerka Galaksi Agrinak	Adaptif terhadap berbagai agroklimat; Toleran pakan berkualitas rendah; Pertambahan bobot badan harian: 120 gr/ekor/hari; Bobot dewasa jantan: 45-55 kg; Bobot dewasa betina: 35 kg	08/Kpts/PK.040/1/2020
Kelinci Reza Agrinak	Bobot badan umur 20 minggu: 2.860 gram; Jumlah anak sekelahiran: 5,87 ekor/induk; Bobot sapih: 553 gram/anak; Umur kawin betina: 5-6 bulan; Umur bibit jantan: 6-7 bulan	09/Kpts/PK.040/M/1/2020
Itik PMp Agrinak	Bobot umur 10 minggu: 2,2-5,0 kg; Rataan produksi telur selama 6 bulan: 73-76%	10/Kpts/PK.040/M/1/2020
Sapi POGASI Agrinak	Adaptif terhadap pakan marjinal; Pertambahan bobot badan harian: 0,8-0,9 kg/ekor/hari; Persentase karkas: 0,9%; Post partum estrus: 77 hari; dan Bobot lahir: 25,5 kg/ekor	07/Kpts/PK.040/M/1/2020

Sumber: Tiesnamurti (2020)

Komoditas ruminansia kecil yang telah dihasilkan adalah kambing Boerka Galaksi Agrinak, domba Compass Agrinak, domba Komposit Garut Agrinak, dan domba Bahtera Agrinak. Kambing Boerka Galaksi Agrinak yang dilepas tahun 2020 misalnya, merupakan bibit unggul hasil perakitan oleh Loka Penelitian Kambing Potong. Sampai tahun 2020, Kambing Boerka Galaksi Agrinak telah disebar dengan jumlah populasi mencapai 1.167 ekor ke 19 provinsi yakni: Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Kepulauan Bangka Belitung, Kepulauan Riau, Jambi, Bengkulu, Sumatera Selatan, Jawa Barat, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat, Kalimantan Timur, Kalimantan Barat, Sulawesi Utara, dan Sulawesi Tenggara.

Komoditas ruminansia besar diwakili hasil inovasi dari Loka Penelitian Sapi Potong yang diberi nama Sapi POGASI Agrinak. Selama periode 2015-2020, Sapi POGASI Agrinak telah didiseminasikan ke 13 provinsi dengan jumlah sebaran 467 ekor, terdiri dari 100 ekor pejantan dan 367 ekor betina. Wilayah sebaran selama periode tersebut meliputi Provinsi Sumatera Utara, Sumatera Barat, Jambi, Sumatera Selatan, Bangka Belitung, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Utara, dan Sulawesi Tengah. Jumlah sebaran tertinggi berada di wilayah Provinsi Jawa Timur yakni 43% dari total sebaran yang telah dilakukan.

Sejak dimulainya kegiatan penelitian pemuliaan pada awal tahun 2000-an, secara umum diseminasi dan adopsi hasil riset bibit unggul peternakan relatif rendah. Pengalaman empiris seringkali menunjukkan terputusnya rantai diseminasi karena adopsi yang melambat dan tidak berkelanjutan. Sarwani et al. (2016) menyatakan bahwa lambatnya adopsi dan keberlanjutan penerapan inovasi harus dapat disikapi dengan mencoba mengubah paradigma diseminasi dan operasionalisasi prosesnya dengan lebih efektif dan efisien. Penekanan pentingnya inovasi untuk sampai ke pengguna harus dikoreksi dengan indikator *time frame* yang jelas. Diseminasi selama ini memberikan beberapa pembelajaran penting yakni: (i) tidak terjadi akumulasi pengalaman atas berbagai kegiatan yang telah dilaksanakan yang disebabkan oleh tidak jelasnya keterkaitan kegiatan dengan kegiatan sebelumnya karena setiap kegiatan cenderung dideklarasikan sebagai kegiatan baru; (ii) porsi yang kecil pada inisiatif lokal (BPTP) untuk menginisiasi pola atau pendekatan spesifik lokasi karena kegiatan cenderung dibuat seragam; (iii) rendahnya rasa memiliki (*sense of belonging*) dari program yang dilaksanakan dan banyak justru terjebak dalam pendekatan proyek; (iv) untuk jenis inovasi yang berbeda, diseminasi dilakukan dengan kecenderungan yang sama; (v) dukungan *data base* dan dokumentasi yang masih lemah; (vi) kurang

terencananya keterkaitan agenda pengkajian dan diseminasi termasuk pengkajian percepatan diseminasi inovasi; (vii) paradigma pelaksana di BPTP yang memandang pengkajian sebagai kegiatan proyek; dan (viii) *communication in linkages* antar *stakeholder* yang masih lemah mulai dari Balit-balit Nasional dan BPTP maupun antara BPTP dengan *stakeholder* di lapangan. Seringkali, kegiatan berakhir dengan pola dan hasil yang sama akibat tidak adanya pembelajaran dari kegiatan sebelumnya.

STRATEGI HILIRISASI DAN BUKTI EMPIRIS DI LAPANG

Model pembibitan ayam lokal 3 strata

Unggas lokal, utamanya ayam lokal, mempunyai prospek yang sangat baik dan mempunyai pangsa pasar khusus (*niche market*) karena cita rasa dagingnya yang gurih dengan konsumen golongan menengah ke atas. Akan tetapi disisi lain, pengembangan sistem produksi unggas lokal menghadapi kendala utamanya terkait dengan keterbatasan bibit unggul. Dalam rangka merespon kondisi tersebut, Badan Litbang Pertanian melalui UPT-nya telah menghasilkan dan melepas beberapa galur unggas lokal diantaranya yaitu galur ayam petelur KUB-1, galur ayam pedaging SenSi-1 Agrinak, galur itik petelur Alabimaster-1 Agrinak, galur itik petelur Mojomaster-1 Agrinak, galur itik pedaging PMp, galur ayam KUB-2, dan galur ayam pedaging Gaosi-1 Agrinak.

Bibit ayam lokal merupakan salah satu yang sangat berperan dalam keberhasilan usaha, dimana ketersediaannya relatif terbatas di lapang. Kemampuan penyediaan bibit ayam lokal harus memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan dalam SNI, sehingga perlu adanya struktur produksi bibit ayam lokal melalui kerjasama yang baik antara pemerintah, masyarakat dan *stakeholders* terkait. Untuk itu, Badan Litbang Pertanian (cq. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan) telah menyusun 3 (tiga) skenario perbibitan ayam lokal, yang dikenal dengan Model Pembibitan 3 Strata, yakni: Strata-1, Strata-2, dan Strata-3. Model usaha pembibitan ini harus dilaksanakan secara simultan dan konsisten, sehingga keberlanjutan usaha dapat dilaksanakan dengan baik.

Strata 1 merupakan model pembibitan dengan kondisi terkontrol, sehingga dapat diperoleh kinerja yang dihasilkan relatif sama dengan kinerja ayam yang dihasilkan oleh Balai Penelitian Ternak (Balitnak). Dalam hal ini, Balitnak menjadi UPT yang memimpin BPTP-BPTP yang mengembangkan Model Pembibitan Strata 1, dengan kapasitas 1000 ekor induk. Tata kelola pembibitan ini dimulai dari manajemen perkawinan, pemeliharaan secara intensif pada umur 0-10 minggu,

pemeliharaan fase pertumbuhan 10-24 minggu dan pemeliharaan ayam dewasa produktif. Demikian pula halnya dengan aspek pemberian pakan, pencegahan dan pengendalian penyakit yang harus mengacu pada petunjuk teknis budidaya yang disusun oleh Balitnak. Sarana *biosecurity* menjadi suatu pra-syarat yang harus dipenuhi dalam Model Strata 1, dan Balitnak telah diusulkan untuk menjadi UPT yang dapat memperoleh sertifikat kompartemen bebas *Avian Influenza*. Produk yang dihasilkan oleh Model Strata 1 adalah DOC dengan kinerja yang relatif standar, diantaranya bobot badan DOC (ayam umur sehari) minimal 26 gram per ekor.

Guna memudahkan akses masyarakat terhadap penyediaan bibit unggul ayam lokal ini, maka Strata-1 juga dibangun pada BPTP-BPTP potensial dan dikembangkan seiring dengan pembangunan sarana dan prasarana pembibitan ayam di beberapa lokasi di BPTP sejak tahun 2017. Tata kelola pembibitan ayam lokal di BPTP-BPTP ini harus mengikuti prosedur yang telah ditetapkan oleh Balitnak sebagai UPT yang memimpin BPTP-BPTP. Hingga tahun 2020 telah dibangun Model Pembibitan Ayam Lokal Strata-1 di 12 BPTP yang tersebar di seluruh Indonesia, yakni BPTP Nanggroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Gorontalo.

Model pembibitan Strata 2 dirancang untuk menjadi laboratorium lapang bagi para peternak pembibit atau penangkar dalam mengaplikasikan inovasi ayam lokal dari UPT Balitbang Pertanian. Hal ini merupakan salah satu strategi dalam mendiseminasikan hasil inovasi secara langsung kepada pengguna, sekaligus untuk memperoleh umpan balik dalam upaya penyempurnaan riset di masa yang akan datang. Strata 2 adalah model pembibitan dan pengembangan ayam lokal unggul di masyarakat yang dilaksanakan oleh peternak Inti dan peternak Plasma. Strata-2 telah dibangun di 19 provinsi dengan kapasitas kandang ayam dewasa masing-masing sebanyak 300 ekor di peternak Inti dan 300 ekor ayam di peternak Plasma. Peternak Inti merupakan peternak pembibit yang dalam usaha ternaknya menghasilkan DOC ayam lokal unggul. Sementara itu, peternak Plasma adalah peternak budidaya yang melakukan usaha ternak ayam lokal unggul yang dalam usahanya menghasilkan ayam lokal siap potong dengan umur panen 10 minggu. DOC dari peternak Inti diproduksi untuk mensuplai kebutuhan peternak Plasma atau peternak lainnya yang memerlukan. Peternak Inti dibangun untuk memperbanyak pembibit dan pensuplai DOC ayam lokal unggul, sehingga suplai DOC tidak sepenuhnya berasal dari Strata-1 BPTP. Strata 2 dibangun di provinsi dimana terdapat Strata 1 BPTP. Salah satu parameter penting yang ingin diperoleh dari model

pembibitan Strata-2 adalah usaha pembibitan dengan skala usaha ekonomi minimal dan usaha budidaya yang berorientasi komersial. Untuk itu, analisis usaha ekonomi menjadi sangat penting untuk dilakukan dan memiliki *output* yang strategis dalam upaya meningkatkan nilai tambah usaha pengembangan ayam lokal bagi kesejahteraan peternak.

Model pembibitan ayam lokal Strata 3 adalah pengembangan ayam lokal unggul di tingkat rumah tangga peternak, dimana masing-masing peternak memelihara 20 ekor ayam yang ditujukan sebagai ayam potong (umur 10 minggu). Strata 3 dilaksanakan di wilayah/provinsi yang terdapat Strata-2 sebagai pemasok DOC, dimana masing-masing provinsi dirancang terdiri dari 100 peternak. Hal ini ditujukan untuk dapat memberikan penguatan ekonomi bagi peternak rumah tangga yang mempunyai sumberdaya atau lahan terbatas. Lokasi provinsi Strata-3 disandingkan dengan lokasi provinsi Strata-2 dengan maksud agar dapat berkelanjutan dimana suplai bibit DOC ayam lokal unggul bagi peternak rumah tangga nantinya dapat disuplai dari peternak pembibit model Strata 2.

Model bisnis: Holistik dari hulu ke hilir

Terbatasnya ketersediaan bibit menyebabkan pentingnya strategi hilirisasi yang diikuti program pembibitan berjenjang dengan melibatkan peternak pembibit di wilayahnya masing-masing membentuk sistem hilirisasi yang terintegrasi dan masif. Masih rendahnya keberhasilan hilirisasi hasil inovasi bibit unggul ternak juga disebabkan oleh masih belum terintegrasikannya adopsi tahapan inovasi peternakan sejak proses produksi, pengolahan, sampai kepada distribusinya. Selama ini, kegiatan di dalam setiap simpul rantai sosial-ekonomi khususnya di level peternak rakyat sebagai pelaku paling rentan masih bergerak parsial, tradisional, dan kurang mengarah pada upaya peningkatan nilai tambah. Hal ini menyebabkan terhambatnya proses transfer inovasi dari luar. Padahal, sebagaimana dinyatakan oleh Hanafie (2010) dalam Priyanti et al. (2020), implementasi pemanfaatan hasil riset dalam usaha ternak seharusnya menjadi sistem agribisnis yang dapat didefinisikan sebagai seluruh rangkaian kegiatan yang berkesinambungan dari hulu sampai hilir, dimana keberhasilan pengembangannya ditentukan oleh kemajuan yang dicapai pada setiap simpul yang menjadi subsistemnya.

Salah satu subsistem pendukung yang sangat penting dalam sistem agribisnis adalah kelembagaan. Subsistem kelembagaan menjadi kesepakatan bersama baik secara formal maupun non formal yang mengatur sistem agribisnis untuk mencapai tujuannya. Agar berfungsi dengan optimal, kelembagaan memerlukan

kaitan fungsional yang menghubungkan antar subusaha dari hulu sampai hilir. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan-kebijakan untuk mengintegrasikannya menjadi model bisnis tanpa menghilangkan karakteristik masing-masing sub usaha. Secara teoritis, agribisnis terbentuk sebagai kelembagaan yang berlandaskan pada ideologi pasar. Maka, pada kondisi normal pemerintah hanya akan memainkan peranan yang rendah (Syahyuti 2004). Pelaku utama dimainkan oleh masyarakat dan swasta yang dengan peranannya masing-masing akan lebih mendorong percepatan peningkatan daya saing ke arah kemandirian yang berkelanjutan.

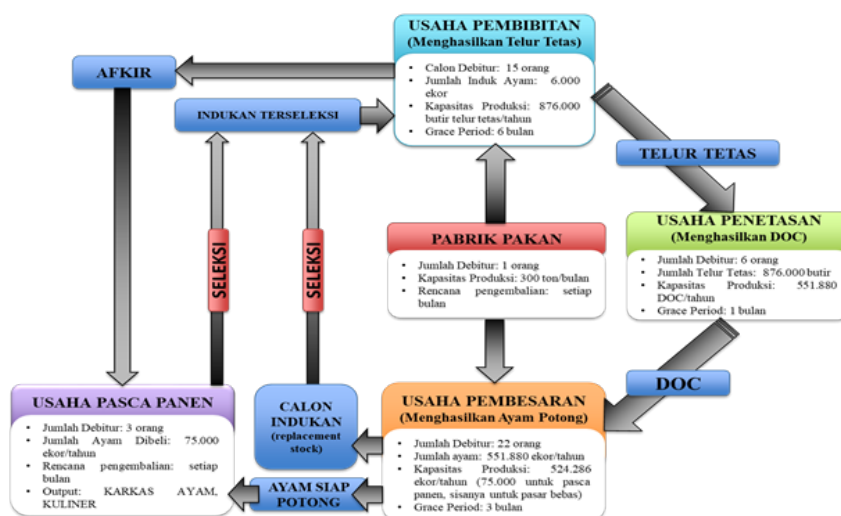
Dalam pengembangannya, model bisnis terintegrasi perlu dilakukan dengan tetap mengutamakan pemberdayaan sumber daya lokal. Diwanto & Priyanti (2009) menyatakan bahwa pengembangan peternakan sebaiknya bertumpu pada potensi, kekuatan dan peluang yang ada sekaligus mempertimbangan tantangan, ancaman dan kelemahannya. Inovasi dari luar harus tetap dipilih dan dicermati untuk menghindari peningkatan produksi yang kontra produktif dengan kesejahteraan peternak kecil.

Selain holistik, model bisnis juga perlu dibangun dengan mempertimbangkan objektivitas usaha. Sebagaimana yang dilakukan pada pengembangan ayam KUB di Jawa Tengah oleh aNAK aKUB misalnya, objektivitas usaha dibangun atas dasar pengalaman, modal sosial, dan potensi spesifik lokasi yang membentuk rantai bisnis yang realistis. Model bisnis disusun membentuk sistem rantai pasok dari hulu sampai hilir yang menggambarkan *supply* dan *demand* di internal Perkumpulan aNAK aKUB dan pasar bebas. Untuk mewujudkan kelembagaan manajemen rantai pasok yang efektif dan efisien,

beberapa tahap awal yang perlu dilakukan, diantaranya adalah: (i) identifikasi pelaku kunci dalam setiap simpul rantai pasok; (ii) analisis peran masing-masing pelaku tersebut di dalam rantai pasok; dan (iii) analisis tingkat pengaruh dan kepentingan masing-masing pelaku terhadap keseluruhan sistem rantai pasok (Saptana & Sartika 2014).

Selanjutnya, pengembangan model bisnis oleh aNAK aKUB yang realistis tergambar ke dalam model spesialisasi DPW berdasarkan pertimbangan potensi, ketersediaan sumber daya, dan minat anggota yang kemudian disepakati bersama-sama. Operasional subusaha dilakukan secara individu oleh peternak di DPW masing-masing namun tetap dalam skema pengelolaan kelompok secara terintegrasi dari hulu sampai hilir di dalam naungan Dewan Pimpinan Pusat (DPP) yang berkedudukan di kota Salatiga. Pengembangan ayam KUB mencakup produksi pakan yang ada di DPP serta produksi DOC (penetasan), pembesaran, produksi telur tetas, produksi indukan, dan pasca panen (karkas dan kuliner) yang terdistribusi di DPW.

Klasterisasi bisnis melalui dasar pertimbangan yang tepat dari hulu sampai hilir bertujuan untuk mewujudkan efektivitas dan efisiensi usaha. Pada pengembangan itik di Kabupaten Hulu Sungai Utara misalnya, dengan terbentuknya sentra hulu sampai hilir maka setiap koridor distribusi produk dapat menghidupkan dan memberikan budaya inovasi bagi UMKM lainnya yang berada di luar sentra hilir. Konektivitas dari hulu sampai hilir menjadi komponen terpenting di mana pembentukan subterminal agribisnis sebagai pusat pengumpul dengan koperasi yang terlibat sebagai stabilisator harga sekaligus pusat alur distribusi produk (Maulana & Putrayanda 2018).



Gambar 1. Rantai bisnis usaha ayam KUB Perkumpulan Peternak aNAK aKUB

Sumber: Priyanti et al. (2020)

Tabel 2. Hasil analisis kelayakan ekonomi per subusaha pada pengembangan ayam KUB di Jawa Tengah

Subusaha	Skala usaha	Biaya produksi (Rp)	Penerimaan (Rp)	Keuntungan (Rp)	R/C
Pembibitan	1.200 ekor	342.238.040	425.362.500	83.124.460	1,13
Penetasan	100.000 butir	333.618.000	409.500.000	75.882.000	1,23
Pembesaran	8.000 ekor	195.351.000	235.600.000	40.249.000	1,21
Pasca panen	6.000 ekor	225.465.600	270.000.000	44.534.400	1,20
Pabrik pakan	100 ton	390.940.000	470.000.000	79.060.000	1,20

Sumber: aNAK aKUB 2020

Kelayakan ekonomi inovasi bibit unggul ternak

Selama ini, sebagian besar bisnis di subsektor peternakan masih dilakukan secara tradisional. Pencatatan bisnis yang lemah menjadi salah satu karakteristik yang mengikutinya. Hal ini menyebabkan lemahnya evaluasi internal sehingga proses bisnis dijalankan tanpa didasari justifikasi teknis yang jelas. Kondisi tersebut juga menyebabkan analisis kelayakan ekonomi usaha tidak dapat dilakukan dengan baik. Padahal, hasil analisis kelayakan ekonomi menjadi pertimbangan penting baik bagi internal manajemen sebagai bentuk evaluasi usaha maupun bagi pihak luar untuk berbagai kepentingan termasuk pembiayaan. Analisis dan informasi ekonomi diperlukan bagi lembaga keuangan untuk meminimalkan risiko kredit macet atas dana yang disalurkan kepada nasabah peminjam. Kelayakan ekonomi merupakan hasil analisis secara mikro yang dilakukan lembaga keuangan untuk mempertimbangkan peminjaman dana, di samping analisis ekonomi makro terkait kondisi perekonomian secara nasional (Wiwoho 2014).

Meskipun adopsi hasil inovasi bibit unggul peternakan masih relatif rendah, hasil empiris di lapang untuk beberapa komoditas utama telah menunjukkan hasil positif. Pengembangan ayam KUB di Jawa Tengah oleh aNAK aKUB misalnya yang mencakup subusaha pembibitan, penetasan, pembesaran, pasca panen, dan pabrik pakan. Keseluruhan subusaha tersebut menghasilkan nilai R/C masing-masing 1,13; 1,23; 1,21; 1,20; dan 1,20. Artinya, pengembangan usaha ayam KUB pada masing-masing subusaha layak secara ekonomi untuk dijalankan ($R/C > 1$). Analisis usaha tersebut saling berbeda, menyesuaikan dengan skala usaha sesuai dengan karakteristik masing-masing subusaha. Analisis ekonomi untuk ayam KUB juga telah dilakukan di wilayah Nusa Tenggara Barat yang tidak terpisah antar subusaha. Melalui pendekatan rasio R/C, usaha ayam KUB juga layak diusahakan dan menguntungkan dengan hasil R/C sebesar 2,76 dalam satu siklus produksi (18 bulan) (Isbandi & Agustina 2015). Sama halnya dengan di Jawa Tengah, secara umum pengembangan ayam KUB di NTB juga menunjukkan potensi pemasaran yang luas namun

masih terkendala pada terbatasnya ketersediaan jumlah indukan untuk memenuhi permintaan. Kajian terbaru lainnya dilakukan oleh Soekardono et al. (2021) pada usaha kampung unggul ayam Arab dan KUB di kawasan kampung unggas Desa Turuwai, Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah. Usaha pengembangan dua jenis ayam unggul tersebut dilakukan dalam kajian sekaligus, menghasilkan rasio B/C sebesar 1,36 untuk skala <500 ekor dan 1,31 untuk skala >500 ekor dengan masing-masing tingkat rentabilitas usahanya adalah 35,99% dan 33,46% atau masuk ke dalam kategori rentabiliats rendah. Analisis kelayakan usaha pada komoditas itik banyak dilakukan di wilayah Kalimantan Selatan, dimana Hamdan & Zuraida (2007) melaporkan bahwa pada pengusahaan itik Alabio petelur dengan skala usaha 300 ekor untuk satu siklus produksi 5 bulan, diperoleh total penerimaan sebesar Rp 33.750.000, dengan nilai R/C sebesar 1,28 yang berarti usaha tersebut layak dijalankan. Usaha ternak itik dapat memberikan kontribusi pendapatan sampai dengan 58% dari total pendapatan keluarga (Zuraida 2004 dalam Suryana 2013).

Sementara itu, studi kelayakan untuk komoditas domba dan kambing banyak dilakukan salah satunya di wilayah Sumatera Utara. Rahman et al. (2017) melaporkan bahwa usaha ternak domba di Kabupaten Asahan menunjukkan kelayakan secara ekonomi untuk dijalankan dengan NPV positif, rasio B/C 1,8 dan IRR sebesar 21% ($> \text{discount rate } 12\%$). Masih di wilayah kabupaten yang sama, analisis lain dilakukan dengan mencoba melihat perbedaan antara usaha ternak kambing pada peternak kooperator dan non kooperator. Hasilnya, usaha ternak pada peternak kooperator menghasilkan kelayakan ekonomi lebih tinggi dibandingkan dengan non kooperator, masing-masing dengan rasio B/C 1,4 dan 1,2 (Rusdiana & Hutasoit 2014).

Peternakan melibatkan upaya mengubah sumber daya finansial menjadi produk kapital menguntungkan yang biasanya diperoleh setelah beberapa periode. Oleh karenanya, selain aspek kelayakan, hal lain yang menjadi perhatian pemberi modal adalah pengembalian investasi atau pinjaman (*payback period*). Parameter-

parameter ekonomi tersebut dapat bersifat spesifik lokasi untuk masing-masing komoditas.

FASILITASI PEMBIAYAAN INOVASI BIBIT UNGGUL PETERNAKAN

Selama ini, model bisnis pengembangan inovasi bibit unggul ternak belum cukup terjangkau oleh perbankan. Untuk kemudahan aksesibilitas permodalan dari perbankan, industri peternakan harus terintegrasi secara inklusif mulai dari hulu sampai hilir sebagai penjamin pasar produk dan memiliki skala usaha yang mencapai kelayakan ekonomi. Dalam rangka penguatan skala ekonomi dan kelembagaan peternak, pemerintah telah mengupayakan penyediaan skema kredit: KUR mikro, KUR kecil dan KUR khusus peternakan rakyat dengan bunga 6%/tahun dan *grace period* sesuai karakteristik usaha. Berdasarkan Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 15 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 8 Tahun 2019 tentang Pedoman Pelaksanaan KUR, disebutkan bahwa KUR adalah kredit/pembiayaan modal kerja dan/atau investasi kepada debitur individu/perorangan, badan usaha dan/atau kelompok usaha yang produktif dan layak namun belum memiliki agunan tambahan atau agunan tambahan belum cukup.

Pada umumnya, fasilitas KUR dimanfaatkan oleh pelaku UMKM dan sudah banyak dilakukan evaluasi kinerjanya yang lebih banyak di sektor jasa dan perdagangan (Sujarweni & Utami 2013; Lastina & Budhi 2018). Alokasi KUR untuk sektor produksi pertanian baru mulai digalakkan pada 2-3 tahun terakhir (Panekenan et al. 2016), termasuk juga produksi pada komoditas peternakan. Hal ini sangat dipahami karena komoditas peternakan memiliki risiko usaha yang cukup besar dengan karakteristik usaha saat ini yang masih didominasi oleh peternak rakyat. Pada umumnya peternak rakyat masih sangat jauh terhadap akses perbankan, sehingga sosialisasi KUR ini masih harus terus dilakukan secara konsisten. Puslitbangnak turut berkontribusi dalam menyosialisasikan program ini dalam rangka meningkatkan kapasitas usaha peternak rakyat. Sebagai contoh, Puslitbangnak telah mendampingi dan mengawal aNAK aKUB untuk menyusun konsep *business plan* model usaha Ayam KUB secara holistik berdasarkan data empiris dengan berbagai divisi usahanya dan mengawal hingga pengusulan proposal ke bank penyalur KUR.

Ruang lingkup model bisnis pengembangan usaha ayam KUB melalui mekanisme KUR meliputi: (i) Pembibitan dan penetasan penghasil DOC; (ii) Pakan berbasis sumberdaya lokal; (iii) Produk daging atau telur konsumsi; dan (iv) Pascapanen berupa *supply* terhadap distributor, gerai/restoran atau pelaku usaha

pengepul. Usaha perbibitan dirancang untuk 10 peternak/kelompok dengan populasi indukan sebanyak 300 ekor dengan masa pemeliharaan selama 18 bulan, produksi telur 4000 butir/bulan. Usaha penetasan dilakukan oleh satu peternak dengan skala relatif besar, yaitu 40 ribu butir telur/bulan (sehingga diperlukan 10 kelompok pembibit). Usaha pabrik pakan berbasis sumberdaya lokal dibangun terintegrasi dengan pengembangan ayam KUB dengan kapasitas minimal 300 ton/bulan. Usaha produksi daging dan telur ayam dengan lama pembesaran selama 70 hari, akan dihasilkan 40 ribu ekor/periode (panen 4 kali/tahun). Adapun usaha pascapanen dilakukan bekerja sama dengan gerai/*outlet*/restoran berbahan baku ayam lokal yang semakin berkembang, jumlah produksi/ketersediaan bahan baku dari model perbibitan yang harus diserap mencapai 30 ribu ekor/bulan. Penyerapan hasil panen produksi ayam oleh *off-taker* menjadi kunci penjamin bagi usaha produksi berkelanjutan di sektor pembibitan.

Atas kinerja KUR yang menunjukkan tren semakin baik, pemerintah menetapkan kebijakan relaksasi seiring dengan upaya Pemulihan Ekonomi Nasional (PEN) akibat dampak pandemi Covid-19. Dalam Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Nomor 2 Tahun 2022, salah satu relaksasi kepada penerima KUR diberikan dalam bentuk subsidi bunga menjadi 3% dari semula 6% (Kemenko Ekon 2022). Relaksasi kebijakan KUR menjadi upaya pemerintah untuk hadir dalam mengakselerasi PEN yang lebih masif. Porsi KUR diupayakan akan terus meningkat dengan target porsi kredit perbankan terhadap UMKM sebesar 30% pada tahun 2024. Hal ini merupakan kebijakan yang sangat suportif mengingat tingkat suku bunga sangat berpengaruh terhadap peningkatan permintaan terhadap KUR yang akan berdampak pada peningkatan produksi pertanian (Nurjanah & Suryantini 2019).

Dalam pemanfaatannya, program KUR perlu ditinjau kembali tentang peluang dan prosedurnya. Hal demikian juga terkait dengan besaran plafon yang diluncurkan, suku bunga, jenis, dan jangka waktu pinjaman sesuai dengan kebutuhan penerima (peternak). Permasalahan yang umum terjadi adalah sulitnya peternak untuk memenuhi kriteria persyaratan dalam proses pengajuan KUR. Hal tersebut terkait dengan persoalan akses, prospek usaha dan aspek kelembagaan yang nantinya berpengaruh terhadap potensi keberhasilan sistem usaha ternak (*business plan*) yang dibangun, sehingga perlu disiapkan dengan penuh kehati-hatian agar mampu berkembang dan berkelanjutan.

Dalam pemanfaatan KUR peternakan, keberhasilan model bisnis sangat ditentukan oleh objektivitas usaha yang dibangun. Seringkali, usaha telah layak secara ekonomi namun tidak dapat

diterapkan dan tidak mampu berkembang secara berkelanjutan. Oleh karenanya, model bisnis harus realistis dan didukung suatu kebijakan termasuk pengembangan kelembagaan yang memberikan peluang usaha berkelanjutan. Keberhasilan dapat dicapai salah satunya dalam penentuan skala usaha dirancang memenuhi persyaratan skala ekonomis, sehingga mampu dicapai kebutuhan hidup layak dan mampu menciptakan arus kas yang layak secara ekonomi untuk keberlanjutan usaha. Secara bersamaan, usaha perlu dilakukan dari hulu sampai dengan aspek hilir dalam bentuk usaha koperasi dengan manajemen profesional. Pada tahap awal dalam realisasi *business plan* perlu disusun dokumen tertulis yang memuat secara rinci tujuan dan rekomendasi untuk mencapai tujuan tersebut (jangka pendek, menengah maupun jangka panjang). Untuk tujuan mendapatkan pendanaan dan dukungan fasilitas perlu disusun *business plan* operasional dan strategis diarahkan pada aspek visi, misi dan sasaran dan strategi jangka panjang. Untuk menjamin kelayakan agar *business plan* dapat terealisasi dengan tepat sasaran dan berkelanjutan, diperlukan kajian tentang analisis potensi wilayahnya. Lokasi terpilih adalah wilayah yang cenderung memiliki keunggulan komparatif (*comparative advantage*), serta dukungan sumberdaya pakan sebagai pendukung produktivitas ternak yang dikembangkan. Rancangan rekayasa sosial untuk mengaitkan *linkage* dari setiap titik usaha perlu dipertimbangkan dalam menyusun *business plan* ini, terintegrasi tidak hanya secara vertikal tetapi juga horisontal.

Proporsi modal kerja dan modal pinjaman dalam sebuah model bisnis juga sangat penting dalam mempengaruhi keberlanjutan usaha. Proses pengembangan pada aNAK aKUB dengan model bisnis pengembangan ayam KUB pada skala usaha indukan, pembesaran, penetasan, dan pasca panen masing-masing sejumlah 6.000 ekor; 551.880 ekor; 876.000 butir; dan 75.000 ekor diperlukan modal sebesar Rp 19.783.715.000, dimana Rp 17.888.715.000 di antaranya merupakan modal kerja dan sisanya dipenuhi dari pinjaman. Struktur modal tersebut menghasilkan rasio lancar (*current ratio*) sebesar 9,44 yang berarti aNAK aKUB mampu menutup kewajiban jangka pendeknya pada saat ditagih secara keseluruhan sebanyak 9,44 kali atau tergolong sangat baik (aNAK aKUB 2020). Selain rasio likuiditas, keberlanjutan usaha juga penting dipertimbangkan berdasarkan perputaran kas (*cash flow*). Siregar et al. (2020) menyatakan bahwa kecukupan jumlah kas tidak boleh kurang dari 5% - 10% dari jumlah aktiva lancar untuk menyatakan suatu usaha memiliki tingkat likuiditas yang baik. Dalam kondisi tersebut, suatu usaha akan memiliki risiko kecil untuk dapat memenuhi kewajiban finansialnya.

DUKUNGAN KEBIJAKAN PENGEMBANGAN USAHA PETERNAKAN

Kemudahan akses dan jaminan usaha

Pengembangan usaha peternakan rakyat masih banyak terperangkap di dalam titik keseimbangan rendah (*low equilibrium trap*). Oleh karenanya, usaha pengembangan dapat dilakukan dengan lebih berfokus pada akselerasi pertumbuhan yang dimaksudkan untuk pengentasan usaha dari perangkap tersebut menjadi lebih progresif secara mandiri (Aedah et al. 2017). Kemandirian menjadi pengungkit berkesinambungan menuju usaha ternak komersial sebagai hasil dari siklus usaha yang berdaya saing. Aksesibilitas peternak terhadap input-ouput produksi dan faktor pendukungnya karena relatif kecilnya skala usaha dan lemahnya kapasitas menjadi salah satu faktor pembatas dalam kejadian *low equilibrium trap* ini. Pada umumnya usaha peternakan rakyat merupakan hasil budaya turun temurun menjadi satu kesatuan di dalam tata kehidupan masyarakat. Namun, menilik lebih jauh hal tersebut sekaligus dapat menjadi faktor pendukung penilaian kelayakan usaha saat pengajuan pembiayaan kepada lembaga pembiayaan formal. Durasi usaha menjadi gambaran atas konsistensi dan ketekunan peternak dalam menjalankan usahanya (Asnawi et al. 2020).

Kebijakan pembiayaan rantai nilai terhadap peternak rakyat menurut Fakudze & Machethe (2015) terbukti mampu menjadi solusi yang kuat, realistis, dan layak terutama jika diikuti oleh produk asuransi ternak. Namun, pembiayaan ini tidak cukup efektif jika tidak disertai oleh mekanisme untuk mengantisipasi potensi gagal bayar dan target yang tidak terpenuhi. Hal tersebut dapat diperbaiki melalui pemantauan partisipatif sehingga penyediaan skim pembiayaan tertentu tidak hanya memastikan bahwa pembiayaan formal diberikan kepada sasaran yang paling membutuhkan, namun juga membantu bahwa pembiayaan tersebut memiliki dampak positif terhadap pertumbuhan usaha peternakan rakyat.

Secara empiris, pertanian skala kecil masih terus mengalami rekapitulasi yang buruk meskipun produksi pertanian telah banyak menjadi prioritas kebijakan. Berbagai literatur masih menunjukkan bahwa atensi sebagian besar peneliti pun masih kurang dalam penjelasan seperti masih adanya permasalahan dari sisi keterbatasan akses pembiayaan formal oleh para pelaku mikro dan bagaimana hal tersebut berdampak pada upaya komersialisasi (Fakudze & Machethe 2015). Oleh karenanya, diperlukan kebijakan yang mampu mendorong kemudahan akses dan jaminan usaha, mendorong operasional usaha secara berkelompok, serta pendampingan dan asistensi dalam perencanaan

proses bisnis, pengusulan pembiayaan, sampai dengan peningkatan kapasitas manajemen.

Pengembangan usaha secara berkelompok

Usaha ternak secara individu pada skala kecil dan menengah menyebabkan sulitnya akses peternak terhadap sumber-sumber pembiayaan formal. Disamping tidak efisien, pembiayaan terhadap peternak rakyat secara individu juga menghadapi keterbatasan terhadap kesanggupan peternak untuk menyediakan agunan. Oleh karenanya, kemudahan akses pembiayaan formal salah satunya mensyaratkan proses bisnis yang dilakukan secara berkelompok. Di sisi lain, sampai saat ini kesadaran peternak untuk melakukan kerja secara berkelompok masih cenderung rendah dan masih sangat menggantungkan pada peran ketua atau tokoh tertentu sebagai pusat penentu operasional kelompok. Tantangan lainnya sebagaimana dilaporkan oleh Ashari (2009) adalah sulitnya menentukan ketua kelompok (pengurus) yang benar-benar beritikad baik dan jujur dalam prasyarat berkelompok untuk mendapatkan akses kredit.

Kesadaran akan pentingnya usaha secara berkelompok menjadi inti untuk mengoptimalkan peran kelompok sebagai wahana kerja sama dan kelompok usaha, bukan sebatas kelas belajar dan unit produksi. Sebagai kelompok usaha, kelompok menjadi satu kesatuan usaha untuk memanfaatkan berbagai peluang dan kesempatan dengan dua indikator utama yakni fasilitasi permodalan dan pemasaran. Adapun peran kelompok sebagai wahana kerja sama adalah mewadahi anggotanya untuk melakukan kerja sama dalam pengelolaan kelompok, permodalan, dan interaksi dengan pihak luar dalam kerangka peningkatan produksi anggotanya (Sayaka & Rivai 2011). Kelembagaan dalam bentuk kelompok juga menjadi rekomendasi untuk mendapatkan fasilitasi akses pada lembaga keuangan dengan mekanisme tanggung renteng bagi usaha peternakan dengan kategori *feasible* namun belum *bankable* (Sodiq et al. 2017).

Pendampingan dan asistensi penyusunan usulan kredit

Kredit berperan penting dalam memperlancar pembangunan pertanian, termasuk usaha peternakan yang didominasi oleh usaha peternakan rakyat. Beberapa hal pentingnya kredit ini adalah untuk: (i) membantu permodalan petani kecil dengan bunga yang relatif rendah; (ii) mengurangi ketergantungan

petani terhadap perantara sehingga memperbaiki struktur pemasaran hasil pertanian; (iii) mendorong pemerataan melalui mekanisme transfer pendapatan; dan (iv) insentif bagi petani dalam peningkatan produksi. Disamping memperlancar pembangunan, kredit juga menjadi simpul titik kritis pembangunan yang efektif sebagai penunjang dalam perluasan dan penyebaran adopsi teknologi (Ashari 2009).

Dukungan peningkatan produktivitas peternak melalui peningkatan akses pembiayaan memerlukan pengkajian yang holistik tentang karakteristik sistem agribisnisnya yang spesifik lokasi. Sistem agribisnis pada subsektor peternakan melibatkan makhluk hidup sebagai objek, berkaitan erat dengan alam, dan memiliki karakteristik-karakteristik tertentu pada proses bisnis sejak usaha pembibitan sampai dengan pascapanen. *Endowment factor* tersebut harus dapat diinventarisir dan dituangkan dengan baik dalam sebuah dokumen usulan yang menjadi rangkuman proses bisnis. Proses tersebut masih terkendala karena konsekuensi pengelolaan usaha kapasitas manajemen yang terbatas sehingga menyebabkan lemahnya dokumentasi proses bisnis. Hal ini menyebabkan sulitnya akses pembiayaan karena pengajuan pembiayaan tidak disertai analisis kelayakan usaha yang menguntungkan dan realistis sebagai dasar penilaian kelayakan pembiayaan. Oleh karenanya, diperlukan dokumentasi proses produksi dengan koefisien teknis yang jelas dan konsisten dari waktu ke waktu. Aspek penting lainnya dalam penyusunan usulan pembiayaan sebagaimana dirumuskan oleh Sayaka & Rivai (2011) adalah penentuan komoditas yang sesuai dengan permintaan pasar untuk menjamin pendapatan yang diterima sebanding dengan jumlah dana yang dibiayai.

Penuangan proses bisnis ke dalam dokumen usulan pembiayaan biasanya dilakukan dengan format yang telah ditentukan oleh perbankan. Di samping itu, dokumentasi proses bisnis yang sistematis, lengkap, spesifik, dan informatif diperlukan untuk memudahkan penerjemahan oleh perbankan untuk selanjutnya dikonversi ke dalam peluang skim pembiayaan yang tepat. Hal itu tidak cukup sederhana bagi para peternak yang sebagian besar masih berada pada keterbatasan kapasitas sumber daya manusianya. Secara menyeluruh, pengelolaan usaha dengan pembiayaan perbankan juga banyak memerlukan perhatian pada titik-titik kritis dari model bisnis yang akan dijalankan. Implikasinya, diperlukan program pendampingan yang jelas serta pemahaman dan transparansi pada titik-titik kritis tersebut. Hal itu diperlukan dalam rangka menjamin pemahaman pelaku pada perannya masing-masing demi berjalannya proses bisnis secara berkesinambungan.

KESIMPULAN

Inovasi bibit unggul ternak perlu disebarluaskan secara masal guna mencapai tujuan dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan protein berbasis ternak, dan pada akhirnya akan bermuara pada peningkatan pendapatan peternak. Hal ini sesuai dengan sasaran pembangunan subsektor peternakan untuk meningkatkan produksi dan produktivitas ternak. Dalam hal ini, aspek pembiayaan untuk dapat diakses oleh pelaku usaha menjadi sangat penting. Program pemerintah yang telah *me-launching* program kredit usaha rakyat (KUR) sangat tepat, dimana dapat dimanfaatkan oleh masyarakat peternak dalam mengembangkan usaha ternak dengan bibit berkualitas. Sebagai produk perbankan, aksesibilitas KUR menuntut skala usaha yang layak secara ekonomi sehingga jaminan usaha dapat berkesinambungan dengan arus kas (*cash flow*) yang memadai. Di sisi lain, usaha peternakan selama ini masih didominasi oleh pelaku usaha skala rakyat sehingga belum memenuhi kaidah produksi yang berorientasi pada optimalisasi keuntungan. Fasilitas permodalan juga perlu diikuti dengan pendampingan dan asistensi kepada para peternak sebagai calon debitur pengusul KUR guna mempercepat proses perolehan modal bagi peternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Aedah S, Djofrie MB, Suprayitno G. 2017. Faktor-Faktor yang mempengaruhi daya saing industri unggas ayam kampung (studi kasus PT Dwi dan Rachmat Farm, Bogor). *Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah*. 11:173–182.
- Ashari. 2009. Optimalisasi kebijakan kredit program sektor pertanian di Indonesia. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 7:21–42.
- Asnawi A, Sirajuddin SN, Tenrisanna V. 2020. Beef cattle farming characteristic to formal financing access. *EurAsian J Biosci*. 14:3973–3977.
- [Ditjen PKH] Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2015. Statistik peternakan dan kesehatan hewan 2015. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- [Ditjen PKH] Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2020. Statistik peternakan dan kesehatan hewan 2020. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- Diwyanto K, Priyanti A. 2009. Pengembangan industri peternakan berbasis sumber daya lokal. *J Pengembangan Inovasi Pertanian*. 2:208–228.
- Fakudze CD, Machethe CL. 2015. Improving smallholder livestock farmers' incomes through value chain financing in South Africa. *Dev Pract*. 25:728–736.
- Hamdan A, Zuraida R. 2007. Profil Usaha Ternak Itik Alabio Petelur pada Lahan Rawa Lebak Kabupaten Hulu Sungai Utara Kalimantan Selatan. Dalam: Mukhlis, Noor M, Supriyo A, Noor I, Simatupang RS, penyunting. *Revitalisasi Kawasan PLG dan Lahan Rawa Lainnya untuk Membangun Lumbung Pangan Nasional*. Prosiding Seminar Nasional Pertanian Lahan Rawa. Kuala Kapuas, 3-4 Agustus 2007. Banjarbaru (Indonesia) Balittra. hlm. 127–134.
- Isbandi, Agustina N. 2015. Profil dan Analisis Usaha Pembibitan Ayam KUB di Kelompok Peternak Jaya Mandiri Batu Beson, Desa Jago, Kecamatan Praya, Lombok Tengah, Nusa Tenggara Barat. Dalam: Noor MN, Handiwirawan E, Martindah E, Widiastuti R, Sianturi RSG, Herawati T, Purba M, Anggraeny YN, Batubara A, penyunting. *Teknologi Peternakan dan Veteriner untuk Peningkatan Daya Saing dan Mewujudkan Kedaulatan Pangan Hewani*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Jakarta, 8-9 Oktober 2015. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 557–563.
- [Kemenko Ekon] Kementerian Koordinator Perekonomian. 2022. Peraturan Menteri Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2022 tentang Perlakuan Khusus Bagi Penerima Kredit Usaha Rakyat Terdampak Pandemi Corona Virus Disease 2019. Jakarta (Indonesia): Kementerian Koordinator Perekonomian.
- Kostaman T, Sopiyan S, Ds K, Susanti T, Purba M. 2020. Performa dan Penyebaran Itik Unggul Balitbangtan untuk Mempercepat Pembibitan Itik di Masyarakat. Dalam: Kostaman T, Praharani L, editors. *Teknologi Inovatif Peternakan dan Veteriner Menuju Industri Peternakan Maju, Mandiri, dan Modern di Era New Normal*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 26-27 Oktober 2020. Jakarta (Indonesia): IAARD Press. hlm. 512–524.
- Lastina NLM, Budhi MKS. 2018. Efektivitas penyaluran kredit usaha rakyat PT BRI dan pendapatan UKM penerima KUR di Kecamatan Abiansemai. *E-Jurnal Ekonomi dan Bisnis Universitas Udayana*. 7:959-986.
- Maulana AZ, Putrayanda Y. 2018. Program pengembangan peternakan itik di Kabupaten Hulu Sungai Utara. *J Kebijakan Pembangunan*. 13:57–65.
- Noor Y, Hidayat R. 2017. Menggerakkan produksi Ternak Kambing Domba Berorientasi Ekspor. 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): IAARD Press. hlm. 37–47.
- Nurjanah D, Suryantini A. 2019. Faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan kredit program KKPE dan KUR sektor pertanian di Indonesia. *J Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*. 3:96–107. doi: 10.21776/ub.jepa.2019.003.01.10.
- Panekenan D., Rumagit GAJ, Pangemanan PA. 2016. Peran kredit perbankan pada sektor pertanian di Provinsi Sulawesi Utara. *Agri-Sosioekonomi*. 13:183-194.
- [aNAK aKUB] Perkumpulan Peternak Ayam KUB. 2020. Peningkatan dan pengembangan kapasitas usaha peternak ayam KUB dalam Perkumpulan Peternak aNAK aKUB Jawa Tengah. Salatiga (Indonesia): Perkumpulan Peternak aNAK aKUB Jawa Tengah.
- Priyanti A, Chasanah N, Sinurat AP, Pramono J, Subiharta, Sumali, Inounu I. 2020. Kredit usaha rakyat mendukung pengembangan usaha ayam KUB d Jawa Tengah. Bogor (Indonesia): Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Priyanti A, Inounu I, Ilham N. 2017. Pencegahan pemotongan sapi betina produktif melalui tata kelola lembaga korporasi perusahaan daerah. *Wartazoa*. 27:53–66.
- Priyanti A, Zuratih, Tiesnamurti B. 2020. Teknologi Peternakan dalam Peningkatan Daya Saing Sumberdaya Lokal di Era Industri 4.0. Dalam: Mudawaroch RE, Utami DP, Wicaksono IA, Iskandar F, Windani I, Dhidik AH, penyunting. Peningkatan Daya Saing Sumber Daya Lokal di Era Revolusi Industri 4.0. Prosiding Seminar Nasional Pertanian Peternakan Terpadu Ke-3. Purworejo, 14 Maret 2020. Purworejo (Indonesia): Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Purworejo. hlm. 262–277.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2020a. Buku outlook komoditas peternakan daging sapi. Jakarta (Indonesia): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2020b. Buku outlook komoditas peternakan kambing/domba. Jakarta (Indonesia): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2020c. Buku outlook komoditas peternakan daging ayam. Jakarta (Indonesia): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2020d. Buku outlook komoditas peternakan telur ayam ras. Jakarta (Indonesia): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Rahman A, Sarim, Lubis MM. 2013. Peningkatan daya saing dan analisis kelayakan usaha ternak domba pada perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Asahan. *J Pengabdian Kepada Masyarakat*. 23:460–467. doi: 10.24114/jpkm.v23i4.8592.
- Rusdiana S, Hutasoit R. 2014. Peningkatan usaha ternak kambing di Kelompok Tani Sumber Sari dalam analisis ekonomi pendapatan. *J Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*. 11:151–162. doi: 10.20961/sepa.v11i1.14168.
- Saptana, Sartika T. 2014. Manajemen rantai pasok komoditas telur ayam kampung. *J Manajemen Agribisnis*. 11:1–11. doi: 10.17358/jma.11.1.1-11.
- Sartika T. 2012. Ketersediaan sumberdaya genetik ayam lokal dan strategi pengembangannya untuk pembentukan parent dan grand parent stock. Dalam: Iskandar et al, penyunting. Prosiding Workshop Nasional Unggas Lokal. Bogor (Indonesia): Puslitbangnak. hlm. 15-23.
- Sarwani M, Jamal E, Subagyo K, Sirnawati E, Hanifah VW. 2016. Diseminasi di BPTP: pemikiran inovatif transfer teknologi spesifik lokasi. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 9:73. doi: 10.21082/akp.v9n1.2011.73-89.
- Sayaka B, Rivai RS. 2011. Peningkatan akses petani terhadap kredit ketahanan pangan dan energi. *PSE Litbang Pertanian*. 1:188–208.
- Siregar BG, Matondang Z, Angraini N. 2020. Pengaruh working capital terhadap likuiditas pada PT Charoen Pokphand Indonesia Tbk. *Jurnal Mahasiswa Akuntansi UNSAM (JMAS)*. 1:1-13.
- Sodiq A, Suwarno S, Fauziyah FR, Wakhidati YN, Yuwono P. 2017. Sistem produksi peternakan sapi potong di pedesaan dan strategi pengembangannya. *J Agripet*. 17:60–66. doi: 10.17969/agripet.v17i1.7643.
- Soekardono, Yasin M, Fachry A, Taqiuddin, Media IGL. 2021. Performansi ekonomi usaha ayam kampung unggul di kawasan kampung unggas di Desa Turuwai Kecamatan Pujut Kabupaten Lombok Tengah. *Prosiding Saintek*. 3:9–10.
- Sujarweni VW, Utami LR. 2013. Analisis dampak pembiayaan dana bergulir KUR (kredit usaha rakyat) terhadap kinerja UMKM. [Internet]. Available from: <http://repository.um-palembang.ac.id/id/eprint/1082/1/SKRIPSI893-1705244296.pdf>. 53:1689–1699.
- Suryana. 2013. Pemanfaatan keragaman genetik untuk meningkatkan produktivitas itik Alabio. *J Litbang Pertanian*. 32:100–111.
- Syahyuti N. 2004. Pemerintah, pasar, dan komunitas: faktor utama dalam pengembangan agribisnis di pedesaan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 22:54. doi: 10.21082/fae.v22n1.2004.54-62.

- Tiesnamurti B. 2020. Prospek Peternakan di Era Normal Baru Pasca Pandemi Covid-19: Pemanfaatan Berkelanjutan Sumberdaya Genetik Ternak sebagai Penyedia Pangan Hewani. Dalam: Susanto A, Santosa SA, Safitri L, Widodo HS, Syamsi AN, Candrasari DP, Harwanto, Hidayat N, Hidayah CN, Nugrogo AP, penyunting. Prospek Peternakan di Era Normal Baru Pasca Pandemi COVID-19. Prosiding Seminar Teknologi dan Agribisnis Peternakan VII. Purwokerto, 27 Juni 2020. Purwokerto (Indonesia): Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman. hlm. 1–14.
- Wiwoho J. 2014. Peran lembaga keuangan bank dan lembaga keuangan bukan bank dalam memberikan distribusi keadilan bagi masyarakat. Masalah-masalah Hukum. 43:87–97.

Pendekatan Sistem Dinamik dalam Kebijakan Pengembangan Peternakan Sapi Perah di Indonesia

(A System Dynamics Approach for Policy of Dairy Cattle Development in Indonesia)

Priyono^{1,3}, R Nurmalina², Burhanuddin², dan N Ilham³

¹Program Studi Ilmu Ekonomi Pertanian, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB University

²Departemen Agribisnis, Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB University

³Pusat Riset Ekonomi Perilaku dan Sirkuler, Organisasi Riset Tata Kelola Pemerintahan, Ekonomi, dan Kesejahteraan Masyarakat, Badan Riset dan Inovasi Nasional

Kontributor utama: priyonopriyono@apps.ipb.ac.id

(Diterima 4 April 2022 – Direvisi 23 Agustus 2022 – Disetujui 2 September 2022)

ABSTRACT

Most farmers conduct small-scale dairy farming in Indonesia, so the appropriate policies are required for its development. Problems in the development of dairy farming in Indonesia cannot be solved partially but need to be solved holistically from the upstream-downstream subsystem. Existing conditions indicate that the rate of milk consumption has not been followed by milk production, so imports are still required. This paper aims to describe a systems dynamic approach model to obtain policy recommendations for dairy farming development in Indonesia. The development of the dairy cattle population and milk production in the four periods of the strategic plan of the Ministry of Agriculture for the period 2000-2019 and the development of the dairy cattle population and milk production in Indonesia for the period 2000-2021 showed positive growth. In the same period, the share of the dairy cattle population was 98.47%, and milk production was 98.93% in Java. Problem-solving in dairy cattle development has been modeled by researchers using a systems dynamic approach. Policy recommendations for dairy farming development using a system dynamic approach: good dairy farming practices, optimizing local resources, empowering farmers and institutions, utilizing appropriate technology, controlling productive dairy cows slaughter, strengthening dairy cooperatives, training for farmers, increasing business scale, and imports of dairy cows. However, improving a holistic model from the upstream to downstream subsystems is still necessary to provide alternative of present policy recommendations for dairy farming development in Indonesia.

Key words: System dynamics, dairy cow, milk, policy recommendations

ABSTRAK

Usaha ternak sapi perah nasional masih dilakukan oleh mayoritas peternak rakyat sehingga diperlukan kebijakan yang tepat dalam pengembangannya. Pemecahan permasalahan pengembangan peternakan sapi perah di Indonesia tidak lagi dapat diselesaikan secara parsial, dibutuhkan pendekatan secara holistik dari hulu-hilir. Kondisi eksisting menunjukkan bahwa laju konsumsi susu sapi nasional belum mampu diimbangi oleh laju produksi susu nasional sehingga masih dilakukan impor. Makalah ini bertujuan untuk mendeskripsikan model pendekatan sistem dinamik dalam menghasilkan rekomendasi kebijakan pengembangan peternakan sapi perah di Indonesia. Perkembangan populasi sapi perah dan produksi susu dalam 4 periode renstra Kementerian Pertanian periode tahun 2000-2019 dan perkembangan populasi sapi perah dan produksi susu tahun 2000-2021 secara nasional menunjukkan tren pertumbuhan positif. Dalam periode yang sama, populasi sapi perah sebesar 98,47% dan produksi susu sebesar 98,93% masih tertumpu di Pulau Jawa. Pemecahan permasalahan dalam pengembangan sapi perah telah dimodelkan dengan baik oleh peneliti-peneliti dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik. Rekomendasi kebijakan pengembangan peternakan sapi perah pendekatan sistem dinamik dapat dilakukan melalui penerapan *good dairy farming practices*, optimalisasi sumber daya lokal, pemberdayaan peternak dan kelembagaan, pemanfaatan teknologi tepat guna, pengendalian pematangan sapi betina produktif, penguatan koperasi susu, pelatihan bagi peternak, peningkatan skala usaha; dan peningkatan populasi melalui impor induk sapi perah. Namun demikian, dibutuhkan pengembangan model dari hulu-hilir secara holistik untuk memberikan alternatif rekomendasi kebijakan terkini dalam pengembangan peternakan sapi perah di Indonesia.

Kata kunci: sistem dinamik, sapi perah, susu, rekomendasi kebijakan

PENDAHULUAN

Kesenjangan produksi susu dalam negeri dengan permintaan susu menunjukkan bahwa pengembangan

peternakan sapi perah di Indonesia memiliki peluang sekaligus menjadi tantangan untuk dikembangkan. Produksi susu dalam negeri baru berkontribusi sebesar 997,35 ribu ton dari jumlah permintaan susu sebesar

4.385,73 ribu ton pada tahun 2020 (BPS 2021, Ditjen PKH 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa sebesar 77,26% permintaan susu nasional masih bergantung pada impor, terutama dari New Zealand, Australia, USA dan Eropa. Bahkan laju permintaan yang diproksi dari laju konsumsi susu sebesar 5%/tahun belum mampu diimbangi dengan laju produksi susu dalam negeri yang tumbuh hanya sekitar 3%/tahun. Selain itu, realisasi volume impor produk susu dalam satu dekade terakhir selalu berada jauh diatas volume realisasi eksportnya.

Pertumbuhan populasi dan produktivitas sapi perah merupakan determinan utama yang menentukan volume produksi susu dalam negeri. Pertumbuhan populasi dan produktivitas sapi perah periode 1980-2020 masing-masing tumbuh 2,97%/tahun dan 1,65%/tahun, diikuti dengan pertumbuhan produksi susu segar sebesar 4,22%/tahun. Di sisi lain, konsumsi susu Indonesia termasuk produk olahan yang mengandung susu sebesar 16,27 kg/kapita/tahun (BPS 2021, Ditjen PKH 2021), memiliki tren yang semakin meningkat. Oleh karena itu, kesenjangan produksi susu dalam negeri terhadap permintaan susu akan terus terjadi jika tidak ada upaya akselerasi penyediaan susu segar nasional.

Upaya akselerasi penyediaan susu segar di Indonesia, dihadapkan pada berbagai permasalahan terutama pada subsistem *on-farm*. Masih relatif rendahnya rasio jumlah sapi laktasi terhadap sapi non laktasi dan relatif rendahnya produktivitas susu menjadi determinan penting bagi perkembangan produksi susu Indonesia dari tahun ke tahun. Produktivitas sapi perah nasional mengalami stagnasi dengan rata-rata produksi susu antara 8-12 liter/ekor/hari dan skala pemeliharaan 2-3 ekor induk per rumah tangga peternak (Tiesnamurti et al. 2017). Biaya pakan yang tinggi dalam operasional usaha sapi perah tetap harus dikeluarkan oleh peternak, di sisi lain harga susu cenderung stagnan di tingkat peternak. Hertanto (2014) menyatakan bahwa rendahnya margin peternak dan tingginya biaya pakan dalam operasional produksi sapi perah turut menjadi determinan yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas susu.

Pelaku usaha sapi perah yang sebagian besar merupakan peternakan rakyat juga dihadapkan pada belum massifnya penerapan usaha sapi perah yang baik (*good dairy farming practices*). Penerapan *good dairy farming practices* terdiri atas beberapa komponen yaitu pengelolaan kesehatan hewan, kebersihan proses pemerahan susu, kecukupan nutrisi pakan dan ketersediaan air, kesejahteraan hewan, pengelolaan lingkungan, dan manajemen sosial ekonomi (FAO & IDF 2011). Bahkan, peternak sapi perah pada subsistem *on-farm* masih mengalami kesulitan dalam mengadopsi perkembangan teknologi, konsep bisnis, dan penciptaan nilai tambah secara berkelanjutan,

sehingga daya tawar peternak sapi perah cenderung mengalami stagnasi hingga kini.

Selain itu, belum tergeraknya peternak sapi perah dalam menciptakan nilai tambah dalam penyediaan produk susu, proses produksi, dan distribusi produk susu juga turut menyebabkan peternak sapi perah hingga kini masih menempati posisi tawar yang rendah. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Arjakusuma et al. (2013) bahwa dalam penciptaan nilai tambah, peternak dihadapkan pada beberapa faktor penghambat meliputi keterbatasan adopsi teknologi, kualitas pakan, kandang tidak terisi penuh, kesulitan akses sanitasi, padatnya jalur transportasi, dan rendahnya kualitas bahan pendukung. Bahkan masih terdapat dominasi IPS dalam penciptaan nilai tambah di sepanjang rantai dan menurunnya produksi susu di tingkat peternak sapi perah di KPBS Pangalengan Indonesia (Ramadanti et al. 2017), turut menempatkan posisi tawar peternak yang lebih rendah.

Permasalahan dalam penyediaan susu di Indonesia sampai dengan saat ini tidak dapat lagi diselesaikan secara parsial, namun membutuhkan pendekatan sistem secara holistik. Pendekatan sistem dinamik menjadi salah satu solusi untuk membangun model interaktif yang terintegrasi secara holistik yang mampu menangkap perubahan dari waktu ke waktu (Stermann 2000) dan mampu mengelaborasi kompleksitas analisis kebutuhan dan permasalahan *stakeholders* terkait (Nurmalina 2007). Output model dapat diperoleh informasi kondisi eksisting (*business as usual*), prediksi capaian target, dan dampak intervensi kebijakan yang sifatnya dinamis.

Pendekatan sistem dinamik menggunakan konsep sistem yang meliputi subsistem-subsistem yang saling terkait pada peternakan sapi perah. Pendekatan berpikir sistem didahului dengan pemotretan sistem sesuai fenomena nyata untuk dimodelkan dan dilakukan simulasi implementasi perubahan kebijakan melalui proses pemodelan yang dilakukan secara iteratif (Forrester 1994). Menurut Marimin & Maghfiroh (2010) sistem tersebut merupakan satu kesatuan subsistem-subsistem dalam lingkungan yang kompleks dan saling terkait, berinteraksi, dan berhubungan dalam mencapai tujuan. Dalam kehidupan nyata termasuk dalam sistem agribisnis sapi perah, upaya pemecahan masalah yang sifatnya kompleks dan beragam tidak dapat berhasil diselesaikan dengan baik jika hanya menggunakan satu atau dua metode spesifik (Nurmalina 2007). Hal ini diperkuat oleh Stermann (2000) bahwa permasalahan yang sifatnya kompleks dan dinamis dalam kehidupan nyata dapat diselesaikan melalui pendekatan sistem.

Model sistem dinamik dapat digunakan untuk membuat solusi, mitigasi, pengendalian maupun antisipasi kebijakan dalam pengembangan peternakan sapi perah mendukung akselerasi penyediaan susu

segar di Indonesia. Makalah ini bertujuan untuk mengulas model pendekatan sistem dinamik dalam menghasilkan rekomendasi kebijakan pengembangan peternakan sapi perah di Indonesia. Melalui ulasan peran model sistem dinamik ini diharapkan dapat berkontribusi secara komprehensif dalam memberikan alternatif pendekatan pemecahan permasalahan, perumusan strategi, dan rekomendasi kebijakan untuk mengakselerasi ketersediaan susu segar di Indonesia melalui pendekatan sistem dinamik.

PERKEMBANGAN PETERNAKAN SAPI PERAH DI INDONESIA

Populasi sapi perah di Indonesia sebagian besar berada di Pulau Jawa. Rata-rata populasi sapi perah sebanyak 98,47% dibudidayakan di Pulau Jawa dengan sentra berada di Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat. Pada periode renstra 2000-2004, kontribusi populasi Jawa Timur terhadap populasi nasional hanya 4,3% lebih tinggi dibandingkan Jawa Tengah, namun pada periode renstra 2015-2019 Jawa Timur berkembang pesat sehingga kontribusi populasinya menjadi 24,55% lebih tinggi dibandingkan Jawa Tengah. Populasi sapi perah di Jawa Timur mengalami peningkatan tiap periode renstra dari sebelumnya memiliki pangsa 37,5% pada periode renstra 2000-2004 meningkat menjadi 50,29% pada periode renstra 2015-2019. Selain itu, tren pertumbuhan populasi sapi perah di Jawa Timur sebesar 4,43%/tahun pada periode 2000-2021 menunjukkan laju pertumbuhan populasi yang lebih tinggi dibandingkan Jawa Tengah dan Jawa Timur dengan tren 1,20%/tahun dan 1,59%/tahun secara berturut-turut. Perkembangan populasi sapi perah per

provinsi berdasarkan empat periode renstra dapat dilihat pada Tabel 1.

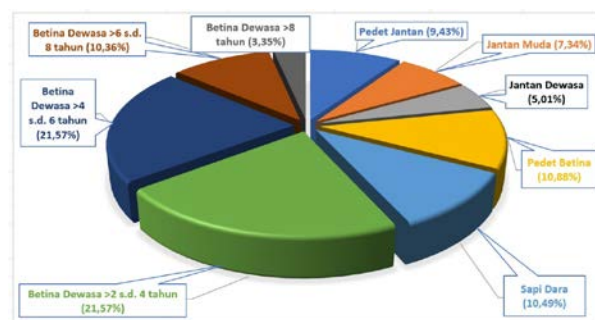
Pada periode renstra 2010-2014 terjadi penurunan tren populasi sapi perah nasional sebesar -2,36%/tahun. Jawa Timur sebagai sentra populasi sapi perah tertinggi di Indonesia pada periode 2010-2014, juga menunjukkan tren pertumbuhan negatif sebesar -1,75%/tahun. Sementara itu, pada periode yang sama Jawa Tengah dan Jawa Barat menunjukkan tren penurunan yang lebih tinggi sebesar -3,52%/tahun dan -2,47%/tahun secara berturut-turut. Kondisi ini disebabkan karena populasi sapi perah menurun cukup tinggi dari sebelumnya 611.940 ekor pada tahun 2012 turun menjadi 444.266 ekor pada tahun 2013. Namun demikian, secara nasional tren pertumbuhan populasi sapi perah di Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat pada periode 2000-2021 memiliki tren pertumbuhan positif. Di sisi lain meskipun kontribusi populasi sapi perah luar Jawa terhadap populasi sapi perah nasional kurang dari 5%, tren pertumbuhan populasi sapi perah di Sulawesi Selatan dan provinsi lainnya meningkat positif secara berturut-turut sebesar 4,03%/tahun dan 4,33%/tahun.

Pertumbuhan produksi susu di Indonesia ditentukan oleh pertumbuhan populasi dan produktivitas sapi perah. Populasi sapi perah nasional periode tahun 1980 – 2020 mengalami pertumbuhan positif sebesar 2,97%/tahun (BPS 2021), namun jumlah induk laktasi terhadap sapi non laktasi di Indonesia proporsinya baru mencapai 56,85% (BPS 2017). Struktur populasi sapi perah di Indonesia berdasarkan hasil survei struktur ongkos usaha tani (BPS 2017) yang mengambil sampel rumah tangga peternak sapi perah di Indonesia dapat dilihat Gambar 1.

Tabel 1. Perkembangan populasi sapi perah per provinsi berdasarkan empat periode renstra di Indonesia

Provinsi	Populasi sapi perah di Indonesia per periode renstra (ekor)								Tren 2000-2021 (%/thn)
	2000- 2004	Tren (%/thn)	2005- 2009	Tren (%/thn)	2010- 2014	Tren (%/thn)	2015- 2019	Tren (%/thn)	
Jawa Timur	133.175	-0,88	168.776	14,89	260.951	-1,75	275.567	3,39	4,43
Jawa Tengah	117.718	0,63	116.927	1,40	130.636	-3,52	141.057	2,03	1,20
Jawa Barat	91.082	4,27	104.443	6,03	124.694	-2,47	118.625	0,96	1,59
DI Yogyakarta	5.571	17,23	6.480	-10,82	3.848	4,81	3.947	-1,68	-2,79
Sumatera Utara	6.537	1,29	3.946	-32,12	1.516	-13,86	2.369	36,69	-4,97
DKI Jakarta	3.752	-3,58	3.330	-2,53	2.813	-4,42	2.158	-5,59	-3,47
Sulawesi Selatan	338	57,22	1.540	17,04	1.745	-10,02	1.510	-4,62	4,03
Provinsi Lainnya	1.316	5,35	1.898	13,41	2.674	3,68	2.735	4,31	4,33
Indonesia	359.490	1,29	407.341	7,74	528.877	-2,36	547.969	2,57	2,69

Sumber: BPS (2021) diolah



Gambar 1. Struktur populasi sapi perah di Indonesia (BPS 2017, diolah).

Berdasarkan struktur populasi sapi perah yang terdiri dari 21,57% betina dewasa >2-4 tahun; 21,57% betina dewasa >4-6 tahun; 10,36% betina dewasa >6-8%; dan 3,35% betina dewasa >8 tahun akan menentukan jumlah produksi susu yang dihasilkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa di Indonesia, rasio induk laktasi terhadap non laktasi masih dibawah 60%. Haloho et al. (2013) melaporkan hasil penelitian di Kabupaten Semarang Jawa Tengah bahwa rasio sapi laktasi terhadap non laktasi sebesar 55,9%. Lebih lanjut Asmara et al. (2016) juga melaporkan rasio sapi laktasi terhadap non laktasi di Jawa Barat dan Jawa Timur sebesar 44,75% (skala kecil) dan 61,14% (skala besar).

Proporsi induk laktasi terhadap total populasi sapi perah yang semakin tinggi akan menghasilkan produksi susu yang semakin tinggi. Produksi susu sapi periode tahun 1980 – 2020 mengalami pertumbuhan sebesar 4,22%/tahun (BPS 2021) dengan sentra produksi susu 98,93% berada di Pulau Jawa. Provinsi Jawa Timur, Jawa Barat, dan Jawa Tengah juga merupakan sentra produksi susu di Indonesia dengan rata-rata produksi secara berturut-turut sebesar 51,22%; 33,54%; dan 12,59%. Selaras dengan tren populasi sapi perah, produksi susu di Jawa Timur pada periode 2000-2021 juga menunjukkan tren laju pertumbuhan produksi susu yang lebih tinggi

dibandingkan Jawa Tengah dan Jawa Timur. Produksi susu di Jawa Timur tumbuh sebesar 4,83%/tahun, sedangkan produksi susu Jawa Tengah dan Jawa Barat tumbuh sebesar 1,27%/tahun dan 2,36%/tahun. Perkembangan produksi susu segar per provinsi berdasarkan empat periode renstra dapat dilihat pada Tabel 2.

Provinsi Jawa Timur mampu menghasilkan produksi susu yang paling tinggi dibandingkan dengan provinsi yang lainnya. Sama seperti pada populasi, produksi susu pada periode 2010-2014 mengalami laju pertumbuhan negatif sebesar -4,57%/tahun. Kondisi ini diikuti dengan tren pertumbuhan negatif produksi susu pada wilayah sentra produksi susu di Jawa Timur sebesar -6,85%/tahun, Jawa Tengah sebesar -0,98%/tahun, dan Jawa Barat sebesar -1,96%/tahun. Namun demikian pada empat periode renstra 2000-2019, ketiga wilayah sentra susu tersebut menunjukkan tren pertumbuhan produksi susu positif. Jumlah produksi susu yang dihasilkan masing-masing wilayah di Indonesia akan ditentukan oleh jumlah populasi sapi perah dan produktivitasnya. Tren pertumbuhan produksi susu di luar Jawa khususnya di Sulawesi Selatan dan provinsi lainnya (kecuali Sumatera Utara) juga memiliki tren pertumbuhan positif.

Faktor produksi pada subsistem *on-farm* merupakan faktor utama yang perlu diperhatikan peternak sapi perah sebagai kontributor utama produksi susu dalam negeri. Faktor produksi yang terdiri dari input hijauan pakan ternak, pakan konsentrat, tenaga kerja, dan jumlah sapi laktasi merupakan determinan utama yang mempengaruhi produksi susu (Asmara et al. 2016). Usaha sapi perah dengan skala kepemilikan sapi lebih besar akan memberikan produksi susu yang lebih tinggi dan menunjukkan efisiensi teknis usaha yang lebih tinggi, sehingga peternak juga didorong untuk meningkatkan kepemilikan sapi perah. Pada aspek pakan, kuantitas dan kualitas susu bergantung pada ketersediaan pakan.

Tabel 2. Perkembangan produksi susu segar per provinsi berdasarkan empat periode renstra di Indonesia

Provinsi	Produksi susu segar di Indonesia per periode renstra (ton)								Tren 2000-2021 (%/thn)
	2000- 2004	Tren (%/thn)	2005- 2009	Tren (%/thn)	2010- 2014	Tren (%/thn)	2015- 2019	Tren (%/thn)	
Jawa Timur	216.518	3,93	301.527	16,98	495.412	-6,85	499.512	2,37	4,83
Jawa Tengah	198.209	0,00	223.909	0,11	272.153	-0,98	296.462	1,59	1,27
Jawa Barat	80.348	4,27	90.704	5,37	101.176	-1,96	99.813	3,95	2,36
DI Yogyakarta	5.889	3,28	7.798	-14,78	4.991	7,02	5.705	-4,71	-1,23
Sumatera Utara	5.593	-0,15	6.111	-37,67	5.513	-18,69	5.022	36,69	-5,17
DKI Jakarta	4.619	-0,40	3.593	2,21	1.305	-4,41	1.706	2,06	-1,12
Sulawesi Selatan	176	73,44	1.751	40,26	2.693	-7,46	2.719	-4,62	7,34
Provinsi Lainnya	3.120	30,02	3.486	-10,06	3.068	1,62	3.364	7,25	1,37
Indonesia	514.471	3,54	638.878	9,59	886.311	-4,57	914.302	2,81	3,44

Sumber: BPS (2021) diolah

Dalam perkembangan peternakan sapi perah hingga saat ini, peternak sangat bergantung pada kelembagaan koperasi susu yang memiliki peran strategis dalam membantu peternak. Di sisi lain, Industri Pengolahan Susu (IPS) yang monopsoni (Priyono & Priyanti 2015) berdampak kurang baik terhadap kemandirian peternak dan koperasi susu. Optimasi produksi dengan sumberdaya terbatas dan peningkatan efisiensi maksimum diperlukan untuk mencapai output maksimum (Tuguz et al. 2015). Upaya untuk mendorong pengembangan peternakan sapi perah sudah dilakukan melalui pemberdayaan koperasi. Menurut Rusdiana & Sejati (2009), pemberdayaan koperasi dapat dilakukan melalui penyediaan sumber bibit induk sapi perah dan pakan konsentrat berkualitas dengan harga terjangkau. Namun demikian, koperasi juga dihadapkan pada keterbatasan pengembangan pasar secara mandiri.

Peran IPS pada subsistem hilir di Indonesia hingga saat ini masih dominan menentukan harga susu yang diterima peternak. Ketatnya margin yang diterima masing-masing pelaku dan kualitas susu yang dihasilkan diduga menjadi penyebab perusahaan pengolah susu pada subsistem hilir harus menentukan batasan harga (Godfrey et al. 2018). Dalam menjalankan usahanya, IPS juga mempertimbangkan *input* dan *output* nya dalam persaingan internasional, khususnya produk susu impor. Di sisi lain, pemerintah dalam mendorong pengembangan industri susu di Indonesia perlu tetap memperhatikan keberlangsungan usaha peternakan sapi perah rakyat. Penetapan tarif impor merupakan salah satu proteksi yang dilakukan oleh pemerintah untuk melindungi peternak dan mendorong peningkatan produksi susu sapi perah di Indonesia.

Namun demikian, peternakan sapi perah di Indonesia hingga kini belum mampu menghasilkan produksi susu yang mampu mengimbangi permintaan susu nasional. Bahkan, produksi susu dalam negeri hanya mencapai 22,74% dari jumlah permintaan susu nasional (BPS 2021; Ditjen PKH 2021). Kebijakan pengembangan peternakan sapi perah di Indonesia diperlukan untuk mendukung akselerasi penyediaan susu segar nasional sesuai target yang ditetapkan pemerintah. Target pemerintah dalam capaian pangsa penyediaan susu segar dalam negeri sebesar 60% terhadap jumlah permintaan nasional (Kemenko Ekon 2013) dapat didekati melalui suatu pemodelan dengan pendekatan sistem dinamik.

REKOMENDASI KEBIJAKAN PENGEMBANGAN PETERNAKAN SAPI PERAH MELALUI PENDEKATAN SISTEM DINAMIK

Pemecahan permasalahan di subsektor peternakan menggunakan pendekatan sistem dinamik telah banyak

dilakukan baik di dalam negeri dan di luar negeri. Melalui model dengan pendekatan sistem dinamik dapat dirumuskan rekomendasi kebijakan menggunakan beberapa skenario kebijakan yang disimulasikan dalam model. Beberapa rekomendasi kebijakan dalam pengembangan peternakan sapi perah di Indonesia diantaranya diperoleh dari Asmarantaka et al. (2012) yang membangun model swasembada susu dengan pendekatan sistem dinamik. Beberapa parameter yang digunakan dalam rancang bangun model yaitu sebaran populasi sapi betina, *calf crop*, *survival rate*, produktivitas susu, pengurangan betina dewasa, *sex ratio*, jumlah susu rusak, dan jumlah impor sapi betina. Hasil simulasi merekomendasikan bahwa jika kebijakan kondisi eksisting dipertahankan maka swasembada susu tidak akan tercapai, namun jika dilakukan penambahan sapi perah betina dewasa impor, peningkatan *calfing rate* menjadi 75%, dan *survival rate* menjadi 90% pangsa produksi susu nasional sebesar 50% dapat dicapai.

Soedjana et al. (2013) membangun model penyediaan susu segar dalam negeri dengan pendekatan sistem dinamik yang terdiri dari submodel produksi, impor, ekspor, dan submodel konsumsi. Hasil simulasi merekomendasikan bahwa intervensi penurunan tingkat kematian pedet dari 7% menjadi 5% dan penurunan tingkat kematian sapi laktasi dari 9% menjadi 7% mampu meningkatkan pasokan produksi susu dalam negeri terhadap kebutuhan susu nasional sebesar 52,5% pada tahun 2020. Model rantai pasok susu di Indonesia dengan pendekatan sistem dinamik juga telah dibangun oleh Susanty et al. (2019) yang terdiri dari subsistem produksi susu, populasi sapi perah, pakan sapi perah, konsumsi susu, kebijakan pemerintah, dan subsistem profit peternak. Kombinasi skenario kebijakan impor induk sapi perah, penguatan operasional koperasi susu, pelatihan peternak, dan bantuan untuk operasional koperasi dan peternak memberikan dampak terbaik. Kombinasi skenario tersebut disimulasikan mampu meningkatkan profit peternak menjadi Rp 124.177/hari, kepemilikan induk menjadi 10 ekor/peternak, dan pangsa produksi susu dalam negeri mencapai 45% terhadap permintaan susu.

Beberapa model pendekatan sistem dinamik di luar negeri, diantaranya dibangun oleh Lie et al. (2018) yang melakukan evaluasi empiris kebijakan pengembangan sapi perah di Nikaragua dengan pendekatan sistem dinamik. Model dibangun dari komponen subsistem populasi sapi perah, pakan, manajemen pastura, pengolahan susu dan penjualan, biaya dan penerimaan, dan subsistem investasi. Skenario kebijakan intensifikasi pastura dan kebijakan peningkatan pemberian konsentrat bagi induk secara berturut-turut mampu meningkatkan produktivitas susu sebesar 5% dan 11%, namun akan menurunkan profit peternak secara berturut-turut sebesar 1% dan 3%.

Tabel 3. Rekomendasi kebijakan pengembangan peternakan sapi perah melalui pendekatan sistem dinamik

Lokasi	Model sistem dinamik	Rekomendasi kebijakan pengembangan peternakan sapi perah	Sumber
Indonesia	Model swasembada susu	Penambahan induk impor, peningkatan <i>calfing rate</i> menjadi 75%, dan peningkatan <i>survival rate</i> menjadi 90%.	Asmarantaka et al. (2012)
Indonesia	Model penyediaan susu segar dalam negeri	Penurunan mortalitas pedet dari 7% menjadi 5% dan penurunan mortalitas sapi laktasi dari 9% menjadi 7%.	Soedjana et al. (2013)
Indonesia	Model rantai pasok susu	Kebijakan impor induk sapi perah, penguatan operasional koperasi susu, pelatihan peternak, dan bantuan untuk operasional koperasi dan peternak	Susanty et al. (2019)
Meksiko	Model koperasi susu	Aksesibilitas pasar dan lingkungan yang terkontrol bagi koperasi susu	McRobert et al. (2013)
Amerika Serikat	Model Margin Protection Program	Memastikan pasar produk susu dan pengaturan harga agar diperoleh margin yang kompetitif	Nicholson & Stephenson (2014)
Nikaragua	Model rantai nilai susu	Kebijakan intensifikasi pastura, pemberian konsentrat bagi induk, dan investasi pengembangan sapi perah.	Lie et al. (2018); Lie et al. (2017)
Tanzania	Model rantai nilai susu	Kebijakan inseminasi buatan dan kemudahan akses pasar	Dizyee et al. (2019)
Brazil	Model rantai pasok susu	Kebijakan adopsi teknologi di <i>farm</i> sapi perah	Simoes et al. (2019)
Afrika Selatan	Model industri susu	Pembentukan kawasan peternakan dan penerapan digitalisasi	Munien & Telukdarie (2021)
Inggris	Model rantai pasok produk susu	Mitigasi faktor risiko yang mengganggu produksi, logistik, dan ritel pada rantai pasok	Azizsafaei et al. (2022)

Di sisi lain, skenario kebijakan investasi pengembangan sapi perah dan intensifikasi pastura disimulasikan mampu meningkatkan produksi susu sebesar 30% dan 35% selama musim hujan dan kemarau.

Pendekatan sistem dinamik juga digunakan McRobert et al. (2013) di Meksiko untuk mengelaborasi penerapan beberapa skenario kebijakan dalam meningkatkan kinerja finansial koperasi susu. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kebijakan aksesibilitas pasar dan lingkungan yang terkontrol akan mendukung peningkatan performa kinerja finansial koperasi. Model industri susu dibangun Nicholson dan Stephenson (2014) di USA dengan pendekatan sistem dinamik untuk memperoleh informasi dinamika pasar terhadap *Margin Protection Program* (MPP). Hasil simulasi menunjukkan bahwa kebijakan MPP akan melemahkan umpan balik pasar melalui harga dan margin lebih rendah, serta pengeluaran pemerintah lebih besar. Di Kilosa Tanzania, intervensi kebijakan inseminasi buatan pada sapi perah disimulasikan berdampak pada penurunan pendapatan peternak pada jangka waktu kurang dari 5 tahun, namun dalam jangka panjang akan meningkatkan pendapatan peternak (Dizyee et al. 2019).

Digitalisasi dan introduksi teknologi untuk mengakselerasi pengembangan peternakan sapi perah beberapa sudah dimodelkan melalui pendekatan sistem dinamik. Pembentukan kawasan industri susu dan dampak penerapan digitalisasi terhadap struktur biaya selama pandemi covid-19 di Afrika Selatan dimodelkan oleh Munien & Telukdarie (2021). Hasil simulasi menunjukkan bahwa kebijakan pembentukan kawasan industri susu akan meningkatkan biaya, namun kebijakan penerapan digitalisasi dalam kawasan tersebut disimulasikan mampu meningkatkan efisiensi sehingga dapat menurunkan biaya rata-rata secara keseluruhan. Selanjutnya, adopsi teknologi pada *farm* penghasil susu di Brazil disimulasikan berdampak pada peningkatan produksi susu, pendapatan dan profitabilitas yang lebih tinggi dibandingkan *farm* yang tidak mengadopsi teknologi (Simoes et al. 2019).

Efisiensi rantai pasok dan rantai nilai dilaporkan berperan strategis dalam pengembangan peternakan sapi perah. Pendekatan sistem dinamik digunakan Azizsafaei et al. (2022) untuk mengukur dampak beberapa risiko pada rantai pasok produk susu. Rantai pasok produk susu meliputi produksi, logistik, dan ritel disimulasikan dapat terganggu jika terjadi bencana alam, pandemi penyakit, pemogokan tenaga kerja, fluktuasi permintaan, dan penurunan kualitas susu.

Lebih lanjut, Lie et al. (2017) menyatakan bahwa untuk membangun model sistem dinamik dengan tujuan meningkatkan nilai tambah bagi peternak sapi perah pada rantai nilai susu, pemerintah dan stakeholders perlu merumuskan masalah bersama secara partisipatif.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya menggunakan model dengan pendekatan sistem dinamik, dapat dirumuskan rekomendasi kebijakan pengembangan peternakan sapi perah yang secara terinci dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan penelitian-penelitian pengembangan peternakan sapi perah menggunakan model sistem dinamik semakin menguatkan bahwa model dengan pendekatan sistem dinamik memiliki kontribusi yang tinggi dalam menyediakan solusi permasalahan melalui rancang bangun model interaktif yang terintegrasi, holistik, *non linier*, dan mampu menangkap kompleksitas pada dunia nyata. Model dengan pendekatan sistem dinamik juga dapat disimulasi dampak intervensi kebijakan yang mampu menangkap perubahan dari waktu ke waktu secara dinamik sehingga dapat dirumuskan strategi dan rekomendasi dalam merancang kebijakan pengembangan usaha sapi perah kedepan dengan target yang tepat.

IMPLIKASI KEBIJAKAN DAN PROGRAM PENGEMBANGAN PETERNAKAN SAPI PERAH DENGAN PENDEKATAN SISTEM DINAMIK

Berbagai upaya telah dilakukan Pemerintah untuk menindaklanjuti kondisi perkembangan persusuan di Indonesia. Cetak Biru Persusuan Indonesia 2013 – 2025 telah dicanangkan Pemerintah melalui Kemenko Bidang Perekonomian pada tahun 2014 dan kemudian direvisi tahun 2016 dengan target produksi susu dalam negeri mampu mencapai 60% terhadap permintaan susu di Indonesia pada tahun 2025. Program ini juga sekaligus mendukung visi Indonesia menjadi lumbung pangan dunia pada tahun 2045. Sebagai upaya untuk mengakselerasi penyediaan susu di Indonesia, Kementerian Pertanian juga telah menerbitkan Permentan No. 26/2017 tentang Penyediaan dan Peredaran Susu pasca dicabutnya Inpres No. 2/1985 tentang Koordinasi Pembinaan dan Pengembangan Persusuan Nasional. Implementasi rencana aksi dalam Permentan dimaksud dilakukan dengan mendorong serapan pasar susu segar dalam negeri dan regulasi program Gerakan Minum Susu (GERIMIS) dan program Gerakan Minum Susu bagi Anak Usia Sekolah (GERIMIS BAGUS).

Berselang satu tahun kemudian, Permentan ini direvisi menjadi Permentan No. 33/2018 yang salah satu poinnya menghapuskan kewajiban kemitraan IPS dan importir dengan koperasi susu atau kelompok peternak sapi perah. Hal ini dilakukan untuk merespons regulasi kebijakan *World Trade Organization* (WTO).

Pemerintah melalui Kementerian Perindustrian sebelumnya juga membangun *roadmap* industri susu periode 2010 – 2025 dengan target sasaran jangka panjang diantaranya: (a) peningkatan produksi susu dalam negeri menjadi 50 – 60% dari permintaan susu nasional; (b) peningkatan produktivitas susu hingga 20 liter/ekor/hari; dan (c) peningkatan populasi sapi perah hingga 1,587 juta ekor. Pembenahan dan pengembangan sistem agribisnis dari subsistem hulu-hilir menjadi bagian tidak terpisahkan dalam upaya pencapaian target produksi susu dalam negeri sebanyak 60% terhadap jumlah permintaan susu nasional sekaligus mendukung visi Indonesia sebagai lumbung pangan dunia tahun 2045.

Berkaitan dengan target akselerasi peningkatan produksi susu nasional, sumber penawaran susu nasional berasal dari produksi susu ditambah impor dan stok, dikurangi ekspor. Determinan utama produksi susu dalam negeri ditentukan oleh jumlah populasi induk dan produktivitas induk. Rasio induk laktasi terhadap sapi non laktasi akan menentukan kuantitas produksi susu yang mampu dihasilkan. Upaya yang kini didorong untuk dilakukan peternak yaitu intensifikasi program pembesaran pedet menjadi induk (program *rearing*) dan pencegahan pemotongan induk sapi betina produktif. Ditjen PKH (2020) menyatakan bahwa dalam kegiatan Upsus Siwab dan Sikomandan Kementerian Pertanian telah dimulai upaya intensifikasi pembesaran pedet menjadi induk dan optimasi inseminasi buatan. Lebih lanjut, mendatangkan induk bibit sapi perah berkualitas dari negara sentra susu dunia (impor induk) dapat dilakukan untuk mendorong akselerasi peningkatan produksi susu segar dalam negeri. Berdasarkan yang telah disampaikan sebelumnya, pencapaian target dan pemecahan permasalahan dalam pengembangan sapi perah secara holistik dapat menggunakan pendekatan sistem dinamik.

Kebijakan pengembangan peternakan sapi perah dengan pendekatan sistem dinamik diawali dengan analisis kebutuhan dan formulasi masalah dari *stakeholders* terkait. Menurut Nurmawati (2007); Harmini et al. (2014); Nurmawati & Harmini (2014), dalam membangun model sistem dinamik meliputi beberapa tahapan yaitu analisis kebutuhan, formulasi masalah, identifikasi sistem, pemodelan sistem, pengujian dan validasi model, dan implementasi. Implementasi pengembangan peternakan sapi perah dengan pendekatan sistem dinamik perlu selaras dengan *system thinking* bahwa dalam akselerasi peningkatan produksi susu nasional akan bergantung pada pertumbuhan populasi dan produktivitas sapi perah nasional. Data menunjukkan bahwa pada periode tahun 1980 – 2020, populasi sapi perah tumbuh 2,97%/tahun, produktivitas tumbuh 1,65%/tahun dan produksi susu tumbuh 4,22%/tahun (BPS 2021).

Namun demikian, konsumsi susu juga cenderung meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan pendapatan.

Berdasarkan beberapa model dengan pendekatan sistem dinamik, produktivitas susu yang tinggi mampu diperoleh jika didukung dengan ketersediaan bibit berkualitas dan juga didukung dengan kontinuitas ketersediaan pakan. Pakan yang tersedia kontinu secara kuantitas dan kualitas akan menentukan performa produksi dan kualitas susu. Pemenuhan kebutuhan hijauan pakan dan konsentrat akan mendukung performa produksi dan kualitas susu segar dalam negeri. Hal ini sesuai dengan penelitian Asmara et al. (2016) yang menyatakan bahwa *input* hijauan pakan dan konsentrat merupakan salah satu determinan jumlah produksi susu.

Pada beberapa model sistem dinamik yang dibangun Asmarantaka et al. (2012), Soedjana et al. (2013), Susanty et al. (2019) dan Lie et al. (2018), sebagian besar peternak sapi perah baik di Indonesia maupun di luar negeri bermitra dengan koperasi dalam distribusi dan penjualan susu. Dengan menjadi anggota koperasi, peternak memperoleh manfaat lain mulai dari layanan pendampingan budidaya, penanganan susu, sampai dengan penyediaan kredit untuk peningkatan skala usaha. Priyono & Priyanti (2015) menyatakan bahwa dalam sistem industri susu di Indonesia, susu segar dari peternak didistribusikan secara vertikal ke koperasi yang tergabung dalam GKSI dan selanjutnya didistribusikan ke IPS.

Kondisi yang masih perlu diperhatikan oleh semua *stakeholders* dalam pengembangan peternakan sapi perah yaitu permasalahan kualitas susu. Anugrah et al. (2021) melaporkan bahwa harga susu antar *Milk Collection Points* (MCP) di Pangalengan-Bandung Selatan, berbeda-beda menyesuaikan dengan kualitas susu dengan standar deviasi Rp 200 – Rp 300/liter. Dalam pengembangan peternakan sapi perah, harga susu segar yang kompetitif sangat diperlukan. Meskipun di Indonesia harga susu segar di tingkat konsumen tahun 2008 –2018 tumbuh cukup signifikan sebesar 7,12%/tahun (Pusdatin 2019), namun hasil penelitian Ginting (2020) diperoleh informasi bahwa rata-rata harga susu tingkat peternak Rp 4.820/liter untuk skala besar, Rp 4.811,63/liter untuk skala sedang, dan Rp 4.786,82/liter untuk skala kecil. Lebih lanjut Setiyowati (2020) memperoleh hasil bahwa harga susu di tingkat peternak di Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang sebesar Rp 4.558,46/liter.

Model sistem dinamik pada komoditas sapi perah yang telah disusun, umumnya lebih dominan mengelaborasi lebih rinci dari subsistem *on-farm*. Pada subsistem hilir dan dukungan kebijakan pemerintah juga merupakan faktor yang saling terkait dengan subsistem hulu dan *on-farm*. Pada subsistem hilir, permasalahan utama yang dihadapi adalah harga susu

(bubuk) internasional yang lebih murah dibandingkan susu bubuk dalam negeri. Hal ini dapat disebabkan karena pada negara eksportir, memiliki skala usaha yang lebih tinggi dan didukung dengan ketersediaan lahan penggembalaan sistem *ranch* sehingga biaya pakan lebih efisien. Ozawa et al. (2005) menyatakan bahwa persentase biaya pakan per kg susu segar di New Zealand hanya sebesar 16%-nya biaya pakan di Hokkaido Jepang. Dengan demikian, meskipun harga jual susu peternak di negara eksportir lebih rendah dibandingkan harga susu di negara pengimpor namun *net income* yang diperoleh peternak di negara eksportir tetap kompetitif.

Berdasarkan model dengan pendekatan sistem dinamik yang telah dibangun oleh peneliti sebelumnya, belum banyak yang mengulas peran kebijakan proteksi yang dilakukan pemerintah. Berdasarkan Permenkeu No 6 Tahun 2017 tentang Penetapan Sistem Klasifikasi Barang dan Pembebanan Tarif Bea Masuk atas Barang Impor, ditetapkan bahwa tarif impor susu ditetapkan sebesar 5%. Kebijakan ini sejalan dengan UU Nomor 19 Tahun 2013 tentang perlindungan dan pemberdayaan petani dan UU Nomor 41 Tahun 2014 tentang perubahan atas UU Nomor 18 Tahun 2009 tentang peternakan dan kesehatan hewan. Pada pasal 13 UU Nomor 19 Tahun 2013 dinyatakan bahwa pemerintah sesuai dengan kewenangannya bertanggung jawab atas perlindungan (proteksi) terhadap petani dan pada pasal 15 dinyatakan bahwa untuk memenuhi kebutuhan pangan, pemerintah wajib mengutamakan produksi dalam negeri dan kekurangannya dipenuhi dari impor.

Rekomendasi kebijakan pengembangan peternakan sapi perah berdasarkan model sistem dinamik yang telah dibangun Asmarantaka et al. (2012), Soedjana et al. (2013), dan Susanty et al. (2019) dapat disintesis sebagai berikut: (a) penerapan *good dairy farming practices*, pengaturan sentra sapi perah, optimalisasi sumber daya lokal, pemberdayaan peternak dan kelembagaan, serta pemanfaatan teknologi tepat guna; (b) peningkatan pengetahuan dan keterampilan peternak serta penyediaan benih tanaman leguminosa yang terjangkau; (c) peningkatan populasi melalui pencegahan pemotongan sapi betina produktif; (d) penguatan koperasi susu, pelatihan bagi anggota koperasi, dan dukungan peningkatan skala usaha peternak; dan (e) peningkatan populasi melalui impor induk sapi perah.

Tindak lanjutnya, masih diperlukan pengembangan model dengan pendekatan sistem dinamik untuk mendukung kebijakan pengembangan sapi perah di Indonesia. Model tersebut dapat dikembangkan dalam penelitian lanjutan yang mengelaborasi secara holistik dari hulu-hilir sehingga dapat dirumuskan rekomendasi pilihan alternatif kebijakan untuk mitigasi, pengendalian maupun

antisipasi kebijakan dalam pengembangan peternakan sapi perah di Indonesia.

KESIMPULAN

Pertumbuhan populasi sapi perah dan produksi susu Indonesia tahun 2000-2021 tumbuh positif. Dalam kurun waktu 4 periode rencana strategis 2000-2019, provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat merupakan sentra populasi dan produksi susu di Indonesia. Namun demikian, pertumbuhan produksi susu belum mampu mengimbangi pertumbuhan permintaan susu. Pemecahan permasalahan dalam pengembangan peternakan sapi perah tidak dapat lagi dapat diselesaikan secara parsial, namun perlu diselesaikan secara holistik dari hulu-hilir. Berbagai penelitian dengan menggunakan model sistem dinamik dinyatakan mampu memberikan solusi permasalahan melalui rancang bangun model interaktif yang terintegrasi, holistik, non linier, dan mampu menangkap kompleksitas dunia nyata secara dinamik. Pada model pengembangan peternakan sapi perah telah cukup baik dielaborasi pada subsistem *on-farm*, namun subsistem hilir dan dukungan kebijakan pemerintah masih perlu dielaborasi lebih dalam. Dengan demikian, dibutuhkan pengembangan model dengan pendekatan sistem dinamik yang mengelaborasi secara holistik dari hulu-hilir sehingga dapat dirumuskan rekomendasi pilihan alternatif kebijakan untuk mitigasi, pengendalian maupun antisipasi kebijakan dalam pengembangan peternakan sapi perah di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian dan kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) untuk dukungan pembiayaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah IS, Purwantini TB, Erwidodo. 2021. Milk collection points: inovasi kemitraan usaha ternak sapi perah di Pangalengan-Bandung Selatan. *Analisis Kebijakan Pertanian*. 19:1-18.
- Arjakusuma RS, Hartoyo S, Fahmi I. 2013. Rantai nilai pada industri susu studi kasus PT Cisarua Mountain Dairy (Cimory). *J Manajemen Agribisnis*. 10:22-31.
- Asmara A, Purnamadewi YL, Lubis D. 2016. Keragaan produksi susu dan efisiensi usaha peternakan sapi perah rakyat di Indonesia. *J Manajemen Agribisnis*. 13:14-25.
- Asmarantaka RW, Atmakusuma J, Jahroh S, Harmini. 2012. Simulasi kebijakan swasembada susu di Indonesia dengan pendekatan model sistem dinamik [Laporan Akhir Penelitian Unggulan IPB]. Bogor (Indonesia): Departemen Agribisnis Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor.
- Azizsafaei M, Hosseinian-Far A, Khandan R, Sarwar D, Daneshkhah A. 2022. Assessing risks in dairy supply chain system: a system dynamics approach. *Systems*. 10:1-30.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017. Hasil survey struktur ongkos usaha peternakan. Jakarta (Indonesia): Badan Pusat Statistik.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2021. Statistik Indonesia 2021. Jakarta (Indonesia): Badan Pusat Statistik.
- [Ditjen PKH] Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2020. Laporan kinerja 2020. Jakarta (Indonesia): Ditjen PKH Kementerian Pertanian.
- [Ditjen PKH] Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2021. Statistik Peternakan 2021. Jakarta (Indonesia): Ditjen PKH Kementerian Pertanian.
- Dizyee K, Baker D, Omoro A. 2019. Upgrading the smallholder dairy value chain: a system dynamics ex-ante impact assesment in Tanzania's Kilosa District. *J Dairy Res*. 86:440-449.
- [FAO, IDF] Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Dairy Federation. 2011. Guide to good dairy farming practice. Animal Production and Health Guidelines. No 8. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Forrester JW. 1994. System dynamics, systems thinking, and soft OR. *System Dynamics Rev*. 10:245-256.
- Ginting LN. 2020. Analisis daya saing susu sapi segar dalam negeri. *J Ekonomi Pertanian Agribisnis*. 4:774-782.
- Godfrey SS, Ramsay GC, Behrendt K, Wynn PC, Nordblom TL, Aslam N. 2018. Analysis of agribusiness value chains servicing small-holder dairy farming communities in Punjab, Pakistan: three case studies. *Int Food Agribus Manage Rev*. 22:119-136.
- Haloho RD, Santoso SI, Marzuki S. 2013. Analisis profitabilitas pada usaha peternakan sapi perah di Kabupaten Semarang. *J Pengembangan Humaniora*. 13:65-72.
- Harmini, Asmarantaka RW, Atmakusuma J. 2011. Model dinamis sistem ketersediaan daging sapi nasional. *J Ekonomi Pembangunan*. 12:128-146.
- Hertanto BS. 2014. Kajian komparatif parameter ekonomi (harga susu dan pakan) terhadap efisiensi penggunaan teknologi pakan pada usaha sapi perah. *Sains Peternakan*. 12:49-55.
- [INPRES] Instruksi Presiden. Nomor 2 Tahun 1985 tentang Koordinasi Pembinaan dan Pengembangan Persusuan Nasional. Jakarta (Indonesia) Sekretariat Presiden Republik Indonesia.
- [Kemenko Ekon] Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian. 2013. Cetak biru persusuan Indonesia

- 2013-2025. Jakarta (Indonesia): Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian.
- Kementerian Perindustrian. 2009. Roadmap industri susu. Jakarta (Indonesia): Departemen Perindustrian.
- Lie H, Rich KM, Burkart S. 2017. Participatory system dynamics modelling for dairy value chain development in Nicaragua. *Develop Pract.* 27:785-800.
- Lie H, Rich KM, Hoek RVD, Dizyee K. 2018. An empirical evaluation of policy options for inclusive dairy value chain development in Nicaragua: a system dynamics approach. *Agric Systems.* 164:193-222.
- Marimin, Maghfiroh N. 2010. Aplikasi teknik pengambilan keputusan dalam manajemen rantai pasok. Bogor (Indonesia): IPB Press.
- McRoberts KC, Nicholson CF, Blake RW, Tucker TW, Padilla GD. 2013. Group model building to assess rural dairy cooperative feasibility in South-Central Mexico. *Int Food Agribus Manage Rev.* 16:55-98.
- Munien I, Telukdarie A. 2021. Covid-19 supply chain resilience modelling for the dairy industry. *Procedia Comp Sci.* 180:591-599.
- Nicholson CF, Stephenson MW. 2014. Dynamic market impacts of the dairy Margin Protection Program. *J Agribus.* 32:101-128.
- Nurmalina R. 2007. Model neraca ketersediaan beras yang berkelanjutan untuk mendukung ketahanan pangan nasional [Disertasi]. [Bogor (Indonesia)]: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Nurmalina R, Harmini. 2014. Model swasembada beras yang berkelanjutan untuk mendukung kedaulatan dan ketahanan pangan nasional. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Institut Pertanian Bogor.* Bogor (Indonesia): Institut Pertanian Bogor. hlm. 741-761.
- Ozawa T, Lopez-Villalobos N, Blair HT. 2005. Dairy farming financial structures in Hokkaido, Japan and New Zealand. *Anim Sci J.* 76:391-400.
- [Permenkeu] Peraturan Menteri Keuangan. Nomor 6 Tahun 2017 tentang Penetapan Sistem Klasifikasi Barang dan Pembebanan Tarif Bea Masuk atas Barang Impor. Jakarta (Indonesia): Kementerian Keuangan.
- [Permentan] Peraturan Menteri Pertanian. Nomor 26/Permentan/PK.450/7/ 2017 tentang Penyediaan dan Peredaran Susu. Jakarta (Indonesia): Kementerian Pertanian.
- [Permentan] Peraturan Menteri Pertanian. Nomor 33/Permentan/PK.450/7/ 2018 tentang Perubahan Kedua atas Permentan Nomor 26/Permentan/PK.450/7/2017 tentang Penyediaan dan Peredaran Susu. Jakarta (Indonesia): Kementerian Pertanian.
- Priyono, Priyanti A. 2015. Penguatan kelembagaan koperasi susu melalui pendekatan pengembangan kawasan peternakan nasional. *Wartazoa.* 25:85-94.
- [Pusdatin] Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2019. Outlook komoditas pertanian subsektor peternakan: susu. Jakarta (Indonesia): Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Ramadanti A, Daryanto A, Sukardi. 2017. The dairy value chain, inclusive business model, and inclusiveness improvement of Southern Bandung dairy cooperative (KPBS) Pangalengan. *J Manajemen Agribisnis.* 14:240-249.
- Rusdiana S, Sejati WK. 2009. Upaya pengembangan agribisnis sapi perah dan peningkatan produksi susu melalui pemberdayaan koperasi susu. *Forum Penelitian Agro Ekonomi.* 27:43-51.
- Setiyowati L. 2020. Rantai pasok dan nilai tambah susu sapi perah. *Indones J Develop Econom.* 3:780-798.
- Simoes ARP, Nicholson CF, Novakovic AM, Protil RM. 2019. Dynamic impacts of farm-level technology adoption on the Brazilian dairy supply chain. *Int Food Agribus Manage Rev.* 23:71-84.
- Soedjana TD, Priyanti A, Handiwirawan E, Puastuti W, Susanti T, Rosyid M, Tiesnamurti B. 2013. Model penyediaan daging sapi/kerbau dan susu menggunakan metode system dynamics. Bogor (Indonesia): IAARD Press.
- Sterman JD. 2000. Business dynamics: system thinking and modelling for a complex world. USA (US): McGraw-Hill.
- Susanty A, Bakhtiar A, Puspitasari NB, Susanto N, Handjoyo DKS. 2019. The Performance of dairy supply chain in Indonesia: a system dynamics approach. *International J Prod Perf Manage.* 68:1141-1163.
- Tiesnamurti B, Bahri S, Saptati RA, Priyono, Magrianti T, Priyanti A. 2017. Strategi percepatan produksi susu segar dalam negeri. Bogor (Indonesia): Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Tuguz RK, Tsalov GV, Hachemizpva EA. 2015. Application of methods of optional planning in the meat and dairy subsector of the agribusiness. *Asian Soc Sci.* 11:277-283.
- Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2013 tentang Perlindungan dan Pemberdayaan Petani.
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 2014 tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2009 tentang Peternakan dan Kesehatan Hewan.
- Walters JP, Archer DW, Sassenrath GF, Hendrickson JR, Hanson JD, Halloran JM, Vadas P, Alarcon VJ. 2016. Exploring agricultural production systems and their fundamental components with system dynamics modelling. *Ecol Modelling.* 333:51-65.

Tanaman Pakan Ternak Toleran Salin: Karakteristik, Kandungan Nutrisi, Produktivitas dan Budidaya

(Tolerant Saline Forage: Characteristic, Nutrient Content, Productivity and Cultivation)

Harmini¹, A Fanindi¹ dan MC Hadiatry²

¹Balai Penelitian Ternak, Jln Veteran III, Banjarwaru, Ciawi, Bogor

²Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Banten

Kontributor utama: hmini2011@gmail.com

(Diterima 27 Juni 2022 – Direvisi 22 Agustus 2022 – Disetujui 2 September 2022)

ABSTRACT

The area of saline land in Indonesia will continue to expand which are potential to be used for forage development. The usage of saline land has a limiting factor of high salt content, that affects the productivity and nutritional quality forage. Several saline-tolerant fodder plants, including *Pennisetum notatum*, *Pennisetum hybrida*, *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*, *Setaria sphacelata*, and *Cynodon plectostachyus*, have the potential to be developed. Plants respond to salinity by decreasing morphological performance, transpiration, and stomata. The productivity and nutrient content of grass are influenced by salinity. Saline-tolerant forage have similar productivity and nutrient content to those grown on optimal land. Fertilization, soil media, and the use of saline tolerant varieties can all be used to grow saline tolerant grass.

Key words: Productivity, nutrient content, saline, grass, tolerant

ABSTRAK

Luas lahan salin di Indonesia akan terus meningkat dan berpotensi untuk pengembangan tanaman pakan ternak (TPT). Pengembangan lahan salin memiliki faktor pembatas kadar garam yang tinggi sehingga berpengaruh terhadap produktivitas dan kualitas nutrisi TPT. Beberapa jenis TPT toleran salin seperti *Pennisetum notatum*, *Pennisetum hybrida*, *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*, *Setaria sphacelata* dan *Cynodon plectostachyus* sehingga potensial untuk dikembangkan. Tanaman beradaptasi terhadap salinitas dengan menurunkan keragaan morfologi, memperkecil transpirasi tanaman, dan penurunan stomata. Salinitas berpengaruh terhadap produktivitas dan kandungan nutrisi TPT. Tanaman Pakan Ternak toleran salin memiliki produktivitas dan kandungan nutrisi yang relatif sama dengan TPT pada lahan optimal. Budidaya TPT toleran salin dapat dilakukan dengan pemupukan, modifikasi media tanah, dan penggunaan varietas toleran salin.

Kata kunci: Produktivitas, kandungan nutrisi, salin, rumput, toleran

PENDAHULUAN

Lahan salin adalah lahan dengan kandungan garam mudah larut, seperti NaCl, Na₂CO₃, Na₂SO₄ yang tinggi, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Total luas lahan salin di Indonesia mencapai 440.300 ha dengan kriteria lahan agak salin 304.000 ha dan lahan salin 140.300 ha (Rachman et al. 2007), luasnya diperkirakan akan terus mengalami peningkatan setiap tahun. Proses perubahan lahan menjadi lahan salin disebut salinisasi. Salinisasi disebabkan oleh penggunaan irigasi dengan kadar garam tinggi secara berkesinambungan sehingga terakumulasi di perakaran tanaman. Faktor pemicu lain adalah perubahan iklim yang meningkatkan salinitas tanah karena evaporasi dari air dibawah permukaan di daerah pesisir. Wilayah

pesisir yang rentan dan berdampak langsung terhadap salinisasi pesisir di pulau-pulau yang berjumlah 17.000 pulau (Sukarman, 2018).

Lahan salin di Indonesia sebagian besar terjadi pada daerah pesisir dengan air tanah yang dangkal akibat terjadinya penguapan air laut, sehingga terjadi peningkatan kadar garam. Lahan salin juga diakibatkan oleh tsunami yang menyebabkan daerah berelevasi rendah tergenang air laut. Lahan-lahan di daerah ini sekarang kembali digunakan untuk kegiatan pertanian, memiliki faktor pembatas berupa tingkat salinitas yang tinggi sehingga mengganggu pertumbuhan tanaman (Arabia et al. 2012). Lahan salin adalah lahan yang mendapat intrusi air laut lebih dari empat bulan dalam setahun serta kandungan natrium tanahnya 8 sampai 15% (Sopandie 2013). Lahan salin juga dicirikan oleh nilai persentase natrium dapat ditukar (ESP) > 15%,

nilai rasio perbandingan absorpsi natrium (SAR) > 13 (Wambeke & Forbes 1986) atau nilai Electrical Conductivity (EC) > 2 dS/m (Strawn et al. 2019) dimana 1 dS/m setara dengan 10 mM NaCl dalam larutan tanah. Nilai EC menggambarkan jumlah garam yang terlarut dalam larutan nutrisi atau kepekatan pupuk dalam larutan hidroponik yang berpengaruh terhadap metabolisme tanaman terutama dalam fotosintesis, aktivitas enzim, dan potensi penyerapan ion oleh akar. Nilai NaCl pada lahan salin, terutama nilai Na yang dapat ditukar, bisa dijadikan acuan untuk melihat tingkat toleran tanaman, dimana kategori sangat toleran ($Na_{dd} > 60$), toleran (Na_{dd} 40-60), medium toleran (Na_{dd} 20-40), peka (Na_{dd} 10-20), sangat peka (Na_{dd} 2 – 10). Penulisan makalah ini memaparkan tentang pengembangan dan adaptasi tanaman pakan ternak di lahan salin.

TANAMAN PAKAN TERNAK TOLERAN SALIN

Tanaman toleran salin dapat dilihat dari morfologi tanaman serta indeks sensitivitas garam. Beberapa spesies (TPT) baik legum maupun rumput dikategorikan sebagai tanaman toleran salin. Meskipun salinitas membatasi produktivitas tanaman, beberapa TPT mampu tumbuh dan berproduksi dibawah stress salin (Panta et al. 2014). Jika dilihat dari morfologi perakarannya, *P. notatum* memiliki pertumbuhan akar terbaik, diikuti oleh *S. grossus*, *S. splendida*, *E. indica*, dan *B. humidicola* pada cekaman salinitas (Priyanto 2012). Perlakuan tingkat salinitas pada media tanah salin, menunjukkan rumput *Pennisetum hybrida*, *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*, *Setaria sphacelata* dan *Cynodon plectostachyus* toleran salin dan *P. maximum* lebih unggul dan adaptif untuk dikembangkan di wilayah pantai (Purbajanti et al. 2007). *Indigofera zollingeriana* dan turi (*Sesbania glandiflora*) merupakan contoh legum pohon yang toleran salin (Fuskhah et al. 2014) (Herdiawan & Krisna 2014).

Rumput *Cenchrus. ciliaris* cv. Texas dan *Biloela* toleran terhadap salinitas terkategori sedang, dengan mengurangi jumlah spikelet yang akhirnya berpengaruh terhadap jumlah produksi tanaman (Ruiz & Taleisnik 2013). Rumput *ryegrass* yang toleran salin, memiliki tinggi tanaman, berat kering daun, kadar air, indeks klorofil, dan konsentrasi K^+ dan K^+/Na^+ yang lebih tinggi (Tang et al. 2013). Rumput *Distichlis spicata*, *Paspalum vaginatum*, *Sporobolus virginicus* dan *S. arabicus* ditanam pada lahan dengan EC terkategori tinggi (14,1 – 17,4 dS/m) mampu menghasilkan rata-rata biomassa 1,68 hingga 2,42 kg BK /m² (Rao et al. 2017). Rumput lebih toleran salin karena termasuk tanaman C4 yang memiliki kandungan *monogalactosyldiacylglycerol* (MGDG) lebih rendah pada sel mesofil dibanding sel selaput seludang (*bundle*

sheath cell) (Omoto et al. 2016). Berdasarkan indeks sensitivitas garam, *Imperata cylindrica*, *Digitaria ciliaris*, dan *Cynodon dactylon* toleran terhadap garam (Roy & Chakraborty 2017).

ADAPTASI MORFOLOGI DAN FISILOGI TPT TOLERAN SALIN

Cekaman salin menyebabkan penurunan keragaan morfologi meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, bobot basah tajuk, bobot basah akar dan bobot buah serta menekan beberapa proses fisiologi tanaman meliputi laju fotosintesis, laju transpirasi, konduktansi stomata, CO₂ inter selular, kandungan air relatif dan meningkatkan akumulasi prolin di jaringan daun pada tanaman (Sobir et al. 2018). Tanaman menghindari stress dengan beradaptasi melalui regulasi siklus hidupnya, metabolisme, dan memperbaiki kerusakan sel, seperti kemampuan menangkalkan radikal bebas, penyesuaian osmotik, serta kompartementalisasi ion yang tinggi. Tanaman toleran salin akan beradaptasi dengan memanjangkan akarnya (Hameed et al. 2008), meningkatkan biomassa akar (Castroluna et al. 2014). Bentuk toleransi tanaman terhadap salin juga dengan tanaman menyimpan garam di akar atau ditajuk (Bhuiyan et al. 2017).

Bentuk adaptasi lainnya adalah menurunkan transpirasi tanaman untuk mengatur keseimbangan air dengan memperkecil trikoma daun. Kecukupan air dalam jaringan tanaman akan memperkecil penyerapan air dari tanah, sehingga ion Na^+ dan Cl^- yang larut dalam air akan lebih sedikit terbawa ke dalam akar hingga ke seluruh organ tanaman. Kerapatan trikoma pada daun juga berperan dalam mengekskresi garam. Dengan semakin banyaknya trikoma daun, kemungkinan tanaman lebih banyak mengeluarkan garam, hingga berada pada batas yang tidak meracuni. Struktur maupun morfologi trikoma memiliki keragaman sehingga dapat dijadikan sebagai kunci untuk identifikasi marga, spesies, subspecies dan varietas (Harisha & Jani 2013).

Cekaman salinitas juga menyebabkan cekaman osmotik yang menyebabkan penurunan jumlah stomata. Adaptasi tanaman dilakukan dengan mengatur pembukaan dan penutupan stomata pada jaringan daun. Penutupan stomata dilakukan untuk menghindari transpirasi berlebihan. Penutupan stomata dan pengurangan luas daun, untuk meminimalkan kehilangan air melalui transpirasi dan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan untuk mendetoksifikasi reactive oxygen species (ROS) yang disintesis selama cekaman (Khedr et al. 2021). Kadar air tanaman juga dapat dipertahankan dengan mengumpulkan gula terlarut, mengurangi transpirasi, mengurangi stress oksidatif, dan mencegah toksisitas garam dengan mengurangi akumulasi Na^+ di dalam sel akar dan

xylem (Rokebul Anower et al. 2017). Selain itu toleransi salinitas dapat dilihat dari bintil akar dengan melihat melalui peubah jumlah bintil akar, bobot bintil akar dan aktifitas bintil akar seperti nitrogenase. Bentuk adaptasi morfologi dan fisiologi seperti sistem perakaran yang luas dan kelenjar yang mensekresikan garam pada permukaan daun. terhadap cekaman salin dapat dijadikan rujukan dalam melakukan identifikasi dan seleksi untuk menghasilkan TPT toleran salin.

KANDUNGAN NUTRISI TPT TOLERAN SALIN

Kadar garam yang tinggi berpengaruh terhadap kandungan nutrisi TPT. Kemampuan adaptasi TPT terhadap garam berbeda-beda. Tanaman tahunan (*perennial*) relatif lebih adaptif terhadap kadar garam tinggi dibanding legume herba. Salinitas menghambat akumulasi mineral seperti K^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} pada tajuk sorgum (Saber et al. 2013). Salinitas dan alkali tanah juga berpengaruh terhadap kandungan mineral pada tanaman, dimana musim dingin akan meningkatkan kandungan mineral dibanding pada musim panas (Keskin et al. 2017). Sebagian besar TPT toleran salinitas mengalami peningkatan kandungan protein meskipun diikuti oleh peningkatan kandungan mineral (Shaer 2010). Sebagai contoh *C. ciliaris* cv Laredo dan *P. maximum* cv Guinea dengan irigasi air garam mempunyai kandungan ADF dan PK tertinggi berturut-turut 34,7 dan 10,5 %; 31,4 dan 12,1% (Abu-Alrub et al. 2018), sementara pada kondisi cekaman salin dan pH tinggi *D. annulatum*, *U. setulosa* dan *S. nudiflora* tetap memiliki kualitas hijauan pakan yang baik dilihat dari kandungan PK, LK, abu, NDF, ADF dan ADL (Kumar et al. 2015). Hijauan yang ditanam pada lahan dengan kadar garam lebih tinggi juga mempunyai kecernaan protein kasar lebih tinggi pada domba (Fahmy et al. 2010). Hal ini diduga salinitas menyebabkan akumulasi prolin dan gula larut yang meningkatkan nutrisi nilai hijauan (Khedr et al. 2021). Reaksi tanaman pakan terhadap peningkatan kadar garam pada kandungan protein berbeda – beda, sebagian tanaman pakan kandungan proteinnya meningkat, hal ini diduga karena salinitas meningkatkan akumulasi prolin dan gula larut yang meningkatkan nutrisi dan hijauannya (Tabel 1). Sebagian tanaman pakan yang toleran memiliki kandungan protein yang tinggi diduga karena sifat struktur tanaman, selain itu salinitas menyebabkan peningkatan kandungan asam amino dan karbohidrat pada beberapa leguminosa. Salinitas pada sebagian tanaman pakan ternak menurunkan kandungan protein kasar diduga salinitas juga meningkatkan kandungan NDF sehingga kandungan protein menjadi lebih rendah (Boga et al. 2014). Salinitas juga meningkatkan kadar abu, lemak, kalsium (Amouei 2013), tannin pada *A. saligna* (Elfeel & Bakhashwain 2012). Dilain pihak

stress salin juga berdampak negatif terhadap ADF dan kecernaan bahan kering (Boga et al. 2014).

PRODUKTIVITAS TPT DI LAHAN SALIN

Produktivitas TPT secara umum menurun di lahan salin, karena salinitas mengurangi laju pertumbuhan daun melalui pengurangan laju pembesaran sel pada daun, pembelahan sel epidermis akar, dan pemanjangan akar, sehingga menyebabkan tanaman menjadi lebih kecil dan tanaman mati sebelum menyelesaikan siklus vegetatifnya. Salinitas juga berpengaruh terhadap tekanan osmotik pada tanaman sehingga membatasi penyerapan air dan transportasi nutrien, sehingga berdampak pada penurunan pertumbuhan dan biomasanya (Menezes et al. 2017), serta biomassa akar (Gu et al. 2020). Hasil penelitian menunjukkan bahwa salinitas mengurangi biomassa sorgum, dari 45,73 menjadi 43,61 pada 5dS/m, pada 10 dS/m menjadi 39,79, dan pada salinitas 15 dS/m (Saber et al. 2013), jagung dan sorgum kehilangan produksi 22 % pada tanah salin 2,75 dS/m (Silva et al. 2014), dan *A. elongatum*, *B. catharticus*, *E. curvula* yang mengalami penurunan dengan meningkatnya salinitas dari 6 dS/m ke 16 dS/m dengan metode *sowing* berturut – turut 0,9%; 1,5%, dan 9,75% (Paco-Pérez & Choque-Marca 2020). Ditambahkan salinitas secara substansial mengurangi pertumbuhan tanaman sorgum yang tercermin dari produksi biomassa pada salinitas 15 dS/m menurun sebesar 25,27% (Saber et al. 2013). Penurunan produksi biomassa *Panicum maximum*, *Setaria sphacelata*, *Euchlaena Mexicana*, *Brachiaria brizantha*, dan *Cynodon plectostachyus* di lahan salin berturut – turut 66,42; 50,37; 66,65; 70,25; dan 58,06 % (Kusmiyati et al. 2012). Produksi bahan kering pada rumput benggala dilahan salin 0,7 sampai 3,8 ton/ha/panen (Kusmiyati et al. 2013).

Tanaman toleran salin mempunyai biomassa yang tidak jauh berbeda ketika dibudidayakan dilahan salin. Salah satu contoh tanaman pakan ternak toleran salin adalah *Cinhrus ciliaris* dan *Chloris gayana*, karena produksinya jika dibandingkan tanaman yang ditanam di lahan non salin hanya menurun, 9 dan 15% lebih rendah jika dibanding *Panicum antidotale* dan *Sorghum sudanese* yang mencapai 53 dan 45 % (Worku et al. 2019). Sifat toleran salin pada *Chloris gayana* dapat dijadikan sebagai tetua yang menjanjikan, terlebih tanaman ini mempunyai klon-klon yang divergen sehingga dapat dibentuk tanaman diploid dan tetraploid yang toleran pada lahan salin lebih tinggi (Ribotta et al. 2013). Peningkatan salinitas dari 7 dS/m ke 16 dS/m meningkatkan produksi bahan kering pada *H. muticum*, *Bromus sp*, *F. arundinacea*, masing – masing sebesar 11,4; 17,76 dan 10,5% (Paco-Pérez & Choque-Marca 2020).

Tabel 1. Kandungan nutrisi TPT pada tingkat salinitas yang berbeda

Jenis	Perlakuan	BK (%)	PK (%)	NDF (%)	ADF (%)	LK (%)	Abu (%)	Pustaka
Alfalfa non transgenik	200 mM NaCl	Tad	13,52	Tad	Tad	0,8	5,23	Kang et al. 2016
Alfalfa transgenik		Tad	15,49	Tad	Tad	2,53	7,98	
<i>Lotus corniculatus</i> (tepung)	kontrol	92,5	14,9	44,5	40,5	2,4	10,8	Boga et al. 2014
	4 dS/m>EC<8dS/m	92,9	17,6	44,2	37,2	2,9	11,4	
	8dS/m>EC<16dS/m	93,2	18,2	39,3	34,4	3,2	12,9	
	16dS/m>EC	92,0	18,9	29,9	27,5	2,5	13,3	
<i>Trifolium Alexandrinum</i> (tepung)	kontrol	94,9	19,9	34,8	31,5	2,1	12,2	Boga et al. 2014
	4 dS/m>EC<8dS/m	94,8	17,6	42,4	32,7	2,0	11,7	
	8dS/m>EC<16dS/m	94,8	20,3	40,8	37,6	3,2	11,3	
	16dS/m>EC	94,2	22,4	43,6	36,7	2,9	13,1	
<i>Medicago sativa</i> (tepung)	kontrol	94,6	22,4	32,6	32,6	2,0	11,7	Boga et al. 2014
	4 dS/m>EC<8dS/m	93,3	22,8	32,6	32,1	2,6	10,9	
	8dS/m>EC<16dS/m	94,6	23,3	32,6	30,9	2,2	12,2	
	16dS/m>EC	92,4	22,6	30,6	30,6	2,7	11,6	
<i>A. saligna</i> leaves	kontrol	Tad	14,9	Tad	Tad	Tad	9,11	Elfeel & Bakhshwain 2012
	7dS/m	Tad	13,1	Tad	Tad	Tad	10,72	
	9dS/m	Tad	13,1	Tad	Tad	Tad	8,82	
	12dS/m	Tad	13,1	Tad	Tad	Tad	9,29	
<i>Pearl millet</i> (pemotongan 1)	kontrol (0,6)	15,71	9,26	63,15	34,22	2,36	7,93	Makarana et al. 2017
	3 dS/m	16,37	8,38	63,59	34,44	2,35	7,99	
	6 dS/m	17,18	7,70	64,60	35,20	2,32	8,13	
	9 dS/m	18,82	6,72	66,35	36,50	2,24	8,31	
<i>Pearl millet</i> (pemotongan 2)	Control (0,6)	16,68	7,48	67,22	37,27	1,81	8,60	Makarana et al. 2017
	3 dS/m	18,01	7,03	67,69	37,64	1,79	8,66	
	6 dS/m	19,17	6,33	68,88	38,47	1,77	8,80	
	9 dS/m	21,25	5,54	70,64	38,47	1,73	9,04	
Halofit		17,0	14,59	tad	tad	tad	tad	Temel et al. 2015
Strawberry clover (<i>Trifolium fragiferum</i> L.)	0,06 (dS/m)	19,79	Tad	Tad	Tad	Tad	Tad	Can et al. 2018
	9,36 (dS/m)	19,70	Tad	Tad	Tad	Tad	Tad	
	18,22 (dS/m)	20	Tad	Tad	Tad	Tad	Tad	
	26,67 (dS/m)	23,09	Tad	Tad	Tad	Tad	Tad	
<i>P. maximum</i>	0,5 (dS/m)	Tad	11,87	56,76	36,89	Tad	Tad	Kusmiyati et al. 2012
<i>P. maximum</i>	11 (dS/m)	Tad	12,47	58,15	37,08	Tad	Tad	
<i>S. sphacelata</i>	0,5 (dS/m)	Tad	11,79	54,77	36,54	Tad Tad	Tad	
<i>S. sphacelata</i>	11 (dS/m)	Tad	11,99	56,94	38,03	Tad	Tad	
<i>E. Mexicana</i>	0,5 (dS/m)	Tad	11,59	62,99	36,80	Tad	Tad	
<i>E. Mexicana</i>	11 (dS/m)	Tad	12,07	65,99	38,71	Tad	Tad	
<i>B. brizantha</i>	0,5 (dS/m)	Tad	12,14	65,28	40,09	Tad	Tad	
<i>B. brizantha</i>	11 (dS/m)	Tad	9,04	78,11	44,07	Tad	Tad	
<i>C. plectostachyus</i>	0,5 (dS/m)	Tad	9,76	70,24	43,25	Tad	Tad	
<i>C. plectostachyus</i>	11 (dS/m)	Tad	9,51	66,94	44,54		Tad	

Keterangan: Tad: tidak ada data, EC = Electrical Conductivity, dS = deciment per meter

BUDIDAYA DAN PENGGUNAAN VARIETAS TPT TOLERAN SALIN

Budidaya tanaman pakan ternak (TPT) di tanah salin terkendala oleh sifat tanah yang membatasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman untuk mencapai hasil optimum. Strategi untuk mengurangi masalah salinitas dengan reklamasi lahan dan penggunaan varietas toleran salin. Berbagai solusi untuk memperbaiki kondisi lahan salin diantaranya adalah dengan mulsa, pemupukan, metode penyemaian, dan rhizobakter. Hasil-hasil penelitian terkait menyatakan bahwa penggunaan mulsa dari jerami padi pada tanah salin 3 t ha⁻¹ mampu meningkatkan produksi dan kandungan nutrisi dari rumput Guinea (*Panicum maximum*) (Kusmiyati & Pangestu 2013). Penambahan kombinasi pupuk kandang dengan abu sekam padi 2,6 t ha⁻¹ meningkatkan aktivitas nitrat reduktase kandungan klorofil a, klorofil b, total klorofil, luas area dan laju fotosintesis *Calopogonium mucunoides* pada tanah salin (Kusmiyati et al. 2014). Perbaikan tanah salin dengan pemberian pupuk kandang dan gipsium mampu meningkatkan luas daun, klorofil a, klorofil b, klorofil total dan aktifitas nitrat reduktase (Pradewa et al. 2012). Ditambahkan, gipsium dan abu sekam padi yang dipakai secara bersamaan dapat meningkatkan KcBK tetapi tidak meningkatkan KcBO (Pinasih 2013). Alternatif lain dengan metode transplantasi karena mampu menghasilkan produksi biomassa lebih tinggi dibanding penyemaian dilahan salin pada *A. elongatum*, *B. catharticus*, *E. curvula*, *H. muticum*, *Bromus sp.*, *F. arundinacea* (Paco-Pérez & Choque-Marca 2020). Metode penyemaian rendah dan tinggi tidak berpengaruh terhadap hasil dan daya tekan gulma, pemberian pupuk N tunggal dan N rendah tidak mempengaruhi penekanan gulma pada AC Saltlander green wheatgrass (*Elymus hoffmannii* Jensen & Asay) (ACS) (Gu et al. 2018). Pemberian rhizobakteri mampu mengurangi dampak salinitas pada pertumbuhan tanaman. *E. ludwigii* potensial untuk kadar garam NaCl sampai 2,6 M dan biochar pada tanah salin dapat meningkatkan C-organik, P-tersedia dan N-total tanah (Kapoor et al. 2017) dan (Mindari et al. 2018). Pada tanaman padi penggunaan media tanah dengan NaCl 0,4% (4.000 ppm) pada awal pertumbuhan tanaman dapat membedakan toleransi plasma nutfah padi yang diuji terhadap cekaman salinitas, metode seleksi ini cukup baik, cepat, dan murah untuk menyaring plasma nutfah padi dalam jumlah banyak (Suhartini & Harjosudarmo 2017).

Kombinasi tanaman transgenik yang toleran terhadap garam dan bakteri pengikat nitrogen alami yang tahan stres dapat dianggap sebagai pendekatan yang efisien untuk produksi biomassa berkualitas tinggi yang optimal dalam kondisi salin (Stritzler et al. 2018). Secara garis besar pengelolaan lahan salin dengan (1)

pengelolaan air (leaching, irigasi dengan air berkualitas baik), (2) pengolahan lahan yang tepat secara mekanis, (3) perbaikan secara kimia dengan menambahkan gypsum dan sulfur, (4) perbaikan melalui penggunaan mulsa organik dan bahan organik, serta (5) peningkatan kesadaran petani (Karolinoerita & Yusuf Annisa 2020). Penyisipan gen toleran salin pada alfalfa mampu meningkatkan produksi bahan kering sebanyak 53,98 % (Kang et al. 2016). *Medicago sativa* mengalami peningkatan meskipun secara statistik tidak signifikan (Castroluna et al. 2014).

Penggunaan varietas TPT toleran salin

Pemanfaatan lahan salin menjadi salah satu alternatif dalam pengembangan (TPT) karena keterbatasan lahan subur. Salinitas menjadi salah satu masalah serius dalam pengembangan TPT, sehingga perlu penggunaan varietas TPT yang toleran terhadap salinitas. Pemilihan plasma nutfah yang tersedia yang toleran salinitas dengan pemuliaan menjadi salah satu cara yang paling potensial untuk meningkatkan toleransi garam tanaman (Munns & Tester 2008), disamping pengembangan varietas toleran garam masih satu-satunya cara yang layak secara ekonomi untuk mengatasi masalah tersebut. Di daerah subtropik, tanaman *Trifolium fragiferum* L. memiliki toleran sedang hingga tinggi terhadap salinitas saat germinasi dan pertumbuhan vegetatif. Oleh sebab itu, *Trifolium fragiferum* (strawberry clover) merupakan tanaman pakan ternak yang potensial dan tidak mengalami masalah salinitas yang akan mempengaruhi pertumbuhan. Di daerah *semi arid* Asia Tengah telah dikembangkan tanaman Kochia yang memiliki toleransi terhadap salinitas. Ada beberapa macam Kochia, diantaranya *Kochia indica* dapat dikembangkan sebagai tanaman pakan ternak untuk domba atau kambing. *K. indica* memiliki kadar protein hingga 18% dan palatable saat diberikan dalam bentuk segar, hay atau silase (El Shereef, 2016). Di daerah tropis seperti di Indonesia, rumput benggala atau setaria direkomendasikan sebagai rumput yang toleran salin sehingga potensial untuk dikembangkan sebagai tanaman pakan ternak di daerah pinggir pantai yang bertanah salin (Kusmiyati et al. 2012).

KESIMPULAN

Tanaman pakan ternak (TPT) yang toleran terhadap salin akan meminimalkan efek yang merugikan dengan serangkaian adaptasi anatomi, morfologi, fisiologi seperti sistem perakaran yang luas dan kelenjar yang mensekresikan garam pada permukaan daun. Ciri-ciri ini perlu diketahui untuk mengidentifikasi TPT-TPT lokal yang toleran pada

lahan salin maupun untuk merakit varietas TPT unggul toleran pada lahan salin. Pengembangan TPT toleran pada lahan salin akan menguntungkan bagi para peternak, karena akan mengurangi biaya produksi budidaya TPT di lahan salin. Penggunaan TPT unggul toleran salin dikombinasikan dengan teknologi budidaya pada lahan salin yang tepat, akan mengoptimalkan produktivitas TPT pada lahan salin, sehingga diperoleh TPT yang memiliki produksi hijauan dan kualitas nutrisi yang tinggi. Pengembangan TPT unggul toleran salin diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pakan hijauan pada lahan salin dan suboptimal secara umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu-Alrub I, Marcum KB, Kabir N, Aran A, Al Hammadi M. 2018. Productivity and nutritional value of four forage grass cultivars compared to Rhodes grass irrigated with saline water. *Aust J Crop Sci.* 12:203–209.
- Amouei A. 2013. Effect of saline soil levels stresses on agronomic parameters and fodder value of the halophyte *Atriplex leucoclada* L. (*Chenopodiaceae*). *Afr J Agric Res.* 8:3007–3012.
- Arabia T, Zainabun Z, Royani I. 2012. Karakteristik tanah salin Krueng Raya Kecamatan Mesjid Raya Kabupaten Aceh Besar. *J Manajemen Sumberdaya Lahan.* 1:32–42.
- Bhuiyan MSI, Raman A, Hodgkins D, Mitchell D, Nicol HI. 2017. Influence of high levels of Na⁺ and Cl⁻ on ion concentration, growth, and photosynthetic performance of three salt-tolerant plants. *Flora Morphol Distrib Funct Ecol Plants.* 228:1–9.
- Boga M, Yurtseven S, Kilic U, Aydemir S, Polat T. 2014. Determination of nutrient contents and *in vitro* gas production values of some legume forages grown in the harran plain saline soils. *Asian-Australas J Anim Sci.* 27:825–831.
- Can E, Arslan M, Sener O, Daghan H. 2018. Response of strawberry clover (*Trifolium fragiferum* L.) to salinity stress Response of strawberry clover (*Trifolium fragiferum* L.) to salinity stress. *Res Crop.* 14:576–584.
- Castroluna A, Ruiz OM, Quiroga AM, Pedgranzani HE. 2014. Effects of salinity and drought stress on germination, biomass and growth in three varieties of *Medicago sativa* L. *Av en Investigacion Agropecu.* 18:39–50.
- Elfeel AA, Bakhashwain AA. 2012. Salinity effects on growth attributes mineral uptake, forage quality and tannin contents of *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl. *Res J Environ Earth Sci.* 4:990–995.
- El Shereef AA. 2016. Kochia plant as potential forage for ruminants under desert conditions *Annual Res Rev in Biol.* 10: 1-6.
- Fahmy AA, Youssef KM, El Shaer HM. 2010. Intake and nutritive value of some salt-tolerant fodder grasses for sheep under saline conditions of South Sinai, Egypt. *Small Rumin Res.* 91:110–115.
- Fuskah E, Soetrisno RD, Anwar S, Kusmiyati F. 2014. Uji asosiasi bakteri rhizobium terseleksi dengan leguminosa pakan dalam kondisi tercekam salin. *J Agripet.* 14:65–70.
- Gu C, Iwaasa A, Canada A. 2018. Seeding rate and fertility effects on ac saltlander forage production on saline soils. *Agron J.* III:328–335.
- Gu C, Iwaasa AD, Wall K, Gatzke C, Zhang J, Zhao M. 2020. Flooding and salinity reduces AC saltlander green wheatgrass and smooth brome grass productivity. *Agron J.* 112:1101–1110.
- Hameed M, Naz. N, Ahmad MSA, Din IU, Riaz A. 2008. Morphological adaptations of some grasses from the salt range, Pakistan. *Pak J Bot.* 40:1571–1578.
- Harisha C, Jani S. 2013. Pharmacognostical study on trichomes of solanaceae and its significance. *Jamnagar (India): IPGT & RA Gujarat Ayurved University.*
- Herdawan I, Krisna R. 2014. Produktivitas dan pemanfaatan tanaman leguminosa pohon *Indigofera zollingeriana* pada lahan kering. *Wartazoa.* 24:75–82.
- Kang P, Bao A-K, Kumar T, Pan Y-Q, Bao Z, Wang F, Suo-Min W. 2016. Assessment of stress tolerance, productivity, and forage quality in T1 transgenic alfalfa co-overexpressing ZxNHX and ZxVP1-1 from *Zygophyllum xanthoxylum*. *Front Plant Sci.* 7:1–11.
- Kapoor R, Gupta MK, Kumar N, Kanwar SS. 2017. Analysis of nhaA gene from salt tolerant and plant growth promoting *Enterobacter ludwigii*. *Rhizosphere.* 4:62–69.
- Karolinoerita V, Yusuf AW. 2020. Salinisasi lahan dan permasalahannya di Indonesia. *J Sumberdaya Lahan.* 14:91.
- Keskin B, Temel S, Yilmaz H, Şimşek U. 2017. Accumulation of macronutrients in forage grasses under saline and alkaline conditions. *J Anim Plant Sci.* 27:961–970.
- Khedr AH, Serag M, Alhalak O, Shaaban H. 2021. Response to salt stress of two wetland grasses of forage potentialities. *Rev Bras Bot.* 44:345–358.
- Kumar S, Kumar Ashwani, Kumar P, Kumar R, Lata C, Kumar Arvind, Soni P, Sheoran P. 2015. Effect of salt stress on fodder yield and quality of grass and non-grass halophytes. *Indian J Anim Nutr.* 32:295–299.
- Kusmiyati F, Pangestu E. 2013. Effect of mulch and mixed cropping grass - legume at saline soil on growth, forage yield and nutritional quality of guinea grass. *J Indones Trop Anim Agric.* 38:72–78.

- Kusmiyati F, Sumarsono S, Karno K. 2014. Pengaruh perbaikan tanah salin terhadap karakter fisiologis *Calopogonium mucunoides*. Pastura. 4:1–6.
- Kusmiyati F, Sumarsono S, Karno K, Pangestu E. 2013. Effect of mulch and mixed cropping grass - legume at saline soil on growth, forage yield and nutritional quality of guinea grass. J Indones Trop Anim Agric. 38:73–78.
- Kusmiyati F, Sumarsono S, Karno K, Pangestu P. 2012. Produksi biomassa dan nilai nutrisi rumput pakan pada tanah dengan tingkat salinitas berbeda. J Pastura. 2:84–87.
- Makarana G, Yadav RK, Kumar R, Soni PG. 2017. Fodder yield and quality of pearl millet genotypes under different levels of salinity of irrigation water fodder yield and quality of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) genotypes as influenced by salinity of irrigation water in north western India. Indian J Anim Nutr. 34:56–63.
- Menezes RV, Azevedo Neto AD de, Ribeiro M de O, Cova AMW. 2017. Growth and contents of organic and inorganic solutes in amaranth under salt stress. Pesqui Agropecuária Trop. 47:22–30.
- Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Ann Rev Plant Biol. 59:651–681.
- Omoto E, Iwasaki Y, Miyake H, Taniguchi M. 2016. Salinity induces membrane structure and lipid changes in maize mesophyll and bundle sheath chloroplasts. Physiol Plant. 157:13–23.
- Paco-Pérez V, Choque-Marca W. 2020. Influence of salinity on the development of six forage species in two implementation techniques, lower basin of the Lauca River. J Selva Andin Biosph. 8:110–127.
- Panta S, Flowers T, Lane P, Doyle R, Haros G, Shabala S. 2014. Halophyte agriculture: Success stories. Environ Exp Bot. 107:71–83.
- Pinasih C. 2013. Kecernaan bahan kering dan bahan organik rumput benggala (*Panicum maximum*) secara in vitro pada berbagai upaya perbaikan tanah salin. Anim Agric J. 2:73–88.
- Pradewa C, Sumarsono S, Kusmiyati F. 2012. Karakteristik fisiologi rumput benggala (*Panicum maximum*) pada tanah salin yang diperbaiki. Anim Agric J. 1:278–285.
- Priyanto B. 2012. Toleransi lima jenis rumput terhadap minyak dan kapasitas degradasinya dalam sistem fitoremediasi. J Teknologi Lingkungan. 13:141–149.
- Purbajanti ED, Soetrisno D, Hanudin E, Budi S. 2007. Karakteristik lima jenis rumput pakan pada berbagai tingkat salinitas. Trop Anim Agric. 32:186–197.
- Rachman A, Subiksa I, Wahyunto W. 2007. Perluasan areal tanaman kedelai ke lahan suboptimal. In: Sumarno, Suyanto A, Widjono, Hermanto H, penyunting. Kedelai: Teknik produksi dan pengembangannya. Bogor (Indonesia): Puslitbangtan. hlm. 185–204.
- Rao NK, McCann I, Shahid SA, Butt KUR, Araj BA, Ismail S. 2017. Sustainable use of salt-degraded and abandoned farms for forage production using halophytic grasses. Crop Pasture Sci. 68:483–492.
- Ribotta AN, Griffa SM, Díaz D, Carloni EJ, López Colomba E, Tommasino EA, Quiroga M, Luna C, Grunberg K. 2013. Selecting salt-tolerant clones and evaluating genetic variability to obtain parents of new diploid and tetraploid germplasm in rhodesgrass (*Chloris gayana* K.). South Afr J Bot. 84:88–93.
- Rokebul Anower M, Peel MD, Mott IW, Wu Y. 2017. Physiological processes associated with salinity tolerance in an alfalfa half-sib family. J Agron Crop Sci. 203:506–518.
- Roy S, Chakraborty U. 2017. Screening of salt-tolerance potential of some native forage grasses from the eastern part of Terai-Duar grasslands in India. Trop Grasslands-Forrajers Trop. 5:129–142.
- Ruiz M, Taleisnik E. 2013. Field hydroponics assessment of salt tolerance in *Cenchrus ciliaris* (L.): Growth, yield, and maternal effect. Crop Pasture Sci. 64:631–639.
- Saberi AR, Hassan H, Aishah S. 2013. Nutrient concentration of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L) varieties under influenced of salinity and irrigation frequency. Int J Biotechnol. 2:163–170.
- Shaer EHM. 2010. Halophytes and salt-tolerant plants as potential forage for ruminants in the Near East region. Small Rumin Res. 91:3–12.
- Silva J de A, Medeiros JF de, Alves SS V, Oliveira F de A de, Silva Junior MJ da, Nascimento IB do. 2014. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. Rev Bras Eng Agrícola e Ambient. 18:66–72.
- Sobir S, Miftahudin M, Helmi S. 2018. Respon morfologi dan fisiologi genotipe terung. J Hortikultura Indonesia. 9:131–138.
- Sopandie D. 2013. Fisiologi adaptasi tanaman terhadap cekaman abiotik pada agroekosistem tropika. I. Bogor (Indonesia): IPB Press.
- Strawn DG, Bohn HL, O'Connor GA. 2019. Soil chemistry. West Sussex (UK): John Wiley & Sons.
- Stritzler M, Elba P, Berini C, Gomez C, Ayub N, Soto G. 2018. High-quality forage production under salinity by using a salt-tolerant AtNXH1-expressing transgenic alfalfa combined with a natural stress-resistant nitrogen-fixing bacterium. J Biotechnol. 276–277:42–45.
- Suhartini T, Harjosudarmo TZP. 2017. Toleransi plasma nutfah padi lokal terhadap salinitas. Buletin Plasma Nutfah. 23:51–58.
- Sukarman, S, Mulyani A, Purwanto S. 2018. Modifikasi metode evaluasi kesesuaian lahan berorientasi perubahan iklim. J Sumberdaya Lahan. 12:1–18.
- Tang J, Yu X, Luo N, Xiao F, Camberato JJ, Jiang Y. 2013. Natural variation of salinity response, population structure and candidate genes associated with salinity

- tolerance in perennial ryegrass accessions. *Plant Cell Environ.* 36:2021–2033.
- Temel S, Surmen M, Tan M. 2015. Effects of growth stages on the nutritive value of specific halophyte species in saline grasslands. *J Anim Plant Sci.* 25:1419–1428.
- Wambeke V, Forbes T. 1986. Guidelines for using soil taxonomi in the name of map unit. 6th ed. New York (USA): SMSS Technical Monograph, Cornell University, Ithaca, NY.
- Worku A, Mamo B, Bekele T. 2019. Evaluation of some selected forage grasses for their salt tolerance, ameliorative effect and biomass yield under salt affected soil at Southern Afar, Ethiopia. *J Soil Sci Environ Manag.* 10:94–102.

Patologi Keracunan Logam Berat pada Hewan Coba sebagai Hewan Model untuk Keracunan pada Ternak

(Pathology of Heavy Metals Toxicity in Experimental Animal as Model Animals for Poisoning in Livestock)

Rida Tiffarent¹, DD Sugiartanti², S Wahyuwardani³ dan RZ Ahmad³

¹Pusat Riset Zoologi Terapan, Jl. Jakarta-Bogor KM 46, Bogor, Jawa Barat 16911. Indonesia

²Balai Besar Penelitian Veteriner, Jl R.E. Martadinata No.30, Bogor, Jawa Barat 16114. Indonesia

³Pusat Riset Veteriner, BRIN, Jl R.E. Martadinata No.30, Bogor Jawa Barat 16114. Indonesia
Kontributor utama: rida003@brin.go.id

(Diterima 4 Juni 2022 – Direvisi 19 Agustus 2022 – Disetujui 5 September 2022)

ABSTRACT

Pollution is a global problem that can cause health problems in organisms. Heavy metal pollutants from the environment can enter the body systems of animals and humans through the food chain. Several cases of severe poisoning in animals have been reported, especially in grazing animals around landfills and show pathological findings. This article aims to describe the gross pathological and histopathological abnormalities of heavy metal poisoning Arsenic (As), Cadmium (Cd), Copper (Cu), Mercury (Hg), Manganese (Mn) and Lead (Pb) which are focused in laboratory animals and chickens as animal models of poisoning in livestock as animal consumption. In general, the organs that are heavily affected by heavy metals are the liver, kidneys, testes, and ovaries. This article is expected to increase the knowledge of readers and practitioners in the examination differential diagnosis for the possibility of heavy metal poisoning which can be acute or chronic.

Key words: Pathological lesions, heavy metals, toxicity, prevention

ABSTRAK

Polusi merupakan masalah global yang dapat menimbulkan masalah kesehatan pada makhluk hidup. Polutan logam berat dari lingkungan dapat memasuki sistem tubuh hewan dan manusia melalui rantai makanan. Beberapa kasus keracunan logam berat pada hewan konsumsi telah dilaporkan terutama pada hewan-hewan yang digembalakan di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah dan menunjukkan beberapa temuan patologi. Artikel ini bertujuan untuk memaparkan patologi anatomi dan histopatologi akibat keracunan logam berat Arsenik (As), Cadmium (Cd), Tembaga (Cu), Merkuri (Hg), Mangan (Mn) dan Timbal (Pb) yang difokuskan pada hewan laboratorium dan ayam sebagai hewan model keracunan pada ternak konsumsi. Secara umum, organ yang banyak terdampak akibat logam berat adalah hati, ginjal, testis, dan ovarium. Artikel ini diharapkan dapat menambah referensi pembaca dan praktisi dalam diagnosis banding pemeriksaan patologi atas kemungkinan keracunan logam berat karena sifat keracunan yang dapat terjadi secara akut maupun kronis.

Kata kunci: Lesi patologi, logam berat, keracunan, pencegahan

PENDAHULUAN

Polusi pada lingkungan merupakan masalah global yang menimbulkan risiko serius baik pada manusia maupun pada hewan secara umum. Faktor utama penyebab polusi lingkungan ini adalah perkembangan teknologi modern, industrialisasi, pertumbuhan populasi yang cepat dan intensifikasi pertanian (Kaplan et al. 2011; He et al. 2015). Polutan yang berada di lingkungan dapat mengkontaminasi rantai makanan, hewan konsumsi, dan manusia (Kaplan et al. 2011). Pada kasus hewan konsumsi, penyebab utama toksisitas asal lingkungan dikarenakan oleh

paparan pestisida, zat-zat kimia asal agraris, dan kontaminasi logam berat (Rajaganapa et al. 2011).

Logam berat terbagi ke dalam kelompok logam yang dibutuhkan oleh tubuh dalam jumlah tertentu untuk proses metabolisme dan kelompok logam lainnya yang tidak dibutuhkan oleh tubuh (Ahmad 2018). Logam berat yang tidak dibutuhkan tubuh biasanya termasuk ke dalam polutan dan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap ekologi (Ahmad et al. 2013). Logam berat polutan yang mencemari lingkungan dapat memasuki sistem rantai makanan melalui tanah, air dan udara. Proses ini diawali dengan terjadinya kontaminasi produk makanan nabati dan kemudian dikonsumsi baik oleh hewan ataupun manusia. Logam

berat polutan yang dikonsumsi dapat membahayakan kesehatan hewan dan manusia (Ahmad et al. 2013; He et al. 2015). Jumlah logam berat polutan yang terakumulasi secara berlebihan dalam tubuh hewan dan manusia akan mengakibatkan kelainan patologis organ yang berdampak pada terganggunya kesehatan dan bahkan dapat menyebabkan kematian (Ahmad 2018).

Artikel ini akan membahas mengenai perubahan-perubahan patologi yang terjadi akibat toksikasi beberapa jenis logam berat. Hasil penelitian yang dijadikan acuan akan difokuskan pada hewan laboratorium (tikus, mencit, marmut) dan ayam. Hewan laboratorium dan ayam dipilih karena hewan-hewan tersebut dapat menjadi hewan model yang representatif untuk menggambarkan kelainan yang mungkin terjadi pada sistem tubuh mamalia dan unggas. Kedua kelompok hewan tersebut biasanya menjadi hewan konsumsi yang jika terkontaminasi logam berat dapat berpotensi menjadi jalan masuk toksikasi logam berat ke dalam rantai dan membahayakan kesehatan manusia. Hasil dari keseluruhan studi yang telah dikumpulkan akan dicari persamaan dari masing-masing studi untuk menjawab kemungkinan adanya kelainan spesifik dari organ tertentu yang sangat terdampak oleh logam berat atau kemungkinan adanya patognomonis toksikasi logam berat.

Penggolongan patologi yang berkaitan dengan keracunan logam berat tertentu menjadi hal yang menarik untuk dikaji lebih lanjut karena dapat memperluas wawasan diagnosis pembandingan penyebab terjadinya kelainan organ yang teridentifikasi saat nekropsis pada hewan. Jika ditemukan kelainan khas pada kasus toksikasi pada hewan yang berkelompok, toksikasi tersebut dapat segera teridentifikasi dan penanganan keracunan pada hewan yang lain masih dapat dilakukan secara cepat. Tujuan penulisan review ini adalah untuk menyajikan data patologi pada hewan model yang mengalami keracunan logam berat. Artikel ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai temuan patologi pada kasus keracunan logam berat yang terjadi pada hewan model sehingga menambah referensi komparasi keracunan logam berat pada ternak seperti sapi, kambing, domba, kerbau, kuda, babi dan ayam.

KERACUNAN ARSEN (As)

Keracunan As secara akut maupun kronis disebut sebagai arsenikosis. Arsen merupakan logam berat kedua yang sering dilaporkan dalam kasus keracunan pada ternak. Di lingkungan As ditemukan dalam dua bentuk yaitu anorganik dan organik. Anorganik dalam bentuk pestisida yang sering menjadi sumber keracunan As pada sapi, selain itu juga dalam bentuk herbisida yang termakan oleh sapi. Keracunan arsen pada sapi berakibat fatal karena menyebabkan iritasi

pada gastrointestinal, *hemorrhagic diarrhea* dan *depressed*. Biasanya gejala muncul setelah 24 – 36 jam setelah arsen anorganik termakan (Rumbeiha & Snider 2014).

Organic phenylarsonic arsenicals tidak terlalu toksik pada mamalia dibandingkan arsen anorganik. *Phenylarsonic* biasanya digunakan untuk bahan campuran pakan babi dan ayam untuk meningkatkan berat badan dan kontrol penyakit. Bahan campuran pakan tersebut biasanya mengandung *arsenilic acid*, *3-nitroarsenilic acid*, dan *4-nitroarsenilic acid*. Arsen organik dalam bentuk trivalen lebih toksik dari pada pentavalen. *Phenylarsonic* menyerang sistem saraf yang dapat menyebabkan demielinasi *peripheral nerve fibers*, *ataxia* dan *paralysis hindquarter*. Keracunan pada babi terjadi jika pakan mengandung 1000 ppm organik arsen dan diberikan selama 3-10 hari atau 250 ppm selama 20-40 hari (Rumbeiha and Snider 2014).

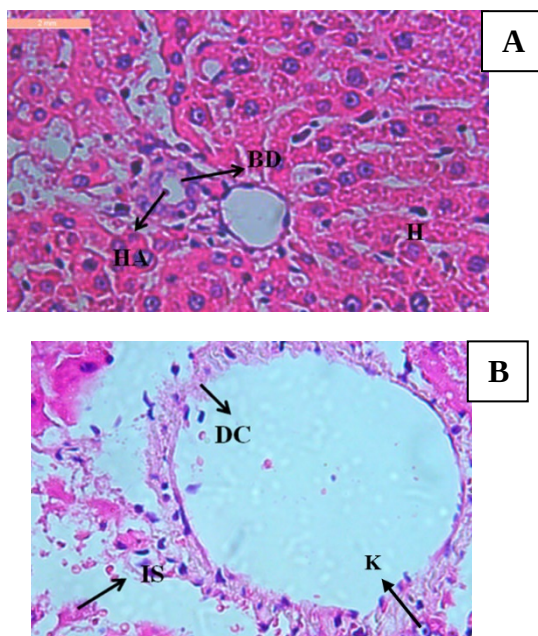
Logam As bersifat sangat karsinogenik dan bisa menyebabkan kanker paru-paru, hati, kandung kemih dan kulit. Tingkat paparan arsen yang lebih rendah dapat menyebabkan mual dan muntah, produksi eritrosit dan leukosit menurun, denyut jantung abnormal, sensasi menusuk-nusuk pada tangan dan kaki, dan kerusakan pembuluh darah. Paparan As jangka panjang dalam konsentrasi rendah dapat mengakibatkan terbentuknya lesi kulit, melanosis, hiperkeratosis, kanker organ internal, masalah neurologis, penyakit paru, penyakit vaskular bagian perifer, hipertensi dan penyakit kardiovaskular, diabetes mellitus, *hepatocellular carcinoma*, sirosis, fibrosis hati, dan kerusakan sel parenkim (Ahmed et al. 2013; He et al. 2014).

Logam As dapat menghambat enzim-enzim selular (seperti *pyruvate dehydrogenase*) dengan mengikat *sulfhydryl*. Penghambatan ini dapat menurunkan: penyerapan glukosa ke dalam sel, oksidasi asam lemak, *gluconeogenesis*, produksi asetil koenzim A, dan penurunan pembentukan antioksidan *glutathione*. Rendahnya bioavailabilitas *glutathione* dapat menyebabkan toksisitas (Hughes et al. 2011). Selain itu, toksisitas As juga terjadi akibat pembentukan senyawa reaktif seperti ROS, nitrogen reaktif, H_2O_2 , OH radikal, dan peroksil radikal (Shi et al. 2004; Hughes et al. 2011). Pembentukan senyawa-senyawa reaktif ini dapat menghambat perbaikan DNA, genotoksitas, proliferasi sel, dan transduksi sinyal (Hughes et al. 2011).

Logam As dapat menyebabkan kanker melalui mekanisme perubahan epigenetik dan induksi perubahan genetik (Hubaux et al. 2013). Epigenetik adalah regulasi *reversible* ekspresi gen (Bustaffa et al. 2014) dan perubahan epigenetik dapat berupa modifikasi histon, DNA metilasi, dan regulasi mikro RNA (Wang et al. 2011; He et al. 2013). Perubahan

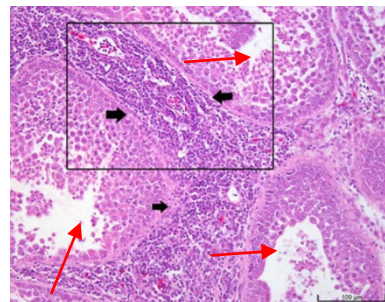
epigenetik berdampak pada perubahan gen sehingga ekspresi gen berubah dan menginduksi terjadinya kanker (Reichard & Puga 2010).

Kasus toksikasi logam As pada mencit albino swiss jantan yang diberi natrium arsenit pada 10 mg/kg bobot badan secara oral selama 8 minggu menunjukkan perubahan pada ginjal berupa degenerasi lemak pada tubulus dan kongesti. Kerusakan juga ditemukan pada arteri toraks, namun tidak ditemukan infiltrasi sel radang. Kerusakan lain ditemukan pada organ hati berupa nekrosis sel hepatik serta pada organ otak berupa edema (Noman et al. 2015). Studi lain dari Gora et al. (2014) yang melakukan pemberian arsen (sodium arsenit 10 mg/kg, selama 28 hari secara oral) pada tikus Wistar menyebabkan perubahan struktur organ hati berupa degenerasi vakuola, inflamasi, nekrosis sel hepatik yang ditandai dengan inti piknosis dan vakuolisasi sitoplasma. Perubahan organ hati pada tikus Wistar jantan akibat toksisitas arsen dilaporkan juga pada studi Garla et al. (2021). Perubahan yang terlihat berupa infiltrasi sel-sel radang di sekitar *hepatoportal triad*, kerusakan sel-sel hepatosit, perluasan sinusoid karena sel hepatosit yang nekrosis, kerusakan pada vena sentral, vakuolisasi sitoplasma dan karyorrhexis (Gambar 1B).



Gambar 1. Perbandingan histologi hati tikus Wistar: (A) Normal, tidak ada kelainan pada duktus empedu (BD), arteri hepatik (HA) dan sel hepatosit (H); (B) Hati yang mengalami dilatasi vena sentral (DC), perluasan sinusoid (IS), dan sel hepatosit yang mengalami karyorrhexis (K). Pewarnaan H&E, perbesaran 400X (Garla et al. 2021).

Gambaran histopatologi testis ayam diberi arsenik pada minggu ke 12 menunjukkan infiltrasi limfosit secara masif, sel-sel spermatogenik (spermatogonium, spermatosit primer, spermatosit sekunder, spermatid) pada tubulus seminiferus mengalami vakuolisasi dan degenerasi Gambar 2 (Shao et al. 2018).



Gambar 2. Histopatologi testis ayam yang diberi Arsen (arsenik trioksida) 30 mg/kgBB per oral selama 12 minggu, menunjukkan infiltrasi limfosit secara masif (panah hitam tebal) dan degenerasi sel-sel spermatogenik (panah merah). Pewarnaan H&E, perbesaran 200x (Shao et al. 2018).

KERACUNAN CADMIUM (Cd)

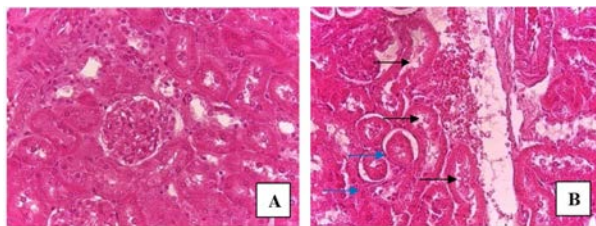
Logam Cd merupakan logam yang terkenal sebagai polutan paling toksik dan sangat berbahaya pada makhluk hidup karena dapat bersifat toksik meskipun dalam konsentrasi yang rendah akibat tingkat eksresinya yang rendah di dalam tubuh (Nawrot et al. 2010; Pretto et al. 2014). Akumulasi Cd pada tubuh manusia dan tikus Wistar dapat mengakibatkan kerusakan dan malfungsi pada organ pencernaan, hati ginjal, jaringan saraf, tulang maupun paru-paru (Bernard 2008; Tsutsumi et al. 2014). Kerusakan organ tersebut disebabkan beberapa mekanisme yang saling berkaitan satu sama lainnya seperti terjadinya perubahan ekspresi gen, penghambatan mekanisme DNA *repair* yang rusak, interferensi proses apoptosis dan autofagi, stress oksidatif dan perubahan interaksi bioelemen (Đukić-Ćosić et al. 2020).

Hati menjadi organ pertama tempat berakumulasinya Cd. Hal ini menyebabkan sel-sel hati rentan terhadap toksisitas selular yang berujung pada perubahan morfologi dan biokimiawi hati. Paparan Cd terhadap sel-sel hepatosit akan meningkatkan ekspresi sejumlah *stress protein* yang mengaktifasi ROS (*reactive oxygen species*), peroksidasi lipid, kerusakan DNA, dan *protein carbonylation* sehingga menyebabkan terjadinya proses apoptosis. Terjadinya proses apoptosis berakibat pada kerusakan-kerusakan selular yang akan menurunkan fungsi hati (Rashid et al. 2013; Shao et al. 2014).

Organ pencernaan dapat teriritasi dan mengakibatkan muntah dan diare jika tertelan Cd

dengan dosis cukup tinggi. Logam Cd dapat menyebabkan mineralisasi tulang baik melalui kerusakan tulang atau disfungsi ginjal. Studi pada manusia dan hewan menunjukkan bahwa osteoporosis pada otot kerangka yang merupakan efek kritis dari paparan Cd serta gangguan metabolisme kalsium, pembentukan batu ginjal dan hiperkalsiuria. Terhirup Cd dengan kadar yang cukup tinggi dapat menyebabkan kerusakan parah pada paru-paru. Waktu paparan yang sangat lama dengan konsentrasi rendah, menyebabkan pengendapan di ginjal dan akhirnya menyebabkan penyakit ginjal, serta kerusakan tulang dan paru-paru yang rapuh (Bernard 2008).

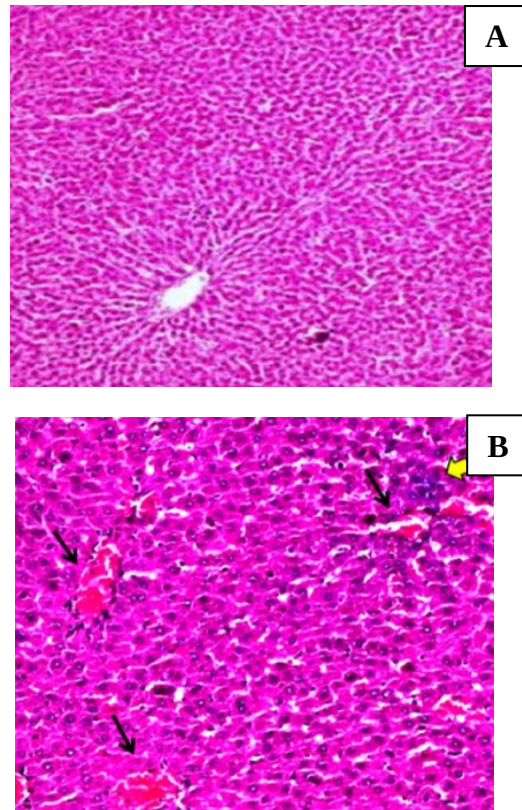
Kerusakan organ yang ditimbulkan oleh Cd teramati pada tikus yang diinduksi Cd dengan dosis toksik yaitu 200 mg/l pada air minum. Kerusakan secara histopatologis pada jaringan organ dengan pewarnaan HE dan Masson Trichrome pada ginjal dan jantung menunjukkan : atrofi glomerulus, fokal nekrosis pada ginjal, dan fibrosis jantung yang mulai teramati pada umur 4 minggu pasca induksi hingga 8 minggu masa pengamatan (Saleh and Awadin 2017). Dardouri et al. (2016) juga melaporkan pada tikus yang diberi kadmium chlorida 100 mg/l. ditemukan kerusakan organ hati berupa degenerasi lemak dan apoptosis sel hati dan kerusakan ginjal berupa atrofi glomerulus, dilatasi kapsula Bowman serta degenerasi sel tubulus dengan inti piknotik (Gambar 3B). Kerusakan hati juga dilaporkan pada studi Seif et al. (2019) yang menunjukkan kelainan pada histologi tikus Sparague-Dawley betina yang diberikan CdCl_2 (3.5 mg/kgBB) selama 30 hari. Kelainan hati yang terlihat adalah kongesti parah pada vena sentralis, hemoragi, dan infiltrasi sel-sel radang (Gambar 4B)



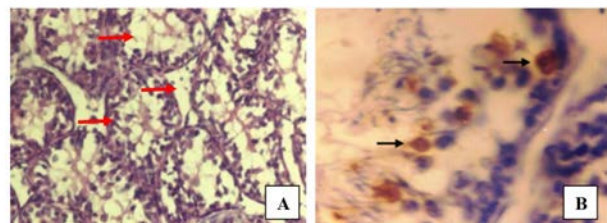
Gambar 3. Ginjal tikus: (A) Tanpa perlakuan. Histologi tampak normal. (B) Ginjal tikus dengan perlakuan pemberian 100 mg/L kadmium khlorida dalam air minum menunjukkan nekrosis tubulus dan dilatasi tubulus (panah hitam) dan melebarnya glomerulus (panah biru). Pewarnaan H&E, perbesaran 400x (Dardouri et al. 2016).

Toksistas Cd pada unggas berpengaruh terhadap keberhasilan proses reproduksi, tingkah laku, respon imun, dan proses biokimiawi. Perubahan histologi hati unggas yang mengalami toksisitas Cd adalah peradangan, infiltrasi sel-sel leukosit, perubahan retrogresif dan gangguan sirkulasi (Shao et al. 2014). Studi menunjukkan bahwa ayam yang diberikan pakan

mengandung Cd ditemukan kelainan endokrin dan lesi histopatologi berupa apoptosis sel-sel testis (Gambar 5), penghambatan viabilitas limfosit limpa, induksi stres oksidatif, kerusakan DNA, dan apoptosis (Jin-Long Li et al. 2010; Li et al. 2010).



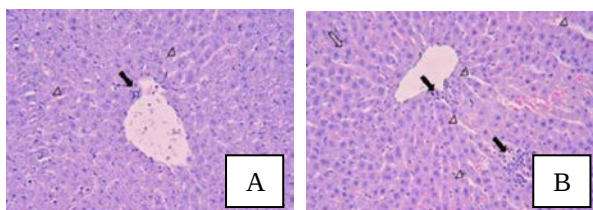
Gambar 4. Perbandingan histologi hati tikus Sparague-Dawley betina : (A) tanpa perlakuan dengan sinusoid, hepatosit, vena sentralis terlihat normal. (B) Hati tikus dengan perlakuan pemberian CdCl_2 menunjukkan hemoragi di antara sel-sel hepatosit (panah hitam), infiltrasi sel-sel radang multifokal di sekitar area perdarahan (panah kuning). Pewarnaan H&E, perbesaran 200x (Seif et al. 2019).



Gambar 5. Tubulus seminiferous ayam mengalami edema, degenerasi, kerusakan spermatogenesis (panah merah) (A) panah hitam menunjukkan sel-sel apoptosis di tubulus seminiferous (B). Pewarnaan H&E, perbesaran 400x (Li et al. 2010).

KERACUNAN TEMBAGA (Cu)

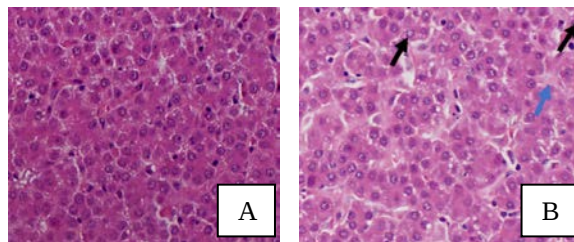
Tembaga (Cu) dibutuhkan oleh manusia, hewan dan unggas untuk metabolisme lipid, karbohidrat, protein, dan menjaga homeostasis (Badis 2014). Logam Cu menjadi elemen yang esensial karena dibutuhkan untuk keberlangsungan fungsi fisiologis tubuh normal seperti pembentukan hemoglobin, metabolisme obat, metabolisme karbohidrat, biosintesis katekolamin, dan mekanisme pertahanan antioksidan (Kim et al. 2016). Logam Cu dijadikan suplemen pada pakan ayam dalam berbagai bentuk seperti Cu-klorida, Cu-oksida, Cu-sitrat, Cu-sulfat. Penambahan Cu pada pakan ayam ditujukan untuk pemacu pertumbuhan, stimulan imun, dan agen antibakterial. Walaupun Cu memiliki peranan esensial dalam proses metabolisme makhluk hidup, pemberian Cu yang berlebihan dapat menimbulkan efek yang berbahaya karena dapat menyebabkan kerusakan sel dan DNA (Badis 2014). Ion-ion Cu seperti Cu^{2+} dan Cu^+ dapat membentuk *reactive oxygen species* (ROS). Ion Cu^{2+} dapat direduksi menjadi Cu^+ yang dapat mengkatalisis dekomposisi H_2O_2 sehingga terbentuk $\text{OH}^\cdot$. Ion $\text{OH}^\cdot$ merupakan radikal oksigen yang dapat bereaksi dengan biomolekul lainnya seperti DNA sehingga menyebabkan pemecahan untai DNA. Selain itu, Cu juga dapat menginduksi oksidasi *low density lipoprotein* (LDL) pada studi *in vitro* (Engwa et al. 2019). Logam Cu yang melebihi batas toleran secara biologis dapat menyebabkan hemolisis, gangguan gastrointestinal, kerusakan ginjal, dan kerusakan hati (Galhardi et al. 2004).



Gambar 6. Tikus jantan (A) dan betina (B) yang diberi Cu ions, copper (II) chloride 625 mg/kg perlakuan mengalami: Hati infiltrasi sel-sel radang (tanda panah hitam), vakuolisasi (tanda panah tidak berwarna), dilatasi sinusoid (kepala tanda panah tidak berwarna). Pewarnaan H&E, perbesaran 100x (Kim et al. 2016).

Studi *in vivo* pada tikus Sprague-Dawley usia 8 minggu yang diberi ion Cu yang berasal dari Copper (II) chloride 625 mg/kgBB selama 4 minggu menunjukkan lesi histopatologi pada hati. Histopatologi hati dengan pewarnaan H&E menunjukkan infiltrasi sel radang derajat ringan sampai sedang, dan dilatasi sinusoid yang dapat dilihat pada Gambar 6 (Kim et al. 2016). Zhou et al. (2020) melakukan studi pemberian suplemen Cu-Lys-Glu (*Cuprum-Lysine-Glutamic Acid*) sebanyak 300 mg

Cu/kg selama 10 minggu pada ayam petelur usia 18 minggu. Hasil studi menunjukkan bahwa terdapat lesi histopatologi hati berupa nekrosis, degenerasi, dan kongesti ringan (Gambar 7).



Gambar 7. Histologi hati ayam petelur: A. Kelompok kontrol, histologi hati normal; B. Kelompok yang diberi 300 mg Cu/kg. sel-sel hepatosit mengalami degenerasi vakuolar, nekrosis (panah hitam), kongesti ringan, lobus hepatik yang tidak jelas batasnya (panah biru). Pewarnaan H&E, perbesaran 400x (Zhou et al. 2020).

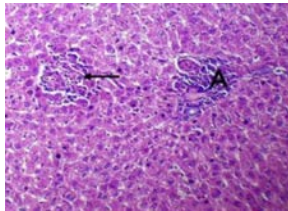
KERACUNAN MERKURI (Hg)

Logam Hg merupakan jenis logam berat yang berbahaya, karena paparan merkuri dengan dosis tinggi pada tubuh hewan maupun manusia dapat menyebabkan kerusakan berbagai organ tubuh dan organ otak atau syaraf. Merkuri dapat masuk ke dalam sistem biologis tubuh melalui ingesti dan inhalasi makanan, air, dan udara yang terkontaminasi Hg (Carocci et al. 2014). Uap Hg bisa menyebabkan bronkitis, asma dan masalah pernafasan yang tidak permanen. Organ saraf sangat sensitif terhadap segala bentuk Hg dan dapat menyebabkan sejumlah abnormalitas neurologis dan neuropati peripheral pada manusia dan hewan coba (HK Hussein et al. 2011). Paparan merkuri dengan dosis yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan yang permanen pada otak, ginjal, dan fetus yang sedang tumbuh di dalam uterus. Oleh karena itu, paparan Hg dapat menyebabkan retardasi mental, *cerebral palsy*, kebutaan, ketulian, penurunan daya ingat, dan *dysarthria* (Martin and Griswold 2009; Golding et al. 2013; Boucher et al. 2014). Paparan Hg dalam waktu singkat dengan dosis tinggi, dalam bentuk gas dapat menyebabkan kerusakan paru-paru, mual dan muntah, diareha, peningkatan tekanan darah dan denyut jantung, kulit kemerahan dan iritasi mata (Martin and Griswold 2009).

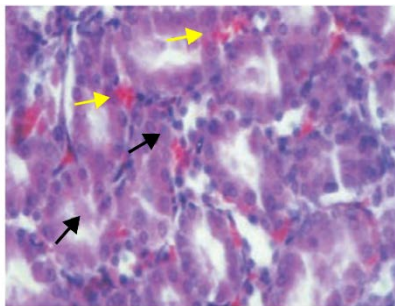
Logam Hg memiliki sifat elektrofilik yang dapat berinteraksi dengan biomolekul nukleofil yang mirip protein seperti sulfhydryl ($-\text{SH}$) atau selenohydryl ($-\text{SeH}$). Reaksi ini akan membentuk kompleks Hg yang stabil dan menimbulkan toksisitas (Farina et al. 2009). Berkurangnya sulfhydryl karena terikat pada Hg menyebabkan generasi ROS (Wu et al. 2016). ROS akan menyebabkan kerusakan enzim, asam nukleat,

dan lipid sehingga terjadi kematian sel. Toksisitas Hg juga menyebabkan kerusakan mitokondria yang berdampak pada meningkatnya jumlah radikal bebas di dalam tubuh (Farina et al. 2009).

Paparan Hg pada hewan dapat menyebabkan kerusakan pada organ hati maupun otak. Tikus jantan yang diberi Merkuri 20 ppm per oral selama 8 minggu, mengalami kerusakan pada organ hati di daerah vena sentralis, berupa degenerasi dan nekrosis sel hepatosit (Wadaan 2009). Pemberian Hg sebanyak 25 mg/l secara oral selama 10 minggu pada tikus dapat menyebabkan hipertrofi sel-sel hepatosit, vakuolisasi plasma sel, kongesti, dilatasi sinusoid dan peningkatan inti piknotik (Dardouri et al. 2016). Kelainan hati akibat pemberian 1 mg HgCl_2 secara subkutan 3 kali per minggu pada tikus albino jantan berupa degenerasi hidropis parah pada sel hepatosit yang ditandai dengan sitoplasma yang digantikan dengan cairan bening dan inti piknotik sel hepatosit (Gambar 8A). Selain itu, hati mengalami nekrosis multifokal dan infiltrasi sel-sel inflamasi ringan di area portal (Gambar 8B) (Elghani et al. 2020).



Gambar 8. Hati tikus albino yang diberikan HgCl_2 : (A) Panah hitam menunjukkan degenerasi hidropis parah sel-sel hepatosit yang ditandai dengan hilangnya sitoplasma dan digantikan dengan cairan bening, inti sel hepatosit mengalami piknotik. (B) nekrosis multifokal (panah hitam) dan infiltrasi ringan sel-sel inflamasi di sekitar area portal pada area A. Pewarnaan H&E, perbesaran 200x (Elghani et al. 2020).

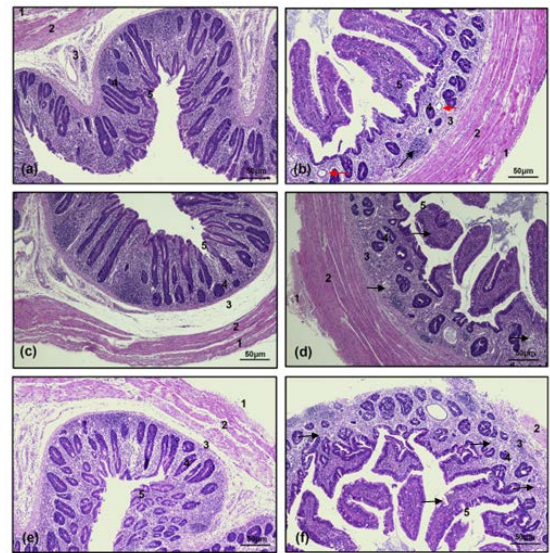


Gambar 9. Ginjal tikus yang mengalami haemoragi (panah kuning) dan akumulasi *protein cast* (panah hitam). Pewarnaan H&E, perbesaran 400x (Sheikh et al. 2013).

Sheikh et al. (2013) menyatakan bahwa histopatologi yang ditemukan pada parenkim ginjal

berupa fokus-fokus inflamasi dengan perdarahan, nekrosis, infiltrasi sel mononuklear, degenerasi inti, penyempitan lumen yang berisi protein *cast* terjadi di lumen tubulus convolvtus setelah pemberian HgCl_2 dosis 2, 4, and 8 mg/kgBB pada tikus Wistar secara oral selama 28 hari (Gambar 9). Kerusakan berupa demielinisasi serabut saraf perifer otak, jumlah limfosit pada limpa menurun secara drastis, menurunnya konsentrasi sperma yang matang pada testis, dan terlepasnya vili-vili usus.

Paparan Hg pada ayam dapat menurunkan produksi telur, menyebabkan kerusakan histopatologi pada hati dan ginjal ayam petelur (Ma et al. 2018a), meningkatkan kejadian *follicular atresia* (Ma et al. 2018b). Pengaruh pemberian HgCl_2 (250 ppm) melalui air minum pada sekum ayam diperiksa pada hari ke 30, 60 dan 90 setelah pemberian HgCl_2 . Berat badan pada ayam yang diberikan HgCl_2 lebih rendah dibandingkan dengan grup kontrol yang tidak diberi HgCl_2 dan menunjukkan perbedaan yang nyata pada hari ke 60 dan ke 90. Mukosa sekum memiliki villi yang lebih sedikit dibandingkan dengan usus halus.



Gambar 10. Pengaruh pemberian HgCl_2 pada histologi sekum ayam. pada waktu pemeriksaan (a) Grup Kontrol hari ke 30, (b) Grup pemberian Hg hari ke 30, (c) Grup Kontrol hari ke 60, (d) Grup pemberian Hg hari ke 60, (e) Grup Kontrol hari ke 90 and (f) Grup pemberian Hg hari ke 90. Setiap angka pada gambar menunjukkan lapisan pada sekum 1: *inner muscularis*, 2: *outer muscularis*, 3: *submucosa*, 4: *stratum propria*, dan 5: villi usus dan *central lacteal*. Pewarnaan H&E, perbesaran 200x (Zhou et al. 2020).

Sekum grup yang diberi HgCl_2 pada hari ke 30 menunjukkan inflamasi (panah hitam Gambar 10b) dan infiltrasi pada *stratum propria* sehingga tampak berupa

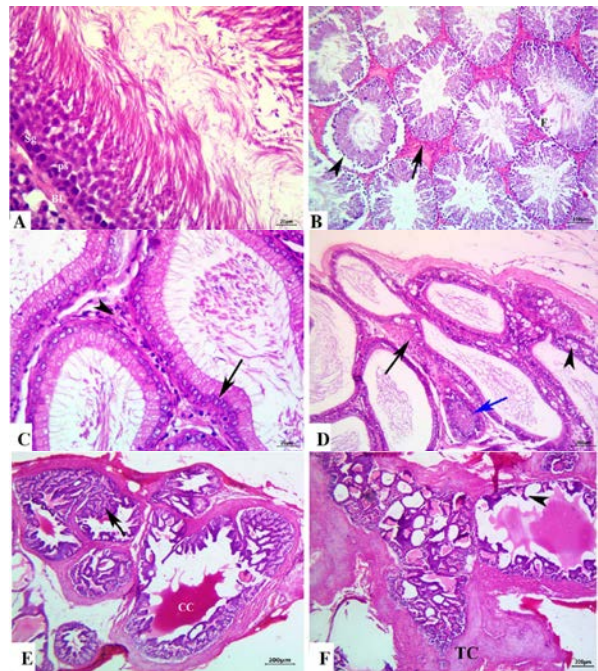
vakuolisasi pada bagian bawah *stratum propria* sekum (panah merah Gambar 10b). Pada kelompok yang diberi HgCl_2 hari ke 60 ditemukan degenerasi dan nekrosis sel enterosit dan vakuolisasi sel sekum (Gambar 10d, panah hitam). Pada grup pemberian HgCl_2 hari ke 90 menunjukkan peradangan sekum, infiltrasi *stratum propria* dan ruptur membrane sel dari sel-sel sekum (Gambar 10f, panah hitam) (Zhou et al. 2020).

KERACUNAN MANGAN (Mn)

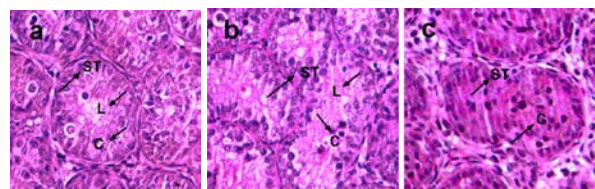
Paparan Mn dapat menyebabkan kerusakan jaringan serta kerusakan fungsi dan struktur organ. Dalam jumlah yang mikro Mn dibutuhkan dalam metabolisme manusia dan hewan. Akan tetapi penggunaan Mn yang luas dalam industri dan pertanian meningkatkan potensi pencemaran Mn di lingkungan seperti pada studi yang menunjukkan bahwa konsentrasi Mn pada daun pohon di daerah urban lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan daun yang berada di area perkotaan di Vienna, Austria (Simon et al. 2011). Paparan Mn dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan kerusakan pada sistem saraf, hati, dan sistem reproduksi. Tingginya kadar Mn dalam tubuh dapat berpotensi untuk meningkatnya *reactive oxygen species* (ROS) dan dapat mengganggu metabolisme besi sehingga menimbulkan efek sitotoksik di dalam tubuh. Efek toksik yang disebabkan oleh Mn dapat berupa neurotoksisitas, gangguan perkembangan reproduksi, gangguan hepatic, dan gangguan sistem imunitas tubuh (Mohammed et al. 2018).

Pemberian MnCl_2 sebanyak 50 mg/kgBB secara oral selama 30 hari pada tikus jantan menyebabkan peningkatan abnormalitas sperma, penurunan *gonadosomatic index* (GSI), penurunan motilitas sperma dan jumlah sperma. Selain itu, MnCl_2 menyebabkan penurunan tingkat testosteron dan *luteinizing hormone* (LH) pada serum dan penurunan aktivitas enzim antioksidan testikular. Secara histologi MnCl_2 menurunkan diameter tubulus seminiferus, penurunan ketinggian germinal epitelium, penurunan jumlah spermatogonia, spermatosit, spermatid, dan sel Leydig (Mohammed et al. 2018) (Gambar 11).

Logam Mn menyebabkan kerusakan oksidatif pada testis ayam. Gambar 12a menunjukkan histopatologi testis grup kontrol dan tidak ditemukan kelainan. Pemberian 1800 mg/kg Mn selama 30 hari menyebabkan penipisan dinding tubulus seminiferus dan pembesaran lumen (Gambar 12b). Pemberian 1800 mg/kg Mn selama 60 hari menyebabkan tubulus seminiferus deformasi, dinding tidak jelas, dan sel-sel germinal tersebar di lumen (Gambar 12c) (Du et al. 2015).



Gambar 11. Histologi testis tikus. (A) Grup kontrol. spermatogonia (Sg), *primary spermatocytes* (PS), spermatids (Sd), dan *basal lamina*. (B) Grup MnCl_2 . *Interstitial cell edema* (panah hitam), *desquamosa* (kepala panah) dan *focally detached germinal epithelium*. (C) Grup kontrol. *Lining epithelium* (panah hitam) dan jaringan *interstitial* (kepala panah). (D) Grup MnCl_2 . Proliferasi jaringan *interstitial* (panah hitam), vakuolisasi (kepala panah) dan degenerasi (panah biru). (E) Grup kontrol. Lipatan mukosa (panah hitam) dan *central cavity* (CC). (F) Grup MnCl_2 . *Thickened capsule* (TC) dan degenerasi (kepala panah). Pewarnaan H&E, skala 200 μm (Mohammed et al. 2018).



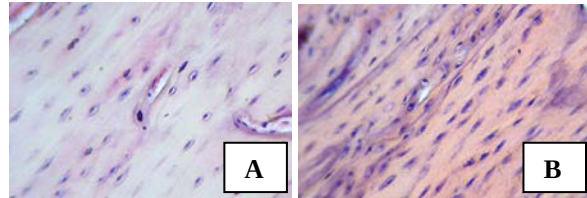
Gambar 12. Testis ayam. (A) kelompok kontrol, histologi normal. (B) perlakuan pemberian Mn 1800 mg/kg hari ke 30 terjadi penipisan dinding tubulus seminiferus dan pembesaran lumen. (C) perlakuan pemberian Mn 1800 mg/kg hari ke 60 tubulus seminiferus deformasi, dinding tidak jelas, dan sel-sel germinal tersebar di lumen. Pewarnaan H&E, perbesaran 400x (Du et al. 2015).

KERACUNAN TIMBAL (Pb)

Paparan Pb yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan serius pada otak, ginjal, sistem saraf dan sel-sel darah merah. Individu muda dan fetus lebih rentan terhadap paparan Pb dibandingkan individu dewasa (Hussein et al. 2011). Logam Pb dapat diserap melalui beberapa rute seperti pernapasan, kulit, dan mulut. Setelah teringesti Pb dapat masuk ke peredaran darah dan terakumulasi pada jaringan lunak dan tulang. Logam Pb juga dapat melewati plasenta sehingga menyebabkan efek teratogenik dan retardasi mental pada embrio (Rafiei et al. 2018). Logam Pb dapat mengganggu aktivasi enzim, menghambat absorpsi mikro mineral, menghentikan sintesis struktur protein dengan mengikat protein sulfhidril, dan menurunkan kadar antioksidan sulfhidril (Patrick 2006).

Pada Sapi bali keracunan Pb dapat menyebabkan deplesi sel-sel limfoid, proliferasi sel limfoid (Putra et al. 2018a). Kerusakan akibat Pb dalam sistem biologi disebabkan oleh 2 mekanisme yaitu 1) generasi langsung *reactive oxygen species* (ROS) seperti O_2 , H_2O_2 , dan hidropereksida; serta 2) deplesi antioksidan di dalam sel. Logam Pb dapat meningkatkan enzim *delta-aminolevulinic acid dehydratase* yang berakibat pada peningkatan pembentukan ROS. ROS akan mengoksidasi nitrit oksida di sel-sel endotel vaskular menjadi peroksinitrit yang sangat reaktif. Proses oksidasi ini akan berdampak pada kerusakan DNA dan lipid (Wu et al. 2016). Kerusakan DNA ini dapat berimbas pada timbulnya kanker / karsinogenik. Logam Pb juga memiliki kemampuan untuk berikatan dengan protein yang berada pada eritrosit, sehingga Pb dapat terdistribusi ke dalam tulang dan ke dalam berbagai jaringan di dalam tubuh. Pb di dalam tubuh hewan disimpan paling banyak di dalam tulang (Hambach et al. 2013).

Tikus yang diberi perlakuan dengan Pb dalam jangka waktu lama berpotensi menyebabkan efek toksik pada sel hati dan susunan selnya sebagai manifestasi berkurangnya kadar glikogen dalam sitoplasma yang menyebabkan vakuolisasi dan inti yang piknotik sebagai tanda nekrosis seluler serta terbentuknya peripotal fibrosis yang menandakan terjadinya sirosis hati (Hegazy & Fouad 2014). Selain itu, studi Rafiei et al. (2018) menyatakan bahwa pemberian 100 ppm Pb asetat II secara oral selama 2 bulan pada tikus Wistar jantan menyebabkan penurunan mineralisasi dan densitas tulang, serta penurunan densitas relatif osteoblast pada tulang femur (Gambar 13).

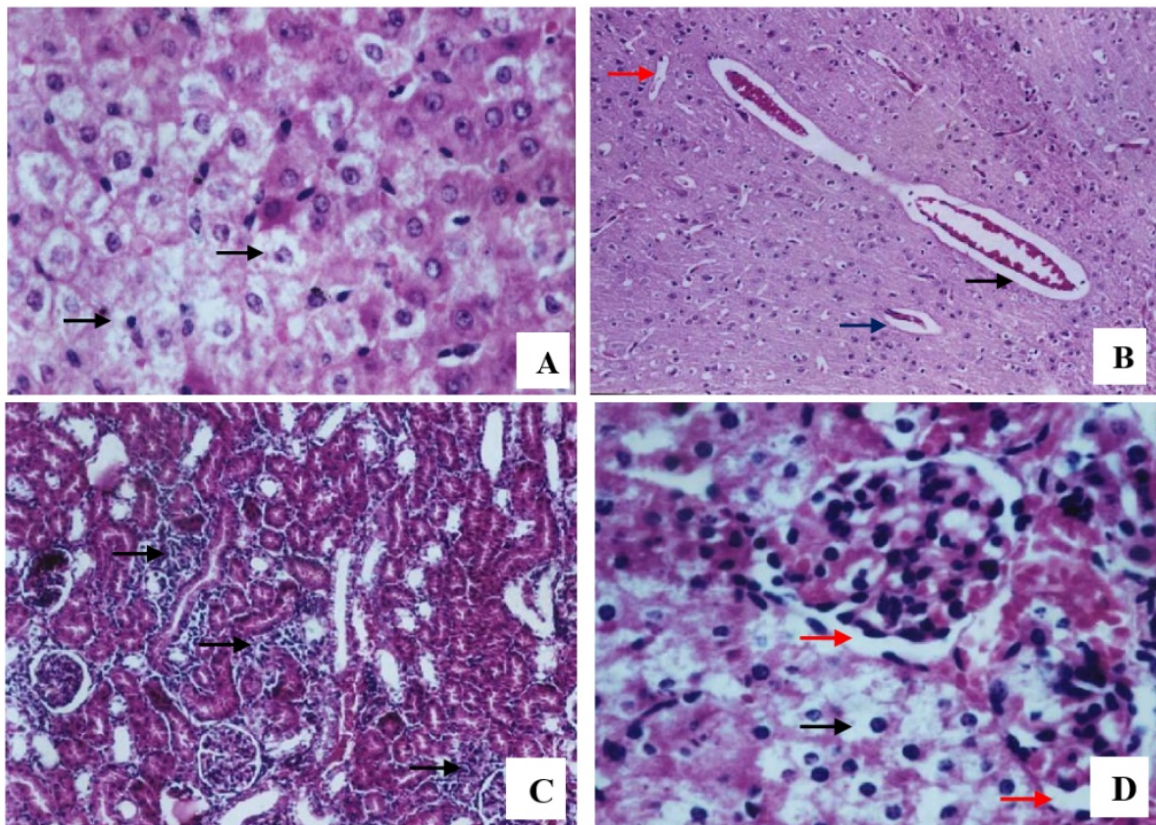


Gambar 13. Perbandingan densitas *osteoblast* tulang femur tikus Wistar : (A) kelompok yang diberi 100 ppm Pb asetat II secara oral selama 2 bulan (B) kelompok kontrol. Pewarnaan H&E, perbesaran 400x (Rafiei et al. 2018).

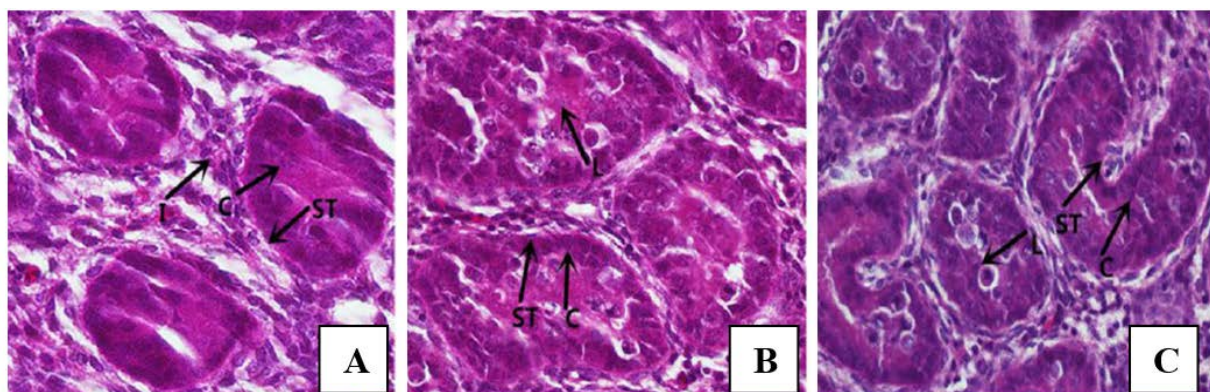
Marmut yang diberi Pb-asetat per oral dengan dosis 5,5 mg/kgBB, tiga kali per minggu selama 9 minggu, mengalami dilatasi vena sentralis dan sinusoid serta proliferasi sel *kupffer*. Perubahan parah ditemukan pada organ hati berupa fokal nekrosis sel hepatosit (Gambar 14A). Infiltrasi sel mononuklear leukosit dan sel-sel inflamasi dan *hyperplasia ductus* empedu ditemukan di daerah portal. Perubahan juga ditemukan pada jaringan otak marmut pada minggu ketiga pemberian Pb-asetat yaitu: degenerasi pada sel neuron, hiperemi jaringan ventrikel, hiperemia parah pada pembuluh darah kapiler, serta odema perivaskular dan periselular pada cerebrum (Gambar 14B) (Randa et al. 2012).

Pemeriksaan histopatologis terhadap organ ginjal marmut yang diberikan Pb-asetat per oral, tiga kali per minggu selama 9 minggu, menunjukkan infiltrasi sel-sel inflamasi seperti sel mononuklear, sel leukosit yang ditemukan di antara tubulus dan glomerulus pada minggu ke 9 (Gambar 14C), yang menyebabkan pembengkakan lapisan sel endotel glomerulus. Selain itu juga ditemukan hiperemi dan degenerasi hingga nekrosis pada lapisan sel epitel tubulus ginjal (14D) (Randa et al. 2012).

Pada ayam yang diberikan perlakuan diberikan air minum yang mengandung Pb-asetat (350 mg/L Pb) menunjukkan kelainan histopatologi pada hari ke 30 perlakuan berupa kenaikan jarak intersisial *tubulus seminiferous* (I), *tubulus seminiferous* (ST) menjadi menyusut (Gambar 15A). Pada hari ke 60 perlakuan *tubulus seminiferous* (ST) terdistorsi, sel-sel *germinal* (C) menyebar di lumen dan bentuknya tidak teratur (Gambar 15B). pada hari ke 90 perlakuan *tubulus seminiferous* terdistorsi parah, sel-sel *germinal* berbentuk tidak beraturan, dan ada infiltrasi sel-sel radang yang jumlahnya semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya pemberian Pb (Gambar 15C) (Wang et al. 2017).



Gambar 14. Hispatologi pada organ marmut : (A) nekrosis sel-sel hepatosit (panah hitam). Pewarnaan H&E, perbesaran 1600x (B) *Perivascular edema* (panah biru), *pericellular edema* (panah merah), edema pembuluh darah vena di *cerebrum* marmut (panah hitam). Pewarnaan H&E, perbesaran 400x. (C) Infiltrasi sel-sel inflamasi mononuklear fokal di antara tubulus dan glomerulus (panah hitam). Pewarnaan H&E, perbesaran 400x (D) Degenerasi dan nekrosis sel-sel epitel tubulus (panah hitam), serta perluasan ruang Bowman's (panah merah). Pewarnaan H&E, perbesaran 1600x (Randa et al. 2012)



Gambar 15. Lesi histopatologi testis pada ayam yang diberikan Pb pada (A) hari ke 30. (B) hari ke 60 (C) hari ke 90. Jarak intersisial *tubulus seminiferous* (I), *tubulus seminiferous* (ST), sel-sel *germinal* (C). Pewarnaan H&E, perbesaran 400x. (Wang et al. 2017).

Tabel 1. Rekapitulasi temuan patologi anatomi dan histopatologi pada keracunan logam berat

Hewan	Patologi anatomi	Histopatologi	Sumber literatur
Arsenik (As)			
Sapi	Iritasi gastrointestinal, <i>Hemorrhagic diarrhea</i> , depresi		Rumbeiha & Snider 2014
Mencit Swiss albino		Ginjal: Degenerasi lemak tubulus dan kongesti Hati: nekrosis sel <i>hepatic</i> Otak: edema	Noman et al. 2015
Tikus Wistar		Hati: degenerasi vakuola, inflamasi, nekrosis sel <i>hepatic</i> Hati: infiltrasi sel-sel radang di sekitar <i>hepatoportal triad</i> , kerusakan sel-sel hepatosit, perluasan sinusoid karena sel hepatosit yang nekrosis, kerusakan pada <i>vena central</i> , <i>vacuolated cytoplasm</i> dan <i>karyorrhexis</i>	Gora et al. 2014 Garla et al. 2021
Ayam		Testis: infiltrasi limfosit, vakuolisasi dan degenerasi sel-sel spermatogenik	Shao et al. 2018
Babi	Demielinisasi <i>peripheral nerve fiber</i> , <i>ataxia</i> dan <i>paralysis hindquarter</i>		Rumbeiha & Snider 2014
Cadmium (Cd)			
Tikus		Ginjal: atropi glomerulus, fokal nekrosis Jantung: fibrosis	Saleh & Awadin 2017
Tikus		Hati: degenerasi lemak, apoptosis Ginjal: atropi glomerulus, dilatasi kapsula Bowman, degenerasi sel tubulus	Dardouri et al. 2016
Ayam		Testis: apoptosis sel Limpa: apoptosis, penghambatan viabilitas limfosit	Jin-Long Li et al. 2010; Li et al. 2010
Sapi Bali		Limpa: deplesi dan proliferasi Paru-paru: kongesti dan infiltrasi sel radang bersifat fokal-multifokal	Apsari et al. 2020
Tembaga (Cu)			
Tikus Sprague-Dawley		Hati: Infiltrasi sel radang, dilatasi sinusoid	Kim et al. 2016
Ayam Petelur		Hati: nekrosis, degenerasi, kongesti	Zhou et al. 2020
Merkuri (Hg)			
Tikus		Hati: degenerasi, nekrosis sel hepatosit	Wadaan 2009
Tikus		Hati: hipertrofi sel-sel hepatosit, vakuolisasi plasma sel, kongesti, dilatasi sinusoid, peningkatan inti piknotik	Dardouri et al. 2016
Tikus Wistar		Ginjal: haemoragi, nekrosis, infiltrasi sel mononuklear, degenerasi inti, protein <i>vast</i> di lumen <i>tubulus convoltus</i>	Sheikh et al. 2013
Ayam		Ovary: <i>follicular atresia</i>	Ma, Zhu, et al. 2018
Ayam	Berat badan rendah	Sekum: vili lebih sedikit, inflamasi, nekrosis enterosit, vakuolisasi sel, sel membran pecah	Zhou et al. 2020

Lanjutan Tabel 1. Rekapitulasi temuan patologi anatomi dan histopatologi pada keracunan logam berat

Hewan	Patologi anatomi	Histopatologi	Sumber literatur
Mangan (Mn)			
Tikus		Testis: abnormalitas sperma, penurunan motilitas dan jumlah sperma, turunnya diameter tubulus seminiferus, penurunan ketinggian germinal epitelium, penurunan jumlah spermatogonia, spermatosit, spermatid, sel Leydig	Mohammed et al. 2018
Ayam		Testis: penipisan dinding tubulus <i>seminiferous</i> , pembesaran lumen, deformasi <i>tubulus seminiferous</i> , sel-sel <i>germinal</i> tersebar di lumen	Du et al. 2015
Timbal (Pb)			
Tikus		Hati: nekrosis selular, <i>periportal fibrosis</i>	Hegazy & Fouad 2014
Tikus Wistar		Tulang femur: penurunan mineralisasi, densitas tulang, densitas relatif <i>osteoblast</i>	Rafiei et al. 2018
Marmut		Hati: dilatasi vena sentralis dan sinusoid, proliferasi sel kuppfer, fokal nekrosis, infiltrasi sel mononuclear leukosit, <i>hyperplasia ductus</i> empedu Otak: degenerasi sel neuron, hiperemi jaringan ventrikel, hiperemia pembuluh darah kapiler, edema perivascular dan periselular cerebrum Ginjal: infiltrasi sel mononuclear leukosit, infiltrasi sel radang pada tubulus dan glomerulus, pembengkakan lapisan sel endotel glomerulus, hiperemi dan nekrosis sel epitel tubulus ginjal	Randa et al. 2012
Ayam		Testis: kenaikan jarak intersisial <i>tubulus seminiferous</i> (I), <i>tubulus seminiferous</i> (ST) menjadi menyusut, distorsi tubulus seminiferus, sel-sel germinal menyebar di lumen dan bentuk tidak teratur, distorsi tubulus seminiferus, infiltrasi sel radang	Wang et al. 2017
Sapi Bali		Ginjal: infiltrasi sel radang, degenerasi melemak dan nekrosis, pembengkakan pada glomerulus disertai infiltrasi sel radang pada kapsula Bowman, infiltrasi sel radang glomerulus, nekrosis tubulus sehingga terjadi penipisan epitel tubulus	Janardani et al. 2018

KASUS DAN PENCEGAHAN KERACUNAN LOGAM BERAT DI INDONESIA

Metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi logam berat pada organ hewan yang mati karena keracunan logam berat adalah *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS) dan *Neutron Activation Analysis* (NAA). Pencegahan terjadinya logam berat pada hewan terutama ternak dapat dilakukan dengan cara (Russel 1979; Bahri 2014):

- Karantina hewan yang berasal dari daerah yang diketahui tercemar logam berat
- Tidak membuka peternakan, kawasan pemeliharaan hewan, dan penggembalaan di sekitar daerah pertambangan, industri, dan tempat pembuangan akhir sampah (TPA)

- Pembuatan TPA khusus sampah organik agar dapat dimanfaatkan sebagai tempat penggembalaan ternak
- Pencegahan pencemaran air sungai dan danau oleh logam berat asal pabrik atau sampah industri
- Pengembangan pabrik pembuat pakan hewan untuk mencegah terjadinya keracunan yang berasal dari rumput untuk ruminansia
- Pengendalian dan pengawasan kualitas produk hewani untuk mencegah masuknya kontaminasi logam berat ke dalam rantai makanan.

Studi Suyanto et al. (2010) mencantumkan temuan kandungan logam berat dari daging sapi yang berasal dari sapi yang dipelihara di sekitar TPA. Kandungan logam berat daging sapi yang digembalakan di TPA Mojosongo Surakarta dilaporkan telah melebihi

ambang batas kandungan logam Zn dan Cd Standar berdasarkan SK Ditjen POM No. 03725/B/SK/VII/89. Laporan mengenai ditemukannya kandungan logam berat dari sapi yang dipelihara di sekitar TPA juga dituliskan dalam studi Nangkiawa *et al.* (2015). Studi tersebut melaporkan temuan kandungan logam berat cadmium melalui pengujian AAS di dalam darah 12 ekor sapi potong yang digembalakan di area tempat pembuangan akhir sampah (TPA) Kecamatan Alak, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur. Hal tersebut mengindikasikan bahwa sapi potong tersebut tidak aman dikonsumsi. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan No. HK.00.06.1.52.4011 dan SNI 7387:2009 menyatakan bahwa batas cemaran logam berat cadmium pada daging olahan dan produk daging adalah sebesar 0,3 ppm atau mg/kg. Temuan logam berat cadmium juga dilaporkan dalam studi Widayanti dan Widhiastuti (2018) yang menggunakan metode AAS untuk deteksi. Studi tersebut menyebutkan bahwa telah ditemukan kandungan cadmium pada daging sapi, kambing, burung dara dan bebek yang melebihi ambang batas aman di daerah Dinoyo, kota Malang.

KESIMPULAN

Kajian literatur keracunan logam berat Arsenik (As), Cadmium (Cd), Tembaga=Copper (Cu), Merkuri (Hg), Mangan (Mn) dan Timbal=Lead (Pb) yang difokuskan pada hewan laboratorium dan ayam sebagai hewan model keracunan pada ternak konsumsi menunjukkan kelainan anatomi dan histologi. Perubahan yang paling banyak ditemukan berada di organ hati, ginjal, testis, dan ovarium. Perubahan yang ditemukan berupa kelainan umum yang dapat ditemukan pada kasus infeksi atau penyakit metabolisme lainnya. Oleh karena itu, dibutuhkan uji pendukung lain untuk konfirmasi peneguhan kejadian keracunan seperti dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS) dan *Neutron Activation Analysis* (NAA). Adapun kelainan umum yang ditemukan merupakan referensi tambahan sehingga ketika ditemukan kasus yang tidak spesifik, kejadian keracunan logam berat menjadi salah satu diagnosis pembanding yang perlu ditelusuri lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad K, Shaheen M, Iqbal Khan Z, Bashir H. 2013. Heavy metals contamination of soil and fodder: a possible risk to livestock. *Sci Technol Develop.* 32:140-148.
- Ahmad RZ. 2018. Mycoremediation to remove heavy metal pollution in post-mining areas for farmland utilization. *Wartazoa.* 28:41-50. doi: 10.14334/wartazoa.v28i1.1785.
- Ahmed MK, Habibullah-Al-Mamun M, Parvin E, Akter MS, Khan MS. 2013. Arsenic induced toxicity and histopathological changes in gill and liver tissue of freshwater fish, tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Experiment Toxicol Pathol.* 65:903–909.
- Apsari NLPN, Berata IK, Sudira IW. 2020. Gambaran histopatologi, kadar kadmium limpa dan paru-paru sapi Bali yang dipotong di tempat pemotongan hewan tradisional. *Indones Medic Vet.* 9:594–603. doi: 10.19087/imv.2020.9.4.594.
- Badis B. 2014. Levels of selected heavy metals in fresh meat from cattle, sheep, chicken and camel produced in Algeria. *Ann Res Rev Biol.* 4:1260–1267. doi: 10.9734/ARRB/2014/7430.
- Bernard A. 2008. Cadmium and its adverse effects on human health. *Indian J Med Res.* 128:557-564.
- Boucher O, Muckle G, Jacobson JL, Carter RC, Kaplan-Estrin M, Ayotte P, Dewailly E, Jacobson SW. 2014. Domain-specific effects of prenatal exposure to PCBs, mercury, and lead on infant cognition: Results from the environmental contaminants and child development study in Nunavik. *Environ Health Perspect.* 122:310–316. doi: 10.1289/ehp.1206323.
- Bustaffa E, Stoccoro A, Bianchi F, Migliore L. 2014. Genotoxic and epigenetic mechanisms in arsenic carcinogenicity. *Arch Toxicol.* 88:1043–1067. doi: 10.1007/s00204-014-1233-7.
- Carocci A, Rovito N, Sinicropi MS, Genchi G. 2014. Mercury toxicity and neurodegenerative effects. *Rev Environ Contam Toxicol.* 229:1-18. doi: 10.1007/978-3-319-03777-6_1.
- Dardouri K, Haouem S, Gharbi I, Sriha B, Haouas Z, Hani A el, Hammami M. 2016. Combined effects of Cd and Hg on liver and kidney histology and function in wistar rats. *J Agric Chem Environ.* 05:159–169. doi: 10.4236/jacen.2016.54017.
- Du Y, Zhu Y, Teng Xiaojie, Zhang K, Teng Xiaohua, Li S. 2015. Toxicological effect of manganese on NF-κB/iNOS-COX-2 signaling pathway in chicken testes. *Biol Trace Element Res.* 168:227–234. doi: 10.1007/s12011-015-0340-5.
- Đukić-Čosić D, Baralić K, Javorac D, Djordjevic AB, Bulat Z. 2020. An overview of molecular mechanisms in cadmium toxicity. *Curr Opinion Toxicol.* 19:56–62. doi: 10.1016/j.cotox.2019.12.002.
- Elghani S, Oda S, Tohamy H, Hashem M. 2020. Hematological, biochemical and histopathological studies on the prophylactic effect of zinc sulphate against mercuric chloride toxicity in rats. *Alexandria J Vet Sci.* 64:102. doi: 10.5455/ajvs.60390.
- Engwa GA, Ferdinand PU, Nwalo FN, Unachukwu MN. 2019. Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans. In: Karcioglu O, Arslan B, editors. *Poisoning in the Modern World - New Tricks for an Old Dog?* [Internet]. London (UK):

- IntechOpen. [cited 2022 March 13]. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/64762>.
- Farina M, Campos F, Vendrell I, Berenguer J, Barzi M, Pons S, Suñol C. 2009. Probuco increases glutathione peroxidase-1 activity and displays long-lasting protection against methylmercury toxicity in cerebellar granule cells. *Toxicol Sci*. 112:416–426. doi: 10.1093/toxsci/kfp219.
- Galhardi CM, Diniz YS, Faine LA, Rodrigues HG, Burneiko RCM, Ribas BO, Novelli ELB. 2004. Toxicity of copper intake: lipid profile, oxidative stress and susceptibility to renal dysfunction. *Food Chem Toxicol*. 42:2053–2060. doi: 10.1016/j.fct.2004.07.020.
- Garla R, Sharma N, Shamli, Kaushal N, Garg ML. 2021. Effect of zinc on hepatic and renal tissues of chronically arsenic exposed rats: A biochemical and histopathological study. *Biol Trace Element Res*. 199:4237–4250. doi: 10.1007/s12011-020-02549-2.
- Golding J, Steer CD, Hibbeln JR, Emmett PM, Lowery T, Jones R. 2013. Dietary predictors of maternal prenatal blood mercury levels in the ALSPAC birth cohort study. *Environ Health Perspect*. 121:1214–1218. doi: 10.1289/ehp.1206115.
- Hambach R, Lison D, D'Haese PC, Weyler J, de Graef E, de Schryver A, Lamberts LV, van Sprundel M. 2013. Co-exposure to lead increases the renal response to low levels of cadmium in metallurgy workers. *Toxicol Letters*. 222:233–238. doi: 10.1016/j.toxlet.2013.06.218.
- He J, Qian X, Carpenter R, Xu Q, Wang L, Qi Y, Wang Z-X, Liu L-Z, Jiang B-H. 2013. Repression of miR-143 mediates Cr (VI)-induced tumor angiogenesis via IGF-IR/IRS1/ERK/IL-8 pathway. *Toxicol Sci*. 134:26–38. doi: 10.1093/toxsci/kft101.
- He J, Wang M, Jiang Y, Chen Q, Xu S, Xu Q, Jiang B-H, Liu L-Z. 2014. Chronic arsenic exposure and angiogenesis in human bronchial epithelial cells via the ROS/miR-199a-5p/HIF-1 α /COX-2 pathway. *Environ Health Perspect*. 122:255–261. doi: 10.1289/ehp.1307545.
- He Z, Shentu J, Yang X, Baligar VC, Zhang T, Stoffella PJ. 2015. Heavy metal contamination of soils: sources, indicators and assessment. *J Environ Indicators*. 9:17–18.
- Hegazy AMS, Fouad UA. 2014. Evaluation of lead hepatotoxicity; histological, histochemical and ultrastructural study. *Forensic Med Anat Res*. 02:70–79. doi: 10.4236/fmar.2014.23013.
- Hubaux R, Becker-Santos DD, Enfield KS, Rowbotham D, Lam S, Lam WL, Martinez VD. 2013. Molecular features in arsenic-induced lung tumors. *Mol Cancer*. 12:20. doi: 10.1186/1476-4598-12-20.
- Hughes MF, Beck BD, Chen Y, Lewis AS, Thomas DJ. 2011. Arsenic exposure and toxicology: A historical perspective. *Toxicol Sci*. 123:305–332. doi: 10.1093/toxsci/kfr184.
- Hussein HK, Abu-Zinadah OA, El Rabey HAS, Meerasahib MF. 2011. Environmental assessment of ground water pollution by heavy metals and bioaccumulation of mercury residues in chicken tissues. *Afr J Biotechnol*. 10:16089–16100. doi: 10.5897/AJB11.2694.
- Janardani NMK, Berata IK, Kardena IM. 2018. Studi histopatologi dan kadar timbal pada ginjal sapi Bali di tempat pembuangan akhir Suwung Denpasar. *Indones Medic Vet*. 7:42–50. doi: 10.19087/imv.2018.7.1.42.
- Jin-Long Li, Hui-Xin Li, Shu Li, Zhao-Xin Tang, Shi-Wen Xu, Xiao-Long Wang. 2010. Oxidative stress-mediated cytotoxicity of cadmium in chicken splenic lymphocytes. *Polish J Environ Stud*. 19:947–956.
- Kaplan O, Yildirim NC, Yildirim N, Cimen M. 2011. Toxic elements in animal products and environmental health. *Asian J Anim Vet Adv*. 6:228–232. doi: 10.3923/ajava.2011.228.232.
- Kim J-C, Lee I-C, Ko J-W, Park S-H, Lim J-O, Shin I-S, Moon C, Kim S-H, Her J-D. 2016. Comparative toxicity and biodistribution of copper nanoparticles and cupric ions in rats. *Int J Nanomedicine*. 11:2883–2900. doi: 10.2147/IJN.S106346.
- Li J-L, Gao R, Li S, Wang J-T, Tang Z-X, Xu S-W. 2010. Testicular toxicity induced by dietary cadmium in cocks and ameliorative effect by selenium. *BioMetals*. 23:695–705. doi: 10.1007/s10534-010-9334-0.
- Ma Y, Shi Y, Li L, Xie C, Zou X. 2018a. Toxicological effects of mercury chloride on laying performance, egg quality, serum biochemistry, and histopathology of liver and kidney in laying hens. *Biol Trace Element Res*. 185:465–474. doi: 10.1007/s12011-018-1263-8.
- Ma Y, Zhu M, Miao L, Zhang X, Dong X, Zou X. 2018b. Mercuric chloride induced ovarian oxidative stress by suppressing Nrf2-Keap1 signal pathway and its downstream genes in laying hens. *Biol Trace Element Res*. 185:185–196. doi: 10.1007/s12011-018-1244-y.
- Martin S, Griswold W. 2009. Human health effects of heavy metals. *Environ Sci Technol Briefs for Citizens*. 15:1–6.
- Mohammed AT, Ebraheim LLM, Metwally MMM. 2018. Ebselen can protect male reproductive organs and male fertility from manganese toxicity: Structural and bioanalytical approach in a rat model. *Biomed Pharmacotherapy*. 102:739–748. doi: 10.1016/j.biopha.2018.03.086.
- Nawrot TS, Staessen JA, Roels HA, Munters E, Cuypers A, Richart T, Ruttens A, Smeets K, Clijsters H, Vangronsveld J. 2010. Cadmium exposure in the population: from health risks to strategies of prevention. *BioMetals*. 23:769–782. doi: 10.1007/s10534-010-9343-z.

- Noman ASM, Dilruba S, Mohanto NC, Rahman L, Khatun Z, Riad W, Mamun AA, Alam S, Aktar S, Chowdhury S, Saud ZA, Rahman Z, Hossain K, Haque A. 2015. Arsenic-induced histological alterations in various organs of mice. *J Cytol Histol*. 06:323. doi: 10.4172/2157-7099.1000323
- Patrick L. 2006. Lead toxicity part II: the role of free radical damage and the use of antioxidants in the pathology and treatment of lead toxicity. *Altern Med Rev*. 11: 114-127.
- Pretto A, Loro VL, Morsch VM, Moraes BS, Menezes C, Santi A, Toni C. 2014. Alterations in carbohydrate and protein metabolism in silver catfish (*Rhamdia quelen*) exposed to cadmium. *Ecotoxicol Environ Safety*. 100:188-192. doi: 10.1016/j.ecoenv.2013.11.004.
- Putra WS, Berata IK, Kardenia IM. 2018a. Kadar logam berat Pb dan histopatologi limpa sapi bali yang dipelihara di tempat pembuangan akhir Suwung Denpasar. *Buletin Veteriner Udayana*. 10:64-69. doi: 10.24843/bulvet.2018.v10.i01.p10.
- Rafiei H, Ahmadi Z, Ashrafizadeh M. 2018. Effects of Orally administered lead acetate II on rat femur histology, mineralization properties and expression of osteocalcin gene. *IBBJORGJ*. 4:149-155.
- Rajaganapa V, Xavier F, Sreekumar D, Mandal PK. 2011. Heavy metal contamination in soil, water and fodder and their presence in livestock and products: A review. *J Environ Sci Technol*. 4:234-249. doi: 10.3923/jest.2011.234.249.
- Randa AH, Dawlat MA, Nariman AR, Hatem ME, Dessouky MI. 2012. Clinicopathological, histopathological and immunological studies on animals exposed to lead and cadmium under experimental conditions. *New York Sci J*. 5:12.
- Rashid K, Sinha K, Sil PC. 2013. An update on oxidative stress-mediated organ pathophysiology. *Food Chem Toxicol*. 62:584-600. doi: 10.1016/j.fct.2013.09.026.
- Reichard JF, Puga A. 2010. Effects of arsenic exposure on DNA methylation and epigenetic gene regulation. *Epigenomics*. 2:87-104. doi: 10.2217/epi.09.45.
- Rumbeiha W.K., Snider DB. 2014. Veterinary toxicology. In: *Encyclopedia of toxicology*. Amsterdam (Belanda): Elsevier. p. 915-928. doi: 10.1016/B978-0-12-386454-3.00444-9.
- Saleh RM, Awadin WF. 2017. Biochemical and histopathological changes of subacute cadmium intoxication in male rats. *Environ Sci Pollution Res*. 24:25475-25481. doi: 10.1007/s11356-017-0348-9.
- Seif MM, Madboli A-N, Marrez DA, Aboulthana WMK. 2019. Hepato-renal protective effects of egyptian purslane extract against experimental cadmium toxicity in rats with special emphasis on the functional and histopathological changes. *Toxicol Reports*. 6:625-631. doi: 10.1016/j.toxrep.2019.06.013.
- Shao C-C, Li N, Zhang Z-W, Su J, Li S, Li J-L, Xu S-W. 2014. Cadmium supplement triggers endoplasmic reticulum stress response and cytotoxicity in primary chicken hepatocytes. *Ecotoxicol Environ Safety*. 106:109-114. doi: 10.1016/j.ecoenv.2014.04.033.
- Shao Y, Zhao H, Wang Y, Liu J, Li J, Chai H, Xing M. 2018. Arsenic and/or copper caused inflammatory response via activation of inducible nitric oxide synthase pathway and triggered heat shock protein responses in testis tissues of chicken. *Environ Sci Pollution Res*. 25:7719-7729. doi: 10.1007/s11356-017-1042-7.
- Sheikh T, Patel B, Joshi D, Patel R, Jegoda M. 2013. Repeated dose oral toxicity of inorganic mercury in wistar rats: biochemical and morphological alterations. *Vet World*. 6:563. doi: 10.5455/vetworld.2013.563-567.
- Shi H, Shi X, Liu KJ. 2004. Oxidative mechanism of arsenic toxicity and carcinogenesis. *Mol Cell Biochem*. 255:67-78. doi: 10.1023/B:MCBI.0000007262.26044.e8.
- Simon E, Braun M, Vidic A, Boggyó D, Fábíán I, Tóthmérés B. 2011. Air pollution assessment based on elemental concentration of leaves tissue and foliage dust along an urbanization gradient in Vienna. *Environ Pollution*. 159:1229-1233. doi: 10.1016/j.envpol.2011.01.034.
- Tsutsumi T, Ishihara A, Yamamoto A, Asaji H, Yamakawa S, Tokumura A. 2014. The potential protective role of lysophospholipid mediators in nephrotoxicity induced by chronically exposed cadmium. *Food Chem Toxicol*. 65:52-62. doi: 10.1016/j.fct.2013.12.019.
- Wadaan MAM. 2009. Effects of mercury exposure on blood chemistry and liver histopathology of male rats. *J Pharmacol Toxicol*. 4:126-131.
- Wang Y, Wang K, Huang H, Gu X, Teng X. 2017. Alleviative effect of selenium on inflammatory damage caused by lead via inhibiting inflammatory factors and heat shock proteins in chicken testes. *Environ Sci Pollution Res*. 24:13405-13413. doi: 10.1007/s11356-017-8785-z.
- Wang Z, Zhao Y, Smith E, Goodall GJ, Drew PA, Brabletz T, Yang C. 2011. Reversal and prevention of arsenic-induced human bronchial epithelial cell malignant transformation by microRNA-200b. *Toxicol Sci*. 121:110-122. doi: 10.1093/toxsci/kfr029.
- Wu X, Cobbina SJ, Mao G, Xu H, Zhang Z, Yang L. 2016. A review of toxicity and mechanisms of individual and mixtures of heavy metals in the environment. *Environ Sci Pollution Res*. 23:8244-8259. doi: 10.1007/s11356-016-6333-x.
- Zhou C, Xu P, Huang C, Liu G, Chen S, Hu G, Li G, Liu P, Guo X. 2020. Effects of subchronic exposure of mercuric chloride on intestinal histology and microbiota in the cecum of chicken. *Ecotoxicol Environ Safety*. 188:109920. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.109920.

Karakteristik Kimiawi dan Biologis Senyawa Bioaktif Asam Anakardat serta Aplikasinya pada Ternak Ruminansia

(Chemical and Biological Characteristics of Anacardic acid as a Bioactive Compound and Its Application on Ruminant)

Elizabeth Wina¹ dan A Saenab²

¹Balai Penelitian Ternak Jl Veteran III, Banjarwaru- Ciawi, Bogor

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Jl. Raya Pajajaran Kav E59 Bogor 16128. Indonesia
Kontributor utama: winabudi@yahoo.com

(Diterima 2 Agustus 2022 – Direvisi 18 Agustus 2022 – Disetujui 8 September 2022)

ABSTRACT

The use of bioactive compounds from plants is becoming a major interest to be used as feed additives to reduce the effect of greenhouse gases on climate changes and as an alternative to antibiotic growth promoter. One of the compounds that have not been widely known and used is anacardic acid. In Indonesia, anacardic acid and its derivatives are commonly found in the waste from the cashew nut industry, namely cashew nut shells. The purpose of this paper is to describe the chemical and biological characteristics of anacardic acid and its effects on rumen fermentation and ruminant production. Anacardic acid or cashew nut shell extract that contains anacardic acid have the ability to suppress methane produced in the rumen. In addition, this compound increases propionic acid in the rumen which is useful for ruminant. Up till now, the applications of anacardic acid for ruminants that described in published papers were mostly done in vitro, while its direct application to livestock has not been widely reported and most of its use is combined with other compounds. The utilization of anacardic acid in Indonesia as a feed additive for ruminants will contribute to reducing greenhouse gases and increasing the productivity of ruminants.

Key words: Anacardic acid, chemical, biological characteristics, methane, ruminant

ABSTRAK

Penggunaan senyawa-senyawa bioaktif dari tanaman sedang menjadi perhatian utama untuk dijadikan imbuhan pakan guna menekan pengaruh gas rumah kaca terhadap perubahan iklim dan sebagai alternatif senyawa antibiotik pemacu pertumbuhan. Salah satu senyawa bioaktif yang belum banyak diketahui dan dimanfaatkan adalah senyawa asam anakardat. Di Indonesia, senyawa asam anakardat banyak ditemui pada limbah dari industri kacang mete yaitu cangkang kacang mete. Tujuan penulisan makalah ini adalah menguraikan karakteristik kimia dan biologis dari senyawa anakardat dan pengaruhnya terhadap fermentasi rumen dan produksi ternak ruminansia. Senyawa anakardat atau ekstrak cangkang kacang mete yang berisi asam anakardat dan derivatnya memiliki kemampuan menekan gas metana yang diproduksi di dalam rumen. Selain itu, senyawa ini meningkatkan produksi asam propionat di dalam rumen yang bermanfaat untuk ternak ruminansia. Sampai saat ini, pemanfaatan senyawa anakardat untuk ternak ruminansia dalam makalah yang dipublikasi lebih banyak dilakukan secara in vitro sedangkan aplikasinya langsung pada ternak belum banyak dilaporkan dan kebanyakan penggunaannya dikombinasi dengan senyawa lain. Penggunaannya sebagai imbuhan pakan untuk ternak ruminansia di Indonesia akan berkontribusi menekan emisi gas rumah kaca dan meningkatkan produktivitas ternak ruminansia.

Kata kunci: Asam anakardat, karakteristik kimiawi, biologis, metana, ruminansia

PENDAHULUAN

Saat ini, pemerintah mempunyai target pembangunan pertanian ke arah kemandirian dan kedaulatan pangan. Untuk sub sektor peternakan, target peningkatan populasi terutama ternak lokal terus diupayakan dengan berbagai program pengembangan. Target peningkatan populasi ternak harus diikuti dengan pengelolaan lingkungan yang ramah. Hal ini berarti pemeliharaan ternak harus dapat mengurangi polusi lingkungan baik yang memberikan pengaruh

terhadap pemanasan global maupun yang mencemari tanah atau air. Selain itu, pemeliharaan ternak tidak boleh menggunakan antibiotik pemacu pertumbuhan yang ditambahkan ke dalam pakan ternak karena sudah dilarang oleh pemerintah berdasarkan NOMOR 14/PERMENTAN/PK.350/5/2017.

(<https://simrek.ditjenpkh.pertanian.go.id/fileinfo/Regulasi-3-Permentan142017.pdf>). Penggunaan senyawa-senyawa bioaktif dari tanaman sedang menjadi perhatian utama sebagai imbuhan pakan untuk menekan polusi lingkungan juga sebagai alternatif

senyawa antibiotik pemacu pertumbuhan. Untuk mencapai tujuan tersebut, maka banyak penelitian dilakukan untuk mencari senyawa bioaktif dari limbah pertanian/ industri atau tanaman-tanaman yang tersedia dalam jumlah yang melimpah.

Senyawa bioaktif adalah senyawa sekunder yang dibentuk di dalam tanaman bukan sebagai senyawa yang berkontribusi untuk pertumbuhan tanaman tetapi sebagai senyawa metabolit yang berfungsi sebagai pertahanan tanaman terhadap serangan predator seperti jamur, bakteri, virus, serangga dan lain-lain (Ramirez-Gomez et al. 2019). Banyak dari senyawa bioaktif ini bermanfaat bagi manusia dan ternak tetapi banyak juga senyawa bioaktif yang bersifat racun. Biasanya keberadaan senyawa bioaktif dalam setiap tanaman sangat kompleks karena tidak sebagai senyawa tunggal tetapi merupakan campuran dari beberapa senyawa kimia sehingga pengaruhnya ketika dikonsumsi oleh ternak merupakan efek gabungan dari senyawa-senyawa tersebut.

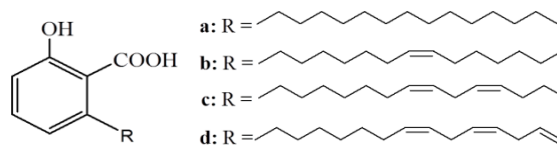
Salah satu senyawa bioaktif yang belum banyak diketahui dan dimanfaatkan adalah senyawa asam anakardat. Di Indonesia, senyawa asam anakardat banyak ditemui pada limbah dari industri kacang mete yaitu cangkang kacang mete. Studi Saenab et al. (2016, 2017, 2018) melaporkan tentang konsentrasi asam anakardat yang terdapat dalam di dalam ekstrak heksan dan pengaruhnya baik dalam bentuk ekstrak maupun yang diisolasi terhadap fermentasi rumen secara in vitro. Asam anakardat merupakan senyawa utama yang dapat menekan gas metana yang diproduksi di dalam rumen sapi. Asam anakardat juga ditemui pada tanaman-tanaman lain yang akan diuraikan di dalam tulisan ini.

Tujuan makalah ini adalah menguraikan karakteristik kimia dan biologis senyawa bioaktif asam anakardat yang spesifik dan potensi aplikasinya dalam bidang peternakan.

Struktur kimia

Asam anakardat termasuk dalam kelompok fenolik lipida adalah senyawa fenol dengan satu gugus karboksilat yang berikatan dengan asam lemak yang memiliki 15 rantai karbon (C15). Senyawa fenol dengan satu gugus karboksilat disebut juga asam salisilat. Asam lemak C15 yang berikatan dengan asam salisilat ini dapat merupakan asam lemak jenuh atau berikatan rangkap 1, 2 dan 3 (Gambar 1) sehingga asam anakardat dengan asam lemak jenuh memiliki C₂₂H₃₆O₃ dengan berat molekul 348,5 g/mol (Tyman 2001). Berat molekul ini akan berkurang sesuai dengan jumlah ikatan rangkap yang ada pada asam lemak. Jadi bila asam lemak memiliki hanya satu ikatan rangkap, maka struktur kimianya menjadi C₂₂H₃₄O₃ dengan

berat molekul 346,5 dan bila dua ikatan rangkap maka berat molekul berkurang 4 dan seterusnya.



Gambar 1. Struktur asam anakardat : 6[8 (Z)-pentadecyl]salicylic acid = 2-Hydroxy-6-pentadecylbenzoic acid. Asam salisilat (struktur utama) di mana gugus R dapat merupakan asam lemak C15 jenuh (a), rangkap 1 (b), rangkap 2 (c) atau rangkap 3 (d).

Sumber: Hamad & Mubofu (2015)

Sumber asam anakardat

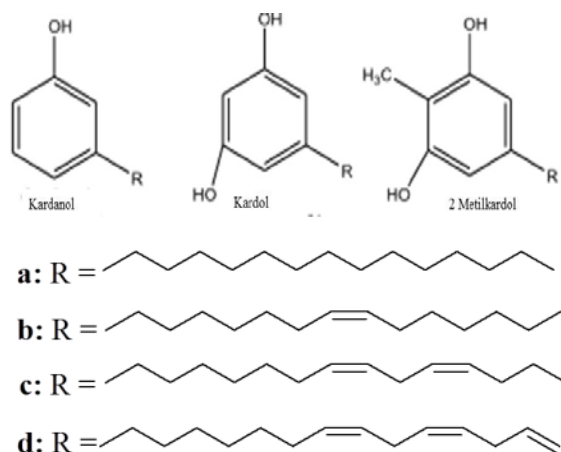
Asam anakardat dapat ditemui dalam beberapa tanaman dari famili Anacardiaceae, Geraniaceae, Ginkgoaceae, Myristicaceae. Dalam famili Anacardiaceae, asam anakardat ditemui pada tanaman jambu mete (*Anacardium occidentale*) (Trevisan et al. 2006; Saenab et al. 2016), pistachio (*Psitacia vera*), belawa (*Semicarpus anacardium*), tanaman *Ozoroa mucronata* dan *O. insignis*, tanaman mangga (*Mangifera indica*). Dalam famili Ginkgoaceae, asam anakardat teridentifikasi pada tanaman *Ginkgo biloba*. Tabel 1 hanya memperlihatkan beberapa sumber asam anakardat yang ada nilai kuantitatifnya. Analisis untuk mengidentifikasi adanya asam anakardat dan derivatnya kebanyakan menggunakan alat GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectra). Analisis dengan GC-MS tidak menggunakan standar sehingga hasil yang diperoleh bukan konsentrasi melainkan hanya proporsi terhadap semua senyawa yang diperoleh dari pemisahan dengan GC-MS ini. Hal ini disebabkan karena sangat sulit mendapatkan standar dari masing-masing jenis asam anakardat dan derivatnya Trevisan et al. (2006) melakukan purifikasi senyawa anakardat dan derivatnya dan menjadikan hasil purifikasi ini sebagai standar untuk kuantifikasi menggunakan HPLC. Hasil yang diperoleh merupakan konsentrasi asam anakardat dan konsentrasi derivat asam anakardat yang sebenarnya di dalam CNSL (Tabel 1). Hasil yang diperoleh oleh Trevisan et al. (2006) mendapatkan total konsentrasi asam anakardat yang hampir sama dengan total konsentrasi derivat asam anakardatnya.

Selain di dalam tanaman, senyawa derivat asam anakardat juga teridentifikasi di dalam propolis yang dihasilkan oleh lebah *Apis mellifera* yang dipelihara di Teresina, Brazil. Keberadaan asam anakardat dalam propolis diperkirakan karena lebah tersebut dipelihara di lahan tempat tanaman jambu mete tumbuh (Silva et al. 2008). Propolis dari lebah yang dipelihara di

Thailand dan Vietnam juga mengandung senyawa asam anakardat dan derivatnya. Lebah yang dipelihara di Thailand maupun Vietnam diperkirakan mendapat senyawa asam anakardat karena menghisap bunga tanaman mangga yang tumbuh di daerah pemeliharaan ternak. Tanaman mangga (*Mangifera indica*) termasuk dalam famili Anacardiaceae dan asam anakardat dan derivatnya juga teridentifikasi di dalam getah/ kulit buah mangga dan kemudian masuk ke dalam propolis yang mengandung resin/getah mangga tersebut (Georgieva et al. 2019).

Keberadaan asam anakardat di dalam tanaman-tanaman tersebut bukan sebagai senyawa tunggal di dalam ekstrak tetapi bersama-sama dengan senyawa sekunder lainnya seperti flavanol, tanin, fenolik lipid lainnya.

Tanaman yang paling banyak mengandung asam anakardat adalah jambu mete (*Anacardium occidentale*). Ekstraksi cangkang kacang mete dengan heksan pada suhu kamar menghasilkan 30-35% ekstrak yang disebut *cashew nut shell liquid* (CNSL) atau biofat (Saenab et al. 2016). Dari hasil GC-MS, CNSL atau biofat mengandung asam anakardat yang bervariasi 60-78% (Saenab et al. 2016) atau bahkan lebih dari 80% (Salehi et al. 2019).



Gambar 2. Struktur utama kardanol dan kardol, 2 metilkardol, dengan gugus R yang dapat merupakan asam lemak C15 jenuh (a), rangkap 1 (b), rangkap 2 (c) atau rangkap 3 (d).

Selain asam anakardat, di dalam CNSL/biofat terkandung juga senyawa derivat anakardat (Gambar 2) yaitu kardol (10-20%), kardanol (4,66-10%) dan metilkardol (2-3,56%) dan senyawa-senyawa fenol lain (Njuku et al 2014, Saenab et al 2016). Masing-masing dari senyawa asam anakardat dan derivatnya mempunyai gugus R yang terdiri dari asam lemak C15 jenuh, rangkap satu, rangkap dua dan rangkap tiga, dengan jumlah bervariasi 3%, 34-36%, 21-22% dan 40-41%, secara berurutan (Njuku et al 2014). Sedangkan Oh et al (2017) dan Morais et al (2017) melaporkan bahwa asam anakardat dan derivatnya yang memiliki C15 rangkap satu, rangkap dua, rangkap tiga sebanyak 20,53-43,2%, 14,6-27,02% dan 34,9- 46,32%, secara berurutan. Perbedaan kandungan senyawa-senyawa ini dapat disebabkan oleh perbedaan lokasi penanaman, iklim dan jenis tanah, umur tanaman serta cara manajemen pemeliharaan jambu mete. Selain asam anakardat, kardol, kardanol dan metilkardol yang paling sering dilaporkan ada di dalam CNSL, telah diisolasi dan diidentifikasi 5 senyawa baru derivat asam anakardat yang memiliki dua gugus rantai asam lemak sehingga bobot molekul ke lima senyawa ini yaitu 595, 623, 621, 709 dan 731 (Suo et al, 2012), lebih besar dibandingkan dengan bobot molekul asam anakardat yang hanya memiliki satu gugus rantai asam lemak (C15) yaitu 346,5 (Hamad & Mubofu 2015).

Karakteristik kimiawi

Struktur asam anakardat yang memiliki gugus hidroksi (OH) dan karboksilat (COOH) menyebabkan asam anakardat bersifat hidrofilik (menyukai air atau polar). Tetapi adanya gugus fenol dan asam lemak rantai C15 yang bersifat hidrofobik maka asam anakardat juga bersifat hidrofobik (tidak menyukai air atau non-polar). Keberadaan kedua sifat ini dalam suatu senyawa disebut dengan sifat amfifilik dan asam anakardat memiliki sifat amfifilik yang kuat (Stasiuk & Kozubek 2010).

Asam anakardat bersifat korosif sehingga dapat menyebabkan iritasi pada kulit bila terkena cangkang kacang mete yang mengandung asam anakardat. Kulit akan terasa gatal dan akan mengelupas beberapa hari kemudian dan menjadi putih (Salehi et al. 2019).

Tabel 1. Sumber penghasil asam anakardat dan kandungannya

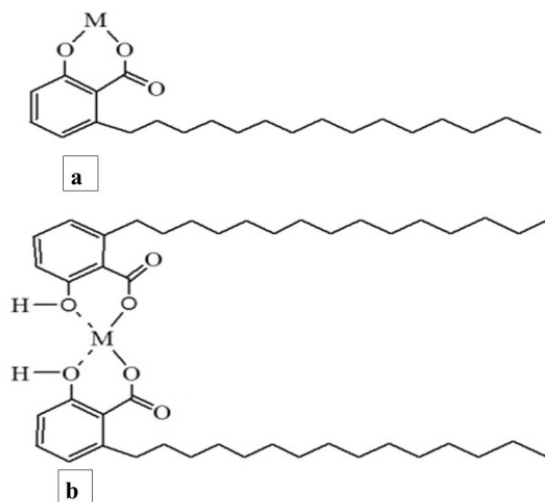
Sumber	Asam anakardat (%)	Derivat anakardat (%)	Metode	Sumber
CNSL (dari kulit mete Brasil)	35,36	36,31	HPLC	Trevisan et al. (2006)
CNSL (dari kulit mete Indonesia)	60-78	11,7-33,6	GC-MS	Saenab et al. (2016)
Ekstrak buah <i>Ginkgo biloba</i>	2,62	0,46	HPLC	Oh et al. (2016)
Ekstrak Propolis dari Vietnam	0,5	1,4	GC-MS	Georgieva et al. (2009)
Getah Mangga	1	15	GC-MS	Popova et al. (2021)

Asam anakardat dapat larut dalam beberapa pelarut organik tetapi sedikit larut dalam air. Bersifat surfaktan, asam anakardat dapat menurunkan tegangan permukaan sehingga dapat menyatukan air dengan lemak bila dicampur menjadi satu (Scorzza et al. 2010). Sifat surfaktan ini banyak dimanfaatkan sebagai emulsifier untuk mencampur beberapa bahan dalam industri cat, vernis atau resin.

Asam anakardat sangat labil terhadap panas. Bila suhu panas digunakan dalam proses ekstraksi asam anakardat, maka dapat menyebabkan asam anakardat kehilangan gugus karboksilatnya dan berubah menjadi senyawa kardanol dan karbon dioksida. Perubahan struktur ini tidak hanya menyebabkan perubahan sifat kimia tetapi juga sifat biologisnya akan berubah. Misalnya: asam anakardat memiliki sifat antioksidan yang lebih tinggi dari senyawa kardanol. Hal ini perlu menjadi perhatian ketika mengekstrak asam anakardat dari bahan tanaman untuk tujuan-tujuan yang spesifik. Saat ini, sudah dijual produk ekstrak heksan dari cangkang kacang mete yang proses ekstraksinya menggunakan suhu tinggi atau saat dan disebut technical CNSL (CNSLtek). Produk ini memiliki komposisi asam anakardat dan derivatnya yang berbeda dengan CNSL/ biofat yang diekstrak dengan heksan pada suhu dingin/suhu kamar yaitu senyawa kardanolnya menjadi senyawa utama (73,3%), kardol 16,4%, metilkardol 3,0% dan tidak ada lagi asam anakardatnya (Countiho et al. 2014).

Asam anakardat memiliki kemampuan membentuk kompleks (khelat) yang kuat dengan beberapa mineral bervalensi dua, tetapi kemampuan dalam mengikat dengan mineral bervalensi dua ini sangat selektif dan yang paling kuat adalah Fe^{2+} > Cu^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} = Co^{2+} = Mn^{2+} (Nagabushana et al. 1995). Bila rasio molar antara asam anakardat dengan mineral (M) 1:1, maka ikatan kompleks yang terbentuk seperti pada Gambar 2 sedangkan rasio molar antara asam anakardat dengan mineral 2:1 maka ikatan kompleks yang terbentuk seperti pada Gambar 3 (Nagabushana et al. 1995; Hamad & Mubofu 2015). Asam anakardat dapat membentuk kompleks yang mengendap dengan Ca^{2+} sehingga dengan prinsip ini, asam anakardat mudah diisolasi dari ekstrak heksan cangkang kacang mete. Selain dengan ion besi yang bervalensi dua (Fe^{2+} , ferrous), asam anakardat mampu bereaksi membentuk kompleks dengan ion besi bervalensi tiga (Fe^{3+} , ferri). Kemampuan asam anakardat membentuk khelat atau kompleks dengan besi dapat menyebabkan terhambatnya aktivitas enzim lipooxygenase yang mengandung besi di dalam tubuh (Tsujimoto et al. 2007). Hayashi et al. (2007) menggunakan negative ion electrospray ionization mass spectrometric [(-)-ESI-MS] memperlihatkan adanya senyawa kompleks asam anakardat C 15:3

dengan Cu^{2+} (bicupric) dengan rasio 2 : 1 yang terdeteksi pada puncak m/z 744.4.



Gambar 3. Kompleks asam anakardat dengan mineral (M) a) rasio 1 : 1, b) rasio 2 : 1 (Hamad & Mubofu 2015).

Bila sebuah senyawa disebut memiliki sifat antioksidan yang tinggi berarti senyawa tersebut memiliki kemampuan mencegah radikal bebas yang terjadi di dalam sel. Asam anakardat dilaporkan memiliki sifat antioksidan dan Kubo et al. (2006) melakukan beberapa uji untuk mengamati mekanisme antioksidan pada asam anakardat. Sifat antioksidan yang dimiliki oleh asam anakardat bukan merupakan “*radical scavenging*” (menahan radikal bebas) tetapi antioksidan yang preventif karena menghambat beberapa enzim “*prooxidant*” seperti xanthine oxidase, lipooxygenase dan mampu menekan malondialdehyde (MDA) (Jiang et al. 2019). Selain itu, asam anakardat mampu membentuk khelat dengan zat besi yang dapat memicu oksidasi (Kubo et al. 2006). Aktivitas antioksidan di dalam asam anakardat sangat dipengaruhi oleh struktur asam anakardat tersebut. Bila gugus asam lemak terlepas dan menjadi asam salisilat, maka sifat antioksidannya akan hilang. Ini berarti ada kontribusi dari gugus asam lemak mempengaruhi aktivitas antioksidan. Di dalam asam lemak itu sendiri ada ikatan rangkap yang ternyata mempengaruhi aktivitas antioksidan. Semakin banyak jumlah ikatan rangkap maka semakin tinggi kemampuan antioksidannya yang ditandai dengan nilai (IC_{50}) yang semakin rendah (Morais et al. 2017). Asam anakardat yang memiliki ikatan rangkap 3 memiliki kemampuan antioksidan yang lebih tinggi dari pada asam anakardat yang memiliki ikatan rangkap 2 ataupun hanya 1, dengan nilai IC_{50} (menggunakan metode DPPH) masing-masing 810 ppm, 1780 ppm, 2060 ppm (da Silva et al. 2018). Jadi hasil penelitian Morais et al. (2017) dan da Silva et al. (2018) menunjukkan bahwa

asam anakardat mempunyai kemampuan antioksidan yang menahan radikal bebas. Berbeda dengan Morais et al. (2017), Trevisan et al. (2005) melaporkan bahwa asam anakardat memiliki aktivitas antioksidan yang sangat tinggi karena menghambat timbulnya anion superoxide dan menekan aktivitas xanthine oxidase, jadi bukan menahan radikal bebas. Trevisan et al. (2005) tidak menggunakan metode dengan DPPH tetapi metode superoxide and xanthine oxidase yang mempunyai mekanisme lain untuk mengukur aktivitas antioksidan. Oleh sebab itu, penggunaan metode atau konsentrasi yang berbeda saat menganalisis aktivitas antioksidan dapat menghasilkan hasil yang berbeda.

Karakteristik biologis

Pengaruh asam anakardat terhadap beberapa bakteri penyebab penyakit pada ternak secara in vitro

Karakter biologis suatu senyawa merupakan hal yang penting dipahami agar dapat dimanfaatkan dengan tepat. Karakter biologis biasanya diawali dengan uji *in vitro* dan kemudian untuk mendapatkan level yang tepat, harus diujicobakan secara *in vivo* pada ternak. Secara *in vitro*, senyawa asam anakardat telah diuji untuk dimanfaatkan oleh industri maupun untuk manusia tetapi dalam makalah ini hanya akan dikhususkan pada uji yang berhubungan dengan ternak. Sifat antibakteri asam anakardat adalah sifat biologis yang paling sering dilaporkan. Tabel 2 memperlihatkan kemampuan asam anakardat secara langsung menghambat beberapa macam bakteri penyebab penyakit pada ternak. Uji *in vitro* yang dilakukan untuk melihat aktivitas penghambatan oleh asam anakardat memiliki banyak variasi. Pelarut untuk melarutkan asam anakardat dapat berbeda, misalnya digunakan Sedangkan konsentrasi asam anakardat berbeda-beda dalam menghambat bakteri-bakteri tersebut, yang mungkin disebabkan oleh metode uji dan jenis bakteri

yang berbeda. Selain penghambatan langsung terhadap bakteri patogen, asam anakardat dapat merangsang pembentukan neutrophil dan meningkatkan fungsi neutrophil dalam membunuh bakteri patogen di dalam tubuh (Holland et al. 2016).

Pengaruh asam anakardat dan derivatnya terhadap beberapa bakteri rumen dan produk fermentasi rumen secara in vitro

Tabel 3 memperlihatkan kemampuan asam anakardat ketika dimasukkan ke dalam media yang mengandung beberapa mikroba di dalam rumen. Dalam pengerjaannya dengan kultur murni, Watanabe et al. (2010) mencari Minimum Inhibition Concentration (MIC) CNSL yang mengandung asam anakardat terhadap beberapa mikroba rumen. Selain itu, Watanabe et al. (2010) menghitung secara kuantitatif sel mikroba menggunakan real time pcr untuk pengaruh penambahan CNSL yang mengandung asam anakardat. Sedangkan Oh et al. (2017) melihat perubahan sel dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dari 4 jenis mikroba rumen yang diuji terhadap CNSL yang mengandung asam anakardat. Sel *Ruminococcus flavefaciens* menjadi rusak parah dan pecah dan sangat sensitif terhadap asam anakardat dengan MIC 1,56 µg/mL, sedangkan pada *Butyrivibrio fibrisolvens* timbul gelembung-gelembung pada permukaan sel dan pembelahan sel terhambat dengan MIC 3,13 µg/mL (Oh et al. 2017; Watanabe et al. 2010). Asam anakardat yang bersifat surfaktan akan menurunkan tegangan permukaan sel sehingga merusak membran mikroba. Kerusakan membran mikroba ditunjukkan dengan perubahan bentuk sel yang bervariasi. Hal ini mungkin karena beberapa mikroba yang termasuk Gram positif sangat sensitif terhadap asam anakardat sedangkan beberapa mikroba yang termasuk Gram negatif lebih tahan terhadap asam anakardat.

Tabel 2. Pengaruh asam anakardat terhadap beberapa bakteri penyebab penyakit pada ternak secara *in vitro*

Konsentrasi penghambatan (MIC) Asam anakardat (AA)	Bakteri	Penyakit yang ditimbulkan oleh bakteri pada ternak	Pustaka
>80 µM	<i>Escherichia coli</i> (K12 – DH5α)	diare	Holland et al. (2016)
78.125 µg/mL	<i>Escherichia coli</i>	diare	Da Silva et al. (2018)
>80 µM	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Infeksi saluran kencing, mastitis, endometritis	Holland et al. (2016)
20 µM	<i>Staphylococcus aureus</i>	mastitis	Holland et al. (2016)
78.125 µg/mL (campuran AA)	<i>Staphylococcus aureus</i>	mastitis	Da Silva et al. (2018)
5 µM	<i>Streptococcus agalactiae</i>	mastitis	Holland et al. (2016)

Tabel 3. Pengaruh asam anakardat terhadap beberapa bakteri rumen dalam kultur murni

Konsentrasi penghambatan AA	Nama bakteri dan fungsi	Efek AA terhadap bakteri rumen	Pustaka
5-10 mg/60ml (83-166 µg/ml)	<i>Bacteroidetes</i>	Populasi turun dari 30 menjadi 18%	Danielsson et al. (2014)
200 µg/mL	<i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> D1 - memecah serat, -penghasil hidrogen dan asam butirat	- ukuran bakteri bertambah -pembelahan sel terhambat - struktur permukaan sel tumbuh berubah	Oh et al. (2017)
0-50 µg/mL	<i>Eubacterium ruminantium</i> memecah serat	MIC 6,25 µg/mL	Watanabe et al. (2010)
0-50 µg/mL	<i>Fibrobacter succinogenes</i> -memecah serat -penghasil asam susinat	MIC 12,5 µg/mL	Watanabe et al. (2010)
0-50 µg/ml	<i>Lactobacillus ruminis</i> penghasil asam laktat	MIC 50 µg/mL	Watanabe et al. (2010)
200 µg/mL	<i>Megasphaera elsdenii</i> LC1 penghasil asam propionat	morfologi sel tidak berubah. Populasi meningkat	Oh et al. (2017) Watanabe et al. (2010)
0-50 µg/mL	<i>Prevotella ruminicola</i> penghasil asam susinat dan propionat	MIC 3,13 µg/mL	Oh et al. (2017)
0-50 µg/mL	<i>Ruminococcus albus</i> memecah serat	MIC 6,25 µg/mL	Oh et al. (2017)
200 µg/mL	<i>Ruminococcus flavefaciens</i> C94 -memecah serat	sel rusak	Oh et al. (2017)
200 µg/mL	<i>Selenomonas ruminantium</i> .GA192 penghasil asam propionat membantu pencernaan serat berkolaborasi dengan <i>Fibrobacter succinogenes</i>	morfologi sel tidak berubah	Oh et al. (2017)
0-50 µg/mL	<i>Streptococcus bovis</i> penghasil asam laktat	MIC 25 µg/ml	Watanabe et al. (2010)
0-50 µg/mL	<i>Succinimonas amilolytica</i> -penghasil asam susinat dan	MIC 6,25 µg/ml	Watanabe et al. (2010)

Catatan: AA = Asam anakardat, MIC = Minimum Inhibition Concentration

Tetapi, tidak semua bakteri rumen dapat dihambat oleh fraksi CNSL yang mengandung asam anakardat tinggi. Watanabe et al. (2010) melaporkan bahwa hasil analisis dengan realtime pcr menunjukkan peningkatan populasi dari bakteri *S. dextrinosolvens*, *R. amylophilus*, *A. lipolytica*, *S. ruminantium*, dan *M. elsdenii*. Bakteri penghasil asam propionat termasuk *Megasphaera elsdenii* LC1 dan *Selenomonas ruminantium* GA192 tidak mengalami perubahan baik permukaan sel maupun ukuran sel ketika ditambahkan fraksi CNSL yang mengandung asam anakardat (Watanabe et al. 2010). Bertahannya kedua bakteri ini karena kedua bakteri ini memiliki membran luar yang melindungi sel dari pengaruh surfaktan dari CNSL

sehingga sel kedua bakteri ini tidak pecah atau rusak ketika ditambahkan 200 µg/ml CNSL (Oh et al. 2017).

Pengaruh penambahan minyak cangkang kacang mete (CNSL tanpa panas/ biofat) terhadap pakan yang dimasukkan ke dalam tabung fermentasi rumen in vitro ditampilkan pada Tabel 4. CNSL tanpa panas atau biofat yang mengandung asam anakardat menyebabkan penurunan produksi metana dan asam butirat, dan peningkatan produksi asam propionat di dalam fermentasi rumen (Shinkai et al. 2012, Oh et al. 2017, Saenab et al. 2018). Untuk membuktikan bahwa asam anakardat dalam CNSL/ biofat memegang peranan penting dalam menekan produksi metana maka telah dilakukan dengan dua metode.

Tabel 4. Penambahan CNSL yang mengandung asam anakardat dan derivatnya (kardanol, kardol) ke dalam pakan sapi terhadap produk fermentasi rumen *in vitro*

Penambahan	Cairan rumen ternak & metode	Pakan	pH	CH4	NH3	total VFA	Asam propionat	KCBK	Pustaka
CNSL mentah 500µg/ml	sapi perah (<i>in vitro batch culture</i>)	0,14g konsentrat dan 0,06g rumput orchard hay	td	turun 57,94%	td	tidak beda	meningkat	td	Watanabe et al. 2010
CNSL mentah 0-200µg/ml	sapi perah (Rusitec)	konsentrat tinggi (8,4g konsentrat dan 3,6g rumput orchard hay	turun dari 6,59 menjadi 6,40 (P<0,01)	turun 35,68-70,13%	naik 5,69% pada 200µg/ml, turun 16,48% pada 200µg/ml	naik 10,43%	naik 14,81-44,44%	td	Watanabe et al. 2010
CNSL mentah 5-10mg/g sampel	sapi laktasi Swedish Red	konsentrat: silase rumput (60:40)	tidak beda	turun 18%	td	tidak beda	meningkat 12,64%	td	Danielsson et al. 2014
CNSL mentah 200µg/ml	sapi perah Holstein	hay: konsentrat bervariasi (9:1 – 1:9b/b)	td	turun 49-61%	td	meningkat 2,51-10,72%	meningkat 24,98-59,22%	td	Oh et al. 2017

Keterangan: td= tidak ada data

Tabel 5. Penambahan CNSL yang mengandung asam anakardat dan derivatnya (kardanol, kardol) ke dalam pakan sapi terhadap produk fermentasi rumen *in vivo*

Penambahan	Ternak	Pakan	pH	CH ₄	NH ₃	VFA	Kecernaan	PBBH/ produksi susu	Pustaka
CNSL 2-4g/100kg BB	domba	rumput orchard hay :konsentrat (70:30)	tidak beda	turun 44,58- 61,44%	turun 25,73- 41,08	tidak beda	meningkat 3,64-36,36%	tidak beda	Kang et al 2018
CNSL 4-6g/100kg BB (CNSL dicampur dengan tepung silika)	sapi Lai Sind (sapi lokal Vietnam)	jerami kering: konsentrat (60:40)	tidak beda	turun 2,2–23,4%	tidak beda	propionat meningkat	KCP menurun 5,30% pada 6g/100BB	-	Maeda et al 2021
CNSLmentah 4g/100kg BB	sapi perah tidak laktasi	rumput kering: konsentrat (60:40)	tidak beda	turun 19,3%	tidak beda	propionat meningkat 41,38%	tidak berbeda nyata	-	Sinkai et al 2012, Mitsumori et al 2014
CNSLtek (CNSLdipanaskan) 30g/ekor/hari	sapi perah laktasi			CH ₄ /kg BK konsumsi cenderung turun 8%			tidak beda	produksi susu tidak beda	Branco et al 2015
CNSLtek (CNSLdipanaskan) 300-1200mg/kg (tidak ada asam anakardat)	sapi Holstein dara	konsentrat tinggi	K: 6,05 P: 6,21		tidak beda		tidak beda	PBBH tidak meningkat	Osmari et al 2017
campuran asam anakardat, kardol, kardanol, ricin 0.055% dalam campuran pakan	sapi Nerole x Aberdeen Angus	konsentrat: silase sorghum (60:40)	td	td	td	td	tidak beda	PBBH meningkat	Valero et al 2016

Keterangan: CNSLtek = CNSL teknis, K= kontrol, P = perlakuan

Metode pertama dilakukan oleh Watanabe et al. (2010) yang menambahkan CNSL yang tidak dipanaskan dibandingkan dengan CNSL yang telah dipanaskan ke dalam fermentasi rumen *in vitro*. Watanabe et al. (2010) melaporkan bahwa terlihat penurunan produksi metana pada penambahan CNSL yang tidak dipanaskan (CNSLtp) dan tidak ada efek penurunan produksi metana pada penambahan CNSL yang dipanaskan (CNSLp). Perlakuan pemanasan CNSL akan mengubah senyawa asam anakardat menjadi senyawa kardanol dan senyawa kardanol dalam CNSLp ternyata tidak dapat menurunkan produksi metana sedangkan asam anakardat dalam CNSLtp memiliki kemampuan menekan produksi metana. Metode kedua dilakukan oleh Saenab et al. (2017) dengan cara mengisolasi asam anakardat lalu menambahkan isolat asam anakardat tersebut ke dalam tabung fermentasi *in vitro*. Saenab et al. (2017) melaporkan bahwa asam anakardat menekan produksi metana sebesar 39,6% sedangkan biofat menekan metana sebesar 51,2%. Hal ini berarti asam anakardat merupakan senyawa yang berkontribusi paling besar (utama) di dalam biofat dalam menekan produksi metana. Salah satu penjelasan mengapa asam anakardat menekan produksi metana ditunjukkan oleh Shinkai et al. (2012) bahwa ekspresi methyl coenzyme-M reductase ditekan oleh asam anakardat yang ada di dalam CNSL. Enzim ini merupakan enzim utama dalam sintesis metana yang diekskresikan oleh archaea metanogenik di dalam rumen. Terhambatnya produksi metana mungkin karena terjadi perubahan komposisi archaea metanogenik yaitu meningkatnya populasi *Methanobrevibacter wolinii* dan menurunnya *Methanobrevibacter ruminantium* (Kang et al. 2018). Tetapi fungsi dan peran kedua metanogen ini dalam memproduksi metana belum diketahui secara pasti.

Perlakuan CNSL (asam anakardat) terhadap total gas dan gas metana nyata berbeda dengan kontrol saat rasio konsentrat sama atau lebih tinggi dari hijauan. Penurunan total gas sekitar 23-31% sedangkan penurunan metana lebih besar sekitar 45-50% (Oh et al. 2017). Menurunnya produksi metana di dalam rumen akan mengakibatkan terjadinya kelebihan hidrogen yang dapat digunakan untuk membentuk asam propionat sehingga asam propionat meningkat di dalam rumen secara signifikan ketika ditambahkan biofat /CNSL yang mengandung asam anakardat (Saenab et al. 2018).

Oh et al. (2017) membandingkan CNSL dengan monensin dalam fermentasi *in vitro* menyatakan bahwa efek perubahan dalam menekan metana dan meningkatkan asam propionat lebih besar dibandingkan dengan efek dari monensin. Lebih lanjut, Oh et al. (2017) melaporkan bahwa pengaruh CNSL lebih jelas pada pakan yang semakin tinggi konsentrasinya sehingga CNSL yang mengandung asam anakardat

cocok ditambahkan ke dalam ransum ternak penggemukan yang tinggi konsentrat.

Pengaruh asam anakardat dan derivatnya terhadap fermentasi rumen dan performa ternak

Studi *in vivo* mengenai pengaruh asam anakardat terhadap mikroba rumen maupun terhadap performa ternak ruminansia masih terbatas (Tabel 5). Studi *in vivo* tentang penambahan asam anakardat maupun CNSL yang mengandung asam anakardat lebih ditujukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap komposisi dan keragaman mikroba rumen dan juga terhadap emisi metana oleh domba dan sapi (Shinkai et al. 2012; Kang et al. 2018, Maeda et al. 2021). Percobaan yang mereka lakukan hanya menggunakan 3-4 ekor ternak sapi. Sama seperti *in vitro*, penambahan asam anakardat atau CNSL akan menekan produksi gas metana tetapi meningkatkan total asam lemak terbang dan asam propionat di dalam rumen. Maeda et al. (2021) menggunakan sapi lokal Vietnam (sapi Sind) dalam respiration chamber melaporkan bahwa CNSL menekan populasi *Methanobacteriales* hingga mengakibatkan turunnya emisi gas metana. Maeda et al. (2021) melaporkan bahwa tidak ditemukan adanya pengaruh negatif dari CNSL terhadap konsumsi dan pencernaan pakan pada pemberian CNSL 4g/100kg BB sapi tetapi ketika CNSL ditingkatkan menjadi 6g/100kg BB, maka nilai pencernaan protein pakan menurun secara signifikan (dari 67,9 menjadi 64,3%). Hal ini menunjukkan pemberian CNSL memiliki batas maksimum 4g/100kg BB karena saat jumlah pemberian ditingkatkan, konsumsi dan pencernaan menurun. Kemungkinan adanya pengaruh negatif dari CNSL level tinggi terhadap palatabilitas pakan sehingga konsumsi menurun sedangkan pengaruh negatif CNSL level tinggi terhadap mikroba rumen mungkin menyebabkan nilai pencernaan pakan menurun. Sinkai et al (2012) melakukan 2 eksperimen dengan bentuk pelet CNSL yang berbeda tetapi konsumsi CNSL diatur mendekati sama jumlahnya per hari yaitu 4g/100kg BB. Pada eksperimen 1, CNSL dicampur dengan tepung silika (60 : 40 b/b) lalu dipelet dan diberikan kepada ternak 0,9% dari total ransum tetapi dilaporkan bahwa terjadi masalah konsumsi pelet CNSL ini sehingga membutuhkan waktu lama untuk adaptasi terhadap pakan. Berbeda dengan eksperimen 2 dimana CNSL dicampur dengan bahan pakan (20 : 80 b/b) lalu dipelet dan diberikan kepada ternak sebesar 1,3% dari total ransum. Pada eksperimen 2 tidak ditemukan masalah terhadap palatabilitas pelet CNSL. Karena bentuk CNSL merupakan cairan kental berwarna coklat pekat, maka pemberian CNSL yang mengandung asam anakardat sebaiknya diperhatikan dengan baik dan harus dicampur dengan bahan pakan agar tidak

mempengaruhi konsumsinya. Pada eksperimen 2 pencernaan protein kasar dan NDF hanya sedikit meningkat tapi tidak signifikan berbeda ($P>0,05$). Baik Shinkai et al. (2012) yang menggunakan sapi perah non laktasi maupun Maeda et al. (2021) yang menggunakan sapi lokal Vietnam sama-sama menghasilkan kenaikan asam propionat dan penurunan emisi gas metana dari rumen.

Studi in vivo yang banyak dilaporkan adalah menggunakan CNSL teknis (CNSLtek) untuk ruminansia. CNSL teknis merupakan produk yang lebih umum diproduksi karena waktu prosesnya yang lebih cepat. Komposisi senyawa bioaktif dalam CNSLtek berbeda dengan komposisi dalam CNSLtp (tanpa panas) karena CNSLtek diperoleh dari proses pengepresan dengan panas atau dari proses ekstraksi dengan pelarut organik dalam keadaan panas. Senyawa bioaktif utama asam anakardat mengalami proses dekarboksilasi selama proses pemanasan dan menjadi derivatnya yaitu kardanol sebagai senyawa utamanya (Branco et al. 2015). Ternyata senyawa kardanol di dalam rumen tidak memberikan pengaruh yang sama dengan asam anakardat. Pemberian CNSLtek yang mengandung derivat asam anakardat hingga 30 g per ekor per hari tidak mempengaruhi konsumsi, pencernaan nutrisi dan produksi susu. Selain itu, pada Tabel 5 diperlihatkan bahwa penggunaan produk CNSLtek tidak memberikan pengaruh positif terhadap kadar amonia di dalam rumen dan tidak mempengaruhi konsumsi pakan maupun pencernaan pakan (Osmari et al. 2017).

Penambahan campuran minyak yang mengandung asam anakardat, kardanol, kardanol dengan ricin sebesar 0,055% dalam campuran pakan komplit memberikan perbedaan yang nyata terhadap pertambahan bobot badan dan efisiensi pakan sapi crossbred Nerole x Aberdeen Angus (Valero et al. 2016). Pertambahan bobot badan dapat mencapai 1,53 kg/ekor/hari pada perlakuan campuran minyak yang mengandung asam anakardat dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang hanya menghasilkan pertambahan bobot badan sebesar 1,26 kg/ekor/hari (Valero et al. 2016). Pertambahan bobot badan ini diduga karena penambahan CNSL yang mengandung asam anakardat meningkatkan mikroorganisme rumen penghasil asam propionat yaitu *Prevotella ruminicola*, *Selenomonas ruminantium* (Shinkai et al. 2012; Kang et al. 2018) dan juga meningkatkan *Anaerovibrio lipolytica*, dan *Succinivibrio dextrinosolvens* (Shinkai et al. 2012). Hasil Shinkai et al. (2012) diperkuat dengan hasil penelitian Maeda et al. (2021) pada sapi lokal Vietnam yang menyimpulkan bahwa CNSL yang mengandung asam anakardat mengubah diversitas mikrobiom rumen sehingga CNSL terbukti mengaktifkan metabolisme pati, metabolisme dan biosintesis asam lemak termasuk

asam propionat yang akan digunakan untuk proses glukogenesis bagi ternak ruminansia.

Pemanfaatan asam anakardat pada ruminansia di Indonesia

Kemampuan asam anakardat dalam menekan gas metana akan sangat bermanfaat untuk mengurangi pengaruh gas rumah kaca terhadap perubahan iklim dan pemanfaatannya pada ruminansia akan menghasilkan ternak yang baik pertumbuhannya dan juga menghasilkan produk ternak yang ramah lingkungan. Kemampuan antioksidan yang dimiliki asam anakardat atau CNSL telah dilaporkan (Trevisan et al. 2006; Sinurat et al. 2018). Pengujian in vivo terhadap kemampuan antioksidan asam anakardat dan derivatnya perlu dilakukan karena kemampuan antioksidan ini sangat diperlukan untuk menangkal radikal bebas yang terbentuk dalam tubuh ternak saat ternak mengalami stress oksidatif yang mengarah pada kerusakan sel atau terganggunya fisiologis ternak yang akhirnya mempengaruhi kesehatan ternak.

Sumber asam anakardat yang tertinggi ada pada cangkang kacang mete yang saat ini masih dibuang maka pemanfaatan cangkang kacang mete yang merupakan limbah dari industri kacang mete akan memberikan nilai tambah yang bernilai tinggi karena limbah tersebut masih dapat dimanfaatkan. Cara pemisahan asam anakardat dengan ekstraksi menggunakan pelarut heksana. Pelarut heksana dapat diperoleh kembali dan ditampung ketika ekstrak asam anakardat dipekatkan dengan menggunakan rotary evaporator sehingga menghasilkan ekstrak kental disebut biofat (CNSL) yang mengandung asam anakardat tinggi. Pelarut heksana yang diperoleh dapat digunakan untuk ekstrak cangkang mete yang baru lagi sehingga penggunaan pelarut heksana dapat lebih efisien. Residu setelah diekstrak dengan pelarut heksana kemudian dilanjutkan dengan proses pirolisis terhadap limbah cangkang kacang mete dan menghasilkan arang (*biochar*) dan asap cair (*biosmoke*) (Saenab et al. 2016). Keseluruhan proses ini akan menghasilkan 3 produk bioindustri (*biofat*, *biochar*, *biosmoke*) yang akan bermanfaat untuk pertanian khususnya peternakan.

Pemanfaatan asam anakardat sebagai pakan imbuhan di Indonesia menjadi sangat memungkinkan dilakukan di sentra tanaman jambu mete. Publikasi-publikasi yang ada saat ini untuk penggunaan CNSL yang mengandung asam anakardat kebanyakan dalam bentuk campuran CNSL dengan beberapa senyawa aktif sehingga perlu dicari senyawa-senyawa aktif selain asam anakardat yang tersedia melimpah di Indonesia dan menjadi campuran yang paling tepat guna meningkatkan produktivitas ternak ruminansia pada ternak ruminansia di Indonesia.

KESIMPULAN

Senyawa asam anakardat adalah senyawa fenolik yang terdapat di beberapa tanaman yang termasuk dalam famili Anacardiaceae tetapi senyawa ini menjadi senyawa bioaktif yang paling utama pada tanaman kacang mete terutama pada bagian cangkang kacang mete. Senyawa asam anakardat dalam fraksi ekstrak cangkang kacang mete (CNSL atau *biofat*) memiliki beberapa sifat/ aktivitas penting yaitu sifat antibakteri atau anti fungi, aktivitas antioksidan yang tinggi dan pada ternak ruminansia secara konsisten menunjukkan kemampuannya menekan gas metana dan meningkatkan asam propionat yang diproduksi di dalam rumen sehingga asam anakardat dalam biofat atau CNSL dapat menjadi agen pereduksi gas metana dan meningkatkan produksi ternak ruminansia.

DAFTAR PUSTAKA

- Branco AF, Giallongo F, Frederick T, Weeks H, Oh J, Hristov AN. 2015. Effect of technical cashew nut shell liquid on rumen methane emission and lactation performance of dairy cows. *J Dairy Sci.* 98:4030-4040. doi: 10.3168/jds.2014-9015.
- Coutinho DA, Branco AF, dos Santos GT, Osmari MP, Teodoro AL, Diaz TG. 2014. Intake, digestibility of nutrients, milk production and composition in dairy cows fed on diets containing cashew nut shell liquid. *Acta Scientiarum Anim Sci Maringá.* 36:311-316. doi: 10.4025/actascianimsci.v36i3.2351.
- Da Silva FFM, de Medeiros Costa AK, Barbosa PT, de Paiva Mota JC, de Lemos TLG, de Sousa EYA, Silva KA, de Moraes SM. 2018. Extraction, isolation and chemical modification of the anacardic acids from the peel of the cashew nuts (*Anacardium occidentale* L.) and biological assay. *Curr Res Bioorg Org Chem.* 2018:1-9. doi: 10.29011/CRBOC-110. 100010.
- Danielsson R, Werner-Omazic A, Ramin M, Schnürer A, Griinari M, Dicksved J, Bertilsson J. 2014. Effects on enteric methane production and bacterial and archaeal communities by the addition of cashew nut shell extract or glycerol - An *in vitro* evaluation. *J Dairy Sci.* 97:5729-5741. doi: 10.3168/jds.2014-7929.
- Georgieva K, Popova M, Dimitrova L, Trusheva B, Thanh LN, Phuong DTL, Lien NTP, Najdenski H, Bankova V. 2019. Phytochemical analysis of Vietnamese propolis produced by the stingless bee *Lisotrigona cacciae*. *PLoS ONE.* 14:e0216074. doi: 10.1371/journal.pone.0216074.
- Hamad FB, Mubofu EB. 2015. Potential biological applications of bio-based anacardic acids and their derivatives. *Int J Mol Sci.* 16:8569-8590. doi: 10.3390/ijms16048569.
- Hayashi A, Taniguchi N, Tsujimoto K, Kubo I. 2007. Mass spectrometric elucidation of phenolic oxidation process with Cu²⁺-adducts. *J Mass Spectrom Soc Jpn.* 55:7-13.
- Hollands A, Corriden R, Gysler G, Dahesh S, Olson J, Ali SR, Kunkel MT, Lin AE, Forli S, Newton AC, Geetha B, Kumar GB, Nair BG, Jefferson J, Perry P, Nizet V. 2016. Natural product anacardic acid from cashew nut shells stimulates neutrophil extracellular trap production and bactericidal activity. *J Biol Chem.* 291:13964-13973.
- Jiang X, Zhang H, Mehmood K, Li K, Zhang LH, Yao WY, Tong XO, Li Ay, Wang YP, Jiang JH, Iqbal M, Waqas M, Li, JK. 2019. Effect of anacardic acid against thiram induced tibial dyschondroplasia in chickens via regulation of Wnt4 expression. *Animal* 82:1-10. doi: 10.3390/ani9030082.
- Kang SC, Suzuki R, Suzuki Y, Koike S, Nagashima K, Kobayashi Y. 2018. Rumen responses to dietary supplementation with cashew nut shell liquid and its cessation in sheep. *Anim Sci J.* 89:1549-1555. doi: 10.1111/asj.13100.
- Maeda K, Nguyen VT, Suzuki T, Yamada K, Kudo K, Hikita C, Phong Le VP, Nguyen MC, Yoshida N. 2021. Network analysis and functional estimation of the microbiome reveal the effects of cashew nut shell liquid feeding on methanogen behaviour in the rumen. *Microbial Biotechnol.* 14:277-290. doi: 10.1111/1751-7915.13702.
- Mitsumori M, Enishi O, Shinkai T, Higuchi K, Kobayashi Y, Takenaka A, Nagashima K, Mochizuki M, Kobayashi Y. 2014. Effect of cashew nut shell liquid on metabolic hydrogen flow on bovine rumen fermentation. *Anim Sci J.* 85:227-232.
- Morais SM, Silva KA, Araujo H, Vieira IGP, Alves DR, Fontenelle ROS, Silva AMS. 2017. Anacardic acid constituents from cashew nut shell liquid: NMR characterization and the effect of unsaturation on its biological activities. *Pharmaceuticals.* 10:1-10. doi: 10.3390/ph10010031.
- Nagabhushana KS, Shobha SV, Ravindrana B. 1995. Selective ionophoric properties of anacardic acid. *J Nat Prod.* 58:807-810.
- Njuku FW, Mwangi PM, Thiong'o GT. 2014. Evaluation of cardanol acetate as a reactive diluent of alkyd coatings. *Int J Adv Res.* 2:928-941.
- Oh S, Shintani R, Koike S, Kobayashi Y. 2016. Ginkgo fruit extract as an additive to modify rumen microbiota and fermentation and to mitigate methane production. *J Dairy Sci.* 100:1923-1934. doi: 10.3168/jds.2016-11928.
- Oh S, Suzuki Y, Hayashi S, Suzuki Y, Koike S, Kobayashi Y. 2017. Potency of cashew nut shell liquid in rumen modulation under different dietary conditions and indication of its surfactant action against rumen bacteria. *J Anim Sci Technol.* 59:27-34. doi: 10.1186/s40781-017-0150-8.

- Osmari MP, Branco AF, Goes RHTB, Diaz TG, Matos LF. 2017. Increasing dietary doses of cashew nut shell liquid on rumen and intestinal digestibility of nutrient in steers fed a high-grain diet. *Arch Zootecnia*. 66:375-381.
- Popova M, Trusheva B, Ilieva N, Thanh LN, Lien NTP, Bankova V. 2021. *Mangifera indica* as propolis source: what *Mangifera indica* as propolis source: what exactly do bees collect?. *BMC Res Notes* 14:448. doi: 10.1186/s13104-021-05863-7.
- Ramírez-Gómez XS, Jiménez-García SN, Campos VB and Campos MLG. 2020. Plant metabolites in plant defense against pathogens. In: Topolovec-Pintaric S, editor. *Plant Diseases - Current Threats and Management Trends*. Chapter 4. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.87958.
- Saenab A, Wiryawan KG, Retnani Y, Wina E. 2016. Karakteristik fisik dan kimia dari produk bioindustry cangkang jambu mete (*Anacardium occidentale*) J Littri. 22:81-90. doi: 10.21082/littri.v22n2.2016.81-90.
- Saenab A, Wiryawan KG, Retnani Y, Wina E. 2017. Anacardic acid isolated from cashew nut shell (*Anacardium occidentale*) affects methane and other products in the rumen fermentation. *Media Peternakan*. 40:94-100. doi: 10.5398/medpet.2017.40.2.94.
- Saenab A, Wiryawan KG, Retnani Y, Wina E. 2018. Manipulation of rumen fermentation by bioindustrial products of cashew nut shell (*Anacardium occidentale*) to reduce methane production. *JITV* 23:61-70. doi: 10.14334/jitv.v23i2.1821.
- Salehi B, Gültekin-Özgüven M, Kırkın C, Özçelik B, Morais-Braga MFB, Carneiro NJP, Bezerra F, da Sliva TG, Coutinho HDM, Amina B, Amstrong L, Selamoglu Z, Sevindik M, Yousaf Z, Sharifi-Rad J, Muddathir AM, Devkota HP, Martorell M, Jugran AK, Martins B, Cho WC. et al. 2019. *Anacardium* plants: Chemical, nutritional composition and biotechnological applications. *Biomolecules*. 9:1-34. doi: 10.3390/biom9090465.
- Scorzza C, Nieves J, Vejar F, Bullon J. 2010. Synthesis and physicochemical characterization of anionic surfactants derived from cashew nut shell oil. *J Surfact Deterg*. 13:27-31. doi: 10.1007/s11743-009-1143-5.
- Shinkai T, Enishi O, Mitsumori M, Higuchi K, Kobayashi Y, Takenaka A, Nagashima K, Mochizuki M, Kobayashi Y. 2012. Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid. *J Dairy Sci*. 95:5308-5316.
- Silva MSS, De Lima SG, Oliveira EH, Lopes JAD, Chaves MH, Reis FAM, Citó AMGL. 2008. Anacardic acid derivatives from brazilian propolis and their antibacterial activity. *Ecl Quím São Paulo*. 33:53-58.
- Sinurat AP, Wina E, Rakhmani SIW, Wardhani T, Haryati T, Purwadaria T. 2018. Bioactive substances of some herbals and their effectiveness as antioxidant, antibacteria and antifungi. *JITV*. 23:18-27. doi: 10.14334/jitv.v23i1.1660.
- Stasiuk M, Kozubek A. 2010. Biological activity of phenolic lipids. *Cell Mol Life Sci*. 67:841-860. doi: 10.1007/s00018-009-0193-1.
- Suo MR, Isao H, Ishida Y, Shimano Y, Bi CX, Kato H, Takano F, Ohta T. 2012. Phenolic lipid ingredients from cashew nuts. *J Nat Med*. 66:133-139. doi: 10.1007/s11418-011-0564-4.
- Trevisan MT, Pfundstein B, Haubner R, Würtele G, Spiegelhalder B, Bartsch H, Owen RW. 2006. Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. *Food Chem Toxicol*. 44:188-197. doi: 10.1016/j.fct.2005.06.012.
- Tsujimoto K, Hayashi A, Ha TJ, Kubo I. 2007. Anacardic acids and ferric ion chelation. *Zeitschrift für Naturforschung C*. 62c:710-716. doi: 10.1515/znc-2007-9-1014.
- Tyman JHP. 2001. Chemistry and biochemistry of anacardic acids. *Recent Res Dev Lipids*. 5:125-145.
- Valero MV, Farias MS, Zawadzki F, Prado RM, Fugita CA, Rivaroli DC, Ornaghi MG, Prado IN. 2016. Feeding propolis or essential oils (cashew and castor) to bulls: performance, digestibility, and blood cell counts. *Rev Colomb Cienc Pecu*. 29:33-42.
- Watanabe Y, Suzuki R, Koike S, Nagashima K, Mochizuki M, Forster RJ, Kobayashi Y. 2010. *In vitro* evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent for ruminants. *J Dairy Sci*. 93:5258-5267.



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.

....., 2022

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.

_____, 2022

Approved by:

Name	Main or Member Contributor	Signature

Registered in:

