

PELATIHAN SEKTOR PETERNAKAN YANG DIBUTUHKAN UNTUK BERADAPTASI TERHADAP PEMANASAN GLOBAL (SEBUAH STUDI PUSTAKA)

Eko Saputro

Balai Besar Pelatihan Peternakan Batu – BPPSDMP, Kementerian Pertanian

Info Artikel

Received:
20 September 2023
Accepted
16 November 2023
Published
8 Desember 2023

Kata Kunci:
pakan; penyakit
hewan; perubahan
iklim; produksi
ternak; sistem
peternakan

Abstrak

Pemanasan global akibat dari meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca berdampak pada peningkatan suhu permukaan bumi sehingga mempengaruhi keseimbangan cuaca dan ekosistem. Adaptasi terhadap pemanasan global sangat dibutuhkan untuk ketahanan pangan hewani dan pembangunan berkelanjutan di sektor peternakan. Makalah hasil tinjauan pustaka dari berbagai artikel internasional ini membahas bagaimana sektor peternakan dapat beradaptasi terhadap pemanasan global. Tema dan kurikulum pelatihan-pelatihan di sektor peternakan bagi para *stakeholder* di masa depan direkomendasikan terkait 5 aspek produksi ternak yang paling terpengaruh oleh pemanasan global. Kelima aspek tersebut, yaitu: pakan, penyakit hewan, ekonomi, produksi, dan ketersediaan air dan lahan. Ada tiga opsi respon adaptasi yang bisa dikelompokkan dan telah ditawarkan oleh para peneliti, yakni opsi inkremental, sistemik dan transformasional.

Abstract

Global warming resulting from increasing concentrations of greenhouse gases has an impact on increasing the earth's surface temperature, thus affecting the balance of weather and ecosystems. Adaptation to global warming is urgently needed for animal food security and sustainable development in the livestock sector. This paper, the result of a literature review of various international articles, discusses how the livestock sector can adapt to global warming. Themes and curriculum for training in the livestock sector for future stakeholders were recommended regarding the 5 aspects of livestock production most affected by global warming. These five aspects were feed, animal diseases, economics, production, and availability of water and land. Climate change affected water availability, thereby reducing livestock productivity. There were three adaptation response options that can be grouped and have been offered by researchers, namely incremental, systemic and transformational options.

PENDAHULUAN

Pemanasan global adalah peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi (suhu permukaan udara dan lautan) yang mempengaruhi keseimbangan cuaca dan ekosistem (Cruft dan Karmaoui, 2023). Sebagian besar kenaikan suhu tersebut disebabkan karena meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca (*the rise of greenhouse gases* = RHG) akibat aktivitas antropogenik (Reichle, 2019). Inglezakis (2016), melaporkan gas rumah kaca tersebut didominasi oleh uap air (36-70%); karbon dioksida (9-26%); metan (4- 9%) dan ozon (3-7%). Sumber gas rumah kaca diantaranya adalah akibat penggunaan sumber energi tradisional atau fosil (seperti batu bara, gas, dan minyak bumi); penggundulan hutan (seperti untuk lahan sawit, perumahan, industrialisasi) dan aktivitas pertanian yang intensif (Cruft dan Karmaoui, 2023).

Adaptasi terhadap pemanasan global sangat dibutuhkan untuk ketahanan pangan asal hewan (daging, susu dan telur) dan pembangunan berkelanjutan di sektor peternakan. Suhu bumi yang semakin panas sangat mempengaruhi produktivitas hewan ternak yang semakin tertekan. Pemerintah perlu menyiapkan para *stakeholder* sektor peternakan untuk dapat beradaptasi terhadap pemanasan global melalui pelatihan-pelatihan bidang peternakan. Hal ini harus dilakukan demi ketahanan pangan hewani dan pembangunan berkelanjutan di sektor peternakan.

Di Asia Tenggara, penurunan hasil produksi ternak hingga 20% telah diproyeksikan akan terjadi pada tahun 2050, sebagai akibat dari perubahan suhu dan curah hujan secara regional, sehingga berdampak pada pakan dan ketersediaan pakan ternak. Dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk Asia dan permintaan standard hidup yang lebih tinggi, penurunan produksi ternak ini dapat berdampak buruk pada lebih dari satu miliar orang pada tahun 2050 (Hijioka dkk., 2014). Hal yang sama berlaku untuk pulau-pulau Pasifik, yang sangat rentan terhadap peristiwa cuaca ekstrem dan kenaikan permukaan laut, dan pada tahun 2050, perubahan iklim diproyeksikan akan membatasi sumber daya air tawar, yang merupakan sumber daya yang sangat penting dalam sistem produksi ternak (Nurse dkk., 2014).

Peternakan di negara berkembang memberikan kontribusi yang jauh lebih tinggi terhadap pendapatan masyarakat dan memiliki peran sosial ekonomi yang penting (Thornton dan Gerber, 2010; Robinson dkk., 2014). Selain itu, negara berkembang lebih rentan terhadap dampak perubahan iklim global dan ternak lebih memungkinkan terkena kejadian ekstrem karena sedikit infrastruktur dan sumber daya untuk menjaga ternak tetap aman. Di daerah yang lebih kering di Amerika Tengah dan Selatan, perubahan iklim diperkirakan akan memperburuk kondisi kekeringan dan degradasi lahan pertanian, menurunkan produktivitas ternak dan tanaman pakan penting seperti jagung dan kedelai, dengan konsekuensi merugikan ketahanan pangan (Magrin dkk., 2014).

Saat ini sistem produksi ternak secara global berada di bawah tekanan yang besar. Meningkatnya permintaan

protein hewani dari produk hasil ternak sebagian besar akibat pertumbuhan penduduk, urbanisasi, peningkatan pendapatan, dan perubahan pola makan (Thornton, 2010; Delgado, 2003). Sistem produksi peternakan beroperasi pada berbagai kondisi lingkungan, menyebabkan produksi ternak semakin terpengaruh oleh perubahan iklim. Dampak ekonomi global yang disebabkan oleh iklim ekstrem, seperempatnya dialami oleh sektor pertanian, di mana peternakan adalah subsektor di dalamnya yang mengalami kerusakan besar dan kerugian total (FAO, 2015). Tahun 2016, sektor peternakan mengalami peningkatan produksi daging tahunan yang terendah (1%) (FAO, 2016). Masa depan sektor peternakan diproyeksikan akan mengalami kelangkaan sumber daya penting untuk produksi, terutama tanah dan air, akibat perubahan iklim (Weindl dkk., 2015). Perubahan iklim telah menyebabkan penurunan produktivitas ternak dengan secara langsung menekan mekanisme respon adaptif ternak, mengubah penyebaran dan prevalensi penyakit hewan (Bett dkk., 2017), dan menyebabkan ternak stres akibat panas dan menyebabkan masalah kesejahteraan hewan (Morignat dkk., 2014); dan secara tidak langsung mengalami kelangkaan ketersediaan akan tanaman pakan dan kualitas hijauan yang buruk (Giridhar dkk., 2015). Penelitian tentang dampak perubahan iklim dan adaptasinya pada sistem peternakan akan memiliki implikasi penting bagi pengembangan sektor peternakan dan semua stakeholder yang bergantung padanya.

Sektor peternakan telah menyerap 1,3 miliar orang pekerja dan menjadi mata pencaharian sekitar 900 juta orang miskin di seluruh dunia (*World Bank*, 2015). Pangan sumber hewani dari peternakan telah menyediakan sekitar 14% dari total kalori dan 33% dari total protein dalam diet populasi di dunia (FAO, 2016). Sektor peternakan memiliki potensi yang lebih kuat dalam ketahanan terhadap perubahan iklim, karena cenderung lebih tangguh daripada sistem pertanian berbasis tanaman (Prasad dan Sejian, 2015). Namun, untuk meningkatkan ketahanan ternak terhadap perubahan iklim, sangat diperlukan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana pengaruh perubahan iklim terhadap sektor peternakan (Descheemaeker dkk., 2016). Kebijakan dan program kerja yang efektif memerlukan data spesifik sektor peternakan terkait karakteristik dan besarnya dampak yang dipicu oleh perubahan iklim (Seo dkk., 2009; Thornton dan Gerber, 2010). Dampak perubahan iklim terhadap berbagai sistem peternakan sangat bervariasi (Seo dkk., 2010; Rust dan Rust, 2013), memahami perbedaan ini sangat penting untuk merumuskan kebijakan dan program kerja (Thornton dan Herrero, 2014). Penyamaan persepsi dan pengetahuan tentang dampak perubahan iklim dan adaptasinya pada seluruh skala sistem peternakan yang berbeda juga penting untuk mengidentifikasi perhatian bersama yang dapat mendorong kolaborasi di antara sistem produksi ternak yang berbeda, dan untuk mengidentifikasi area yang berdampak negatif akibat perubahan iklim (Herrero dkk., 2015). Penelitian yang berkaitan dengan dampak perubahan iklim terhadap ternak dan adaptasinya sangat diperlukan agar terbangun pemahaman dan kemampuan

sektor peternakan untuk menangani dampak perubahan iklim di masa depan dan untuk memantau kemajuan adaptasi dari waktu ke waktu.

Studi atau penelitian yang ada saat ini tentang dampak perubahan iklim terhadap peternakan relatif sedikit dibandingkan dengan tanaman pangan karena sektor peternakan ini sangat dinamis (Porter dkk., 2014), dan bukti-bukti yang telah tersedia masih terfragmentasi (Herrero dan Thornton, 2013). Data di seluruh dunia terkait kerusakan dan kerugian di sektor peternakan akibat perubahan iklim tidak dikumpulkan atau dilaporkan secara sistematis (FAO, 2015). Sistem produksi ternak yang heterogen, zona agroekologi yang bervariasi, dan tujuan produksi ternak yang berbeda menyebabkan tantangan yang luar biasa terkait pengumpulan dan sintesis data di sektor peternakan (Pica-Ciamarra dkk., 2014; Robinson dkk., 2014). Selain itu terdapat berbagai praktik lintas sistem produksi ternak yang disesuaikan dengan kondisi budaya, sosial ekonomi, dan kelembagaan (Steinfeld dkk., 2006; Thornton dkk., 2009). Pentingnya sektor peternakan bagi pembangunan suatu negara sangat bergantung pada berbagai nilai sosio-ekonomi, dan manfaat budaya yang diberikannya (Gandini dan Villa, 2003; Upton, 2004).

Beberapa hasil tinjauan pustaka telah mendokumentasikan dampak perubahan iklim pada produktivitas ternak (Herrero dkk., 2015; Nardone dkk., 2010; Rojas-Downing dkk., 2017) dan pada mata pencaharian masyarakat di negara berkembang (Rust dan Rust, 2013; Thornton dkk., 2009; Herrero dkk., 2016). Penelitian sebelumnya juga telah menyelidiki dampak perubahan iklim pada ternak, meliputi: frekuensi cuaca ekstrem yang lebih tinggi, seperti kekeringan (Leister dkk., 2015), banjir (Lunt dkk., 2012), dan gelombang panas (Morignat dkk., 2014), serta variasi curah hujan dan suhu (Polley dkk., 2013). Tampaknya diperlukan suatu penelitian global yang melakukan tinjauan pustaka yang sistematis tentang bagaimana sektor peternakan dipengaruhi dan beradaptasi dengan perubahan iklim.

Makalah tinjauan pustaka ini mendokumentasikan pengetahuan yang tersedia tentang dampak perubahan iklim di sektor peternakan dan adaptasinya. Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk melakukan identifikasi kebutuhan pelatihan (IKP) di sektor peternakan dalam rangka untuk dapat beradaptasi dengan pemanasan global. IKP tersebut digali melalui tinjauan pustaka untuk: (1) menilai dampak utama pemanasan global pada sektor peternakan; (2) menentukan area mana yang paling terpengaruh oleh pemanasan global dalam sistem ternak produksi; dan (3) mensintesis respon adaptasi terhadap pemanasan global dalam berbagai sistem produksi ternak. Tinjauan pustaka ini menggunakan metode dua pertanyaan indikator berikut: (1) apa bukti terdokumentasi yang ada saat ini tentang dampak pemanasan global terhadap berbagai sistem produksi ternak? dan (2) bagaimana dampak pemanasan global tersebut diadaptasi oleh berbagai sistem produksi ternak?

METODE

Tinjauan pustaka dilakukan dengan prinsip transparansi, ketelitian, dan replikasi (Mulrow, 1994). Berikut ini ulasan secara rinci metode tinjauan pustaka yang telah dilakukan.

Strategi Pencarian dan Pemilihan Literatur

Kami melakukan pencarian literatur elektronik untuk menangkap artikel *peer-review* yang relevan yang diterbitkan dalam Bahasa Inggris saja, tanpa batasan tahun publikasi, desain penelitian, atau cakupan geografis. Kami membatasi pemilihan literatur pada hasil penelitian yang secara eksplisit memuat tentang perubahan iklim dan dampaknya terhadap peternakan. Selanjutnya, kami pilih literatur yang menunjukkan hubungan dengan adaptasi terhadap perubahan iklim di sektor peternakan. Kata kunci yang kami gunakan dalam pencarian literatur elektronik untuk perubahan iklim adalah “perubahan”, “variabilitas” dan “ekstrem”; untuk sektor peternakan adalah “ternak”, “ruminansia” dan “unggas”. Kata kunci “dampak” dan “adaptasi” sangat terkait dengan kata “risiko”, “ketahanan”, dan “kerentanan” sehingga kami melakukan pencarian tambahan secara manual (Horsley dkk., 2009). Kami menggunakan kombinasi kata kunci yang berbeda untuk menangkap keseluruhan topik dalam pencarian literatur elektronik. Pencarian literatur elektronik kami lakukan pada *website Scopus* dan *Web of Science (WoS)*, yang meliputi: judul, abstrak, dan kata kunci.

Kata kunci yang digunakan dalam kombinasi adalah: “perubahan iklim” (cuaca, variabilitas), “ternak” (unggas, ruminansia), “dampak” (stres akibat panas; pakan; padang rumput; produksi; reproduksi; kesehatan; vektor-penyakit), dan “adaptasi” (strategi; kerentanan; risiko; ketahanan). Pencarian literatur elektronik menghasilkan total 479 artikel terdiri atas 324 artikel dari *website Scopus* dan 155 artikel dari WoS. Ada 52 artikel duplikat yang kami buang sehingga tersisa 427 artikel. Artikel yang berbayar kami unduh melalui *website library genesis* sehingga tetap gratis. Kriteria inklusi dan eksklusi kami terapkan pada 427 artikel ini dan kami akhirnya mempertahankan 126 artikel, yang selanjutnya ditinjau secara mendalam dan lengkap. Kriteria inklusi dalam pemilihan literatur adalah penelitian yang bertujuan meneliti dampak perubahan iklim terhadap peternakan dan adaptasinya, artikel adalah hasil *peer-review* dan dipublikasikan dengan Bahasa Inggris. Kriteria eksklusi dalam pemilihan literatur adalah penelitian tidak fokus pada dampak perubahan iklim terhadap peternakan dan adaptasinya, tidak dipublikasikan di jurnal ilmiah dan tidak ber-Bahasa Inggris.

Jumlah dan Jenis Publikasi

Jumlah artikel *peer-review* tentang dampak perubahan iklim dan adaptasi di sektor peternakan telah meningkat pesat sejak tahun 2000. Sangat sedikit publikasi yang terkait dengan peternakan (hanya tujuh artikel) sebelum tahun 2000. Klasifikasi berdasarkan afiliasi penulis pertama menunjukkan bahwa dari 126 artikel publikasi ditulis oleh

penulis dari lembaga penelitian dan pendidikan tinggi (50%), pemerintah (33%), non-pemerintah (11%), dan organisasi antar pemerintah (4%). Beberapa diterbitkan oleh perusahaan swasta atau konsultan lingkungan (2%).

Distribusi Geografis Publikasi yang Diulas

Distribusi geografis dari publikasi yang ditinjau, sebagian besar publikasi bersifat spesifik negara (57%), beberapa bersifat global (23%), dan beberapa regional (20%). Komposisi dari 126 artikel publikasi antara negara berkembang (45%) dan maju (43%) hampir sama, 12% sisanya memiliki cakupan global. Amerika Serikat dan Australia (42%) mendominasi studi dari negara maju diikuti oleh India, Cina, dan Inggris. Sebagian besar publikasi dari negara berkembang berasal dari Afrika (56%), dan sebagian besar berasal dari Ethiopia dan Kenya (45%). Hanya sedikit publikasi dari negara berkembang yang berasal dari Asia (23%) atau Amerika Selatan (4%).

Jumlah publikasi yang ada dan telah diulas tidak representatif sehubungan dengan sensitivitas terhadap perubahan iklim dan konteks kerentanan berbagai wilayah dan sistem produksi ternak. Dalam hal cakupan spasial, 12% publikasi berskala global, sedangkan cakupan penelitian dari negara berkembang (45%) dan negara maju (43%) hampir sama. Masih sangat diperlukan lebih banyak penelitian di negara berkembang. Ada kesenjangan penelitian mendasar di Amerika Tengah dan Selatan, Asia Tenggara, pulau-pulau Pasifik, dan di beberapa bagian Afrika, lebih dari setengahnya (56%) terkonsentrasi di Afrika Timur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi pustaka ini telah mengungkapkan bahwa ada minat penelitian yang terus berkembang terkait dampak perubahan iklim global dan adaptasinya pada ternak dari berbagai konteks sistem produksi, geografis, dan agroekologi yang berbeda. Luasnya dan distribusi penelitian mencerminkan pentingnya ternak bagi berbagai negara dan wilayah, dan kebutuhan mendasar untuk mengatasi dan beradaptasi terhadap dampak perubahan iklim yang teridentifikasi. Meskipun dampak perubahan iklim pada ternak belum mendapatkan perhatian yang sebanding dengan perhatian pada tanaman (Herrero dkk., 2013), beberapa penulis telah mendokumentasikan domain dampak utama dalam sistem peternakan (Rust dan Rust, 2013; Thornton dkk., 2009; Nardone dkk., 2010; Rojas-Downing dkk., 2017). Dokumentasi sistematis dari berbagai dampak ini penting dalam menentukan aspek produksi ternak mana yang paling tertekan sehingga paling membutuhkan adaptasi yang relevan.

Sistem Produksi Ternak, Jenis Ternak dan Parameter Iklim

Sistem Produksi Ternak

Kami mengklasifikasikan publikasi yang kami tinjau berdasarkan sistem produksi menggunakan klasifikasi Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-Bangsa (Food and Agriculture Organization of the United

Nations, FAO). Sebanyak 55% sistem peternakan yang ada menggunakan lebih dari 90% bahan kering dari pakan untuk ternak berasal dari padang rumput, pastura, hijauan tahunan, dan pakan komersil. Sisanya kurang dari 10% bahan kering dari pakan untuk ternak berasal dari limbah produksi tanaman pangan. Sistem peternakan tersebut terdiri atas dua subklasifikasi, yakni sistem peternakan tanpa lahan (14%) dan sistem peternakan berbasis padang rumput (86%). Publikasi penelitian dari sistem peternakan berbasis padang rumput terdiri atas padang penggembalaan budidaya di negara-negara Afrika, dan padang penggembalaan ekstensif untuk ternak ruminansia kecil, sementara padang penggembalaan intensif diteliti di Australia dan Amerika Serikat.

Sekitar 15% dari publikasi penelitian adalah tentang sistem pertanian terpadu tanaman-ternak di mana ternak diberi pakan bahan kering yang sebagian besar berasal dari produk sampingan atau limbah pertanian tanaman atau setidaknya 10% dari total nilai produksi berasal dari kegiatan pertanian non-ternak yaitu budidaya tanaman. Hampir semua publikasi penelitian dari sistem pertanian terpadu tanaman-ternak ini berasal dari negara berkembang dimana sistem tersebut diistilahkan sebagai agropastoral, artinya selain budidaya pastoral, budidaya tanaman diintegrasikan dan limbah tanaman diberikan kepada ternak (Robinson dkk., 2011). Informasi terkait deskripsi sistem dalam publikasi penelitian yang kami tinjau masih terbatas untuk dapat mengidentifikasi sub-sistem tertentu dalam sistem pertanian terpadu sebagai tadah hujan atau irigasi. Sekitar 18% publikasi penelitian yang kami tinjau merupakan sektor umum yang berkaitan dengan peternakan dan sekitar 12% publikasi tidak terkait dengan jenis sistem peternakan tertentu.

Publikasi penelitian yang diulas lebih berfokus pada sistem produksi berbasis padang rumput (47% dari total publikasi). Ada kebutuhan untuk penelitian tentang dampak perubahan iklim dan adaptasi dalam sistem pertanian terpadu tanaman-ternak. Setengah dari pangan dunia diproduksi dalam sistem pertanian terpadu tanaman-ternak (Thornton dan Herrero, 2015) Sistem produksi ini menopang sebagian besar mata pencaharian rumah tangga di negara berkembang (Tarawali dkk., 2011), dan penelitian di daerah ini dapat memiliki implikasi serius pada keberlanjutan produksi sistem pertanian terpadu tanaman-ternak, dan kelangsungan mata pencaharian petani dalam kondisi perubahan iklim.

Jenis Ternak

Sebagian besar publikasi yang kami review terdiri dari beberapa jenis ternak sekaligus, dan beberapa membahas jenis ternak tertentu, seperti unta (4%), kuda dan keledai (4%), dan yak (3%). Sekitar 71% dari total publikasi yang kami review difokuskan pada ternak ruminansia, yang diklasifikasikan lebih lanjut menjadi ternak ruminansia besar (62%) dan ternak ruminansia kecil (38%). Sapi teridentifikasi sebagai spesies ternak yang paling banyak diteliti (25% dari total publikasi) yang diklasifikasikan lebih lanjut menjadi publikasi sapi perah (9%) dan sapi

pedaging (7%). Ada juga beberapa publikasi tentang kerbau (3%). Publikasi kajian tentang ruminansia kecil (27% dari total publikasi), terdiri dari: 56% domba dan 44% kambing. Sekitar 19% dari total publikasi tentang ternak monogastrik, terdiri dari ayam (13%) dan babi (6%).

Mayoritas publikasi yang diulas (71%) adalah tentang ternak ruminansia sedangkan ternak monogastrik, seperti babi dan ayam, kurang mendapat perhatian para peneliti. Peternakan babi dan unggas adalah penting bagi banyak petani di negara dan wilayah berkembang, karena mereka dapat hidup berdampingan dalam sistem pertanian apa pun (Halimani dkk., 2012). Kesehatan ternak monogastrik dan produktivitasnya lebih rentan dan lebih terpengaruh terhadap perubahan iklim daripada ternak ruminansia (Nardone dkk., 2010). Selain itu, babi dan unggas memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah daripada ternak ruminansia. *Breed* ayam dan babi lokal memiliki potensi yang meningkat di masa depan karena karakteristiknya yang unik dalam beradaptasi dengan perubahan iklim (Kantanen dkk., 2015). Ternak ruminansia sangat penting dalam sistem produksi penggembalaan / pastoral dan subsisten sebagai sumber makanan utama di daerah yang tidak dapat menopang produksi tanaman karena periode kekeringan yang panjang dan kelangkaan air (Maiti dkk., 2014). Dibutuhkan penelitian lebih lanjut terkait ternak monogastrik dan produksi ternak ruminansia tetap penting dalam kondisi perubahan iklim di daerah di mana beternak babi dan unggas tidak memungkinkan.

Parameter Iklim

Paparan berbagai variabel iklim terhadap peternakan yang dipelajari dalam publikasi yang ditinjau adalah peningkatan suhu (78%), curah hujan atau variabilitas curah hujan (63%). Beberapa paparan berbagai peristiwa cuaca ekstrem terhadap peternakan yang diteliti ada sekitar 82% dari total publikasi, terdiri atas kekeringan (50%), cuaca ekstrem secara umum (37%), panas ekstrem (36%), meningkatnya kejadian banjir (17%), dan angin topan atau siklon yang lebih intens (6%).

Dampak Utama Pemanasan Global pada Sektor Peternakan

Area Produksi Ternak yang Paling Terpengaruh

Kami menemukan sebelas aspek produksi ternak yang berbeda yang terpengaruh oleh perubahan iklim, yakni: pakan (disebutkan dalam 52% dari publikasi), penyakit hewan (43%), ekonomi (36%), sumber daya air dan lahan (35%), produksi (32%), cekaman panas (23%), jumlah ternak (22%), reproduksi (22%), keanekaragaman hayati (13%), ketahanan pangan (13%), dan kualitas produk (10%).

Sekitar 92% dari total publikasi yang ditinjau, secara bersamaan meneliti beberapa dampak pada berbagai area produksi ternak, sementara beberapa publikasi fokus pada satu dampak saja, termasuk diskusi khusus tentang penyakit (Gethings dkk., 2015; Van Dijk dkk., 2010; Verschave dkk., 2016) dan pada pakan (Ahmed dkk., 2012; Craine dkk., 2010; Sautier dkk., 2013; Wheeler dan Reynolds, 2013). Pola interaksi yang muncul dari berbagai area produksi

ternak yang terdampak menyiratkan bahwa perubahan iklim mempengaruhi ternak dalam banyak cara dari satu aspek produksi yang memunculkan interaksi kompleks dengan satu atau lebih area produksi lainnya.

Analisis lebih lanjut dari isi artikel publikasi yang ditinjau menunjukkan temuan penting lainnya, yakni: (1) hampir semua area terdampak (sembilan dari sebelas) yang diperiksa memiliki efek lebih lanjut pada aspek ekonomi dari produksi ternak; (2) cekaman panas berdampak langsung pada ternak melalui aspek-aspek seperti produksi, reproduksi, jumlah ternak, kejadian penyakit, dan kualitas produk; (3) aspek produksi dan jumlah ternak sangat dipengaruhi oleh efek tidak langsung dari cekaman panas, penyakit, reproduksi, produksi, dan pakan; serta (4) domain dampak lainnya saling berhubungan atau terkait satu sama lain, seperti sumber daya air dan lahan terhadap keanekaragaman hayati, dan dampak ekonomi terhadap ketahanan pangan. Dampak perubahan iklim pada ternak yang dilaporkan dalam publikasi yang ditinjau dirangkum dalam Tabel 1.

Terdapat lima aspek produksi ternak yang dilaporkan paling terpengaruh oleh perubahan iklim global, yaitu: pakan, penyakit, ekonomi, produksi, dan penggunaan air dan lahan pada peternakan. Dampak perubahan iklim yang terkait dengan pakan umumnya dikaitkan dalam hal kuantitas dan kualitas pakan (Thornton dkk., 2009; Nardone dkk., 2010; Rojas-Downing dkk., 2017). Penurunan kuantitas padang rumput, padang penggembalaan, dan produksi tanaman pakan ternak secara luas adalah konsekuensi dari peningkatan suhu dan kekeringan (Wheeler dan Reynolds, 2013; Sautier dkk., 2013; McKeon dkk., 2009). Pergeseran pola musim, dari iklim yang lebih panas dan lebih kering, menyebabkan penurunan hasil yang signifikan dan perubahan dalam pola temporal produksi padang rumput dan sistem penggembalaan (Lunt dkk., 2012; Ghahramani dkk., 2013). Peningkatan suhu menurunkan produksi padang rumput, dan menghasilkan kualitas spesies hijauan yang lebih buruk (Leister dkk., 2015; Polley dkk., 2013). Demikian pula, suhu yang lebih tinggi dikaitkan dengan peningkatan lignifikasi dalam jaringan tanaman dan penurunan pencernaan hijauan yang secara langsung mempengaruhi pasokan hijauan (Giridhar dkk., 2015; Wheeler dan Reynolds, 2013). Kualitas hijauan yang lebih rendah menyebabkan ternak tidak dapat memenuhi kebutuhan energi untuk mempertahankan berat badannya (Nardone dkk., 2010).

Penyakit ternak sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim. Dampak tersebut sebagian besar berupa bentuk keparahan dan distribusi penyakit hewan, baik dampak secara langsung atau tidak langsung. Dampak langsung pada kesehatan hewan terutama karena paparan suhu dan kelembaban yang meningkat. Dampak langsung utama yang dilaporkan meliputi penurunan kekebalan tubuh ternak terhadap infeksi (misalnya, karena stres akibat panas), peningkatan laju perkembangan bakteri patogen, dan prevalensi penyakit hewan menular saat peristiwa cuaca ekstrim (Forman dkk., 2008; Bett dkk., 2017). Dampak tidak langsung dikaitkan dengan variasi suhu dan curah hujan,

yang meliputi peningkatan persistensi dan kelimpahan vektor penyakit dan parasit, resistensi inang terhadap agen infeksi, dan perubahan tingkat keparahan penyakit manusia-ternak atau zoonosis (Özkan dkk., 2016; Gethings dkk., 2015). Selain itu, beberapa peneliti mengidentifikasi contoh ekstrim penyakit ternak yang diakibatkan oleh iklim, seperti infeksi cacing pada ternak ruminansia (Van Dijk dkk., 2010) (misalnya, infeksi nematoda pada sapi (Verschave dkk., 2016), flu burung (Gilbert dkk., 2008), insiden mastitis klinis yang lebih tinggi pada sapi perah (West, 2003), dan penyakit parasit (misalnya, pergerakan infestasi *tick-borne* (Skuce dkk., 2013).

Dampak ekonomi muncul akibat performa ternak yang lebih buruk, yang terkait dengan dampak pada aspek produksi lainnya, seperti pakan dan kesehatan. Dalam sistem penggembalaan, misalnya, kerugian ekonomi biasanya dikaitkan dengan performa ternak yang buruk karena kelangkaan pakan yang disebabkan oleh kekeringan (Oyekale, 2014). Kerugian ekonomi yang berulang dalam sistem peternakan pastoral meningkatkan risiko mata pencaharian dan ketahanan pangan dari banyak rumah tangga pastoral di Afrika (Martin dkk., 2014; Huho dan Ngaira, 2011). Dalam sistem peternakan intensif, dampak ekonomi muncul akibat perdagangan yang terpengaruh, seperti kekurangan pasokan pakan biji-bijian karena berkurangnya hasil panen saat musim kemarau (Kuczynski dkk., 2011; Martinsohn dan Hansen, 2012). Rupanya, wabah penyakit dan stres akibat panas secara langsung berdampak pada pengeluaran dan pendapatan, dan dapat menyebabkan penurunan dan ketidakstabilan harga dan nilai bersih dari stok ternak (Ai-Amin dkk., 2011;

Hansen, 2011; Liu, Z dkk., 2017; Kadzere dkk., 2002). Selain itu, banyak penelitian melaporkan bahwa peristiwa cuaca ekstrem seperti angin topan, banjir, dan kekeringan berdampak langsung pada stok ternak akibat meningkatnya angka kesakitan dan kematian ternak (Nardone dkk., 2010; Joshi dkk., 2013).

Dampak produksi ternak akibat perubahan iklim diperhitungkan dengan perhatian yang lebih besar pada parameter performa ternak seperti penambahan bobot badan harian, efisiensi konversi pakan, dan produksi susu dan kualitas hasil ternak lainnya (Rust dan Rust, 2013; Gaughan dkk., 2015; Hristov dkk., 2017). Stres akibat panas dan kelembaban mengubah fisiologi ternak, membuat ternak lebih rentan terhadap penyakit dan stres (Salama dkk., 2014; Hansen, 2011). Variabilitas suhu mengakibatkan dampak nyata pada performa reproduksi ternak seperti penurunan kesuburan, tingkat konsepsi, dan daya hidup (Salama dkk., 2014).

Sumber daya air dan lahan merupakan input kunci dalam sistem produksi ternak, terutama dalam produksi tanaman pakan (Herrero dkk., 2015; Thornton dkk., 2009; Nardone dkk., 2010). Sektor peternakan menggunakan 8% dari penggunaan air secara global (Rojas-Downing dkk., 2017). Perubahan iklim mempengaruhi ketersediaan air, dan kelangkaan dan penipisan air telah dilaporkan secara serius mengurangi produktivitas ternak.

Tabel 1. Ringkasan Aspek Produksi Ternak yang Terdampak Pemanasan Global dari Publikasi yang Diulas

No	Aspek Produksi Ternak	Dampak Spesifik pada Peternakan Akibat Pemanasan Global
1	Pakan	<ul style="list-style-type: none"> √ Penurunan produktivitas padang rumput, padang penggembalaan, dan tanaman hijau pakan (1,3,5,6). √ Penurunan kualitas pakan, misalnya pencernaan hijauan (1, 2, 3). √ Perubahan sistem penggembalaan dan pola temporal produksi padang rumput (2,3,5). √ Berkurangnya kuantitas dan ketersediaan pakan hijauan dan biji-bijian (1,3,5,6).
2	Penyakit hewan	<ul style="list-style-type: none"> √ Pergeseran pola penyakit dan distribusi penyakit menular (1,2). √ Perubahan kelimpahan dan aktivitas vektor penyakit misalnya serangga (6). √ Meningkatkan persistensi dan kelangsungan hidup patogen dan parasit (1,2). √ Prevalensi penyakit endemik yang lebih tinggi misalnya cacing pada ternak ruminansia (1,2,6). √ Meningkatnya prevalensi infeksi pernapasan pada unggas (1,2). √ Insiden mastitis yang lebih tinggi pada ternak perah (1). √ Mengubah keparahan penyakit manusia-ternak (zoonosis) (5,6).
3	Ekonomi	<ul style="list-style-type: none"> √ Peningkatan risiko pencaharian / penghidupan rumah tangga peternak (1,3,5). √ Berkurangnya arus kas dan berkurangnya tabungan peternak (3,4). √ Volatilitas harga yang tinggi dan biaya transaksi yang tinggi, misalnya biaya akibat wabah penyakit (4,5). √ Masalah perdagangan, pasokan biji-bijian dan pola persaingan perdagangan yang lebih bermasalah (1,3). √ Hilangnya keuntungan peternakan, misalnya, produksi telur dan susu (1,3,4,5). √ Kenaikan biaya tenaga kerja dan meningkatnya pengangguran di daerah pedesaan (3,5). √ Penurunan harga produk dan nilai produk hewani, misalnya daging sapi dan daging domba (5,6).
4	Sumber daya air dan tanah / lahan	<ul style="list-style-type: none"> √ Meningkatkan persaingan dan konflik terhadap akses rumput dan air (1,3). √ Perubahan alokasi penggunaan lahan dan perubahan sistem (1,5,6). √ Menurunnya kuantitas dan kualitas air minum dan padang penggembalaan (3,5,6). √ Perubahan sifat-sifat tanah penggembalaan: lebih kering, keras, dan kurang subur (3,5).

5	Produksi	<ul style="list-style-type: none"> √ Penurunan produksi susu dan produksi daging (1,3). √ Rendahnya efisiensi produksi pada unggas dan sapi (1). √ Mengurangi produksi wol (1,3). √ Pertumbuhan yang buruk dan penurunan berat badan hidup misalnya pada sapi potong dan domba (1,3,5).
6	Stress akibat panas	<ul style="list-style-type: none"> √ Mengubah fungsi fisiologis dan perilaku ternak (1). √ Mengurangi asupan hijauan, penyerapan nutrisi, dan efisiensi konversi pakan (1,3). √ Suhu tubuh di atas 45–47 °C yang mematikan di sebagian besar spesies ternak (1). √ Implikasi negatif pada kinerja reproduksi dan perkembangbiakan ternak (1). √ Mengubah komposisi produk, misalnya, profil lipid susu (1). √ Meningkatnya perhatian terhadap kesejahteraan hewan, misalnya penggemukan sapi (1).
7	Populasi ternak	<ul style="list-style-type: none"> √ Kematian ternak yang lebih tinggi dalam sistem padang rumput penggembalaan (4). √ Penurunan tingkat stok yang tidak proporsional (1,3). √ Peningkatan kejadian kelahiran ternak mati, kematian embrio, dan aborsi (1,3). √ Tercatat 3000 ekor kambing / domba serta 500 ekor yak mati di Pakistan Utara (1,3). √ Meningkatkan kematian anak unta (1,3). √ Tingkat kematian pra-pemotongan pada ayam broiler yang lebih tinggi (1).
8	Reproduksi ternak	<ul style="list-style-type: none"> √ Penurunan performa reproduksi (tingkat konsepsi yang lebih rendah) (1,5). √ Penurunan fertilitas, kebugaran umum dan daya tahan hidup ternak (1,5). √ Berkurangnya angka kelahiran, penambahan umur pertama kali beranak pada sapi potong (1,5).
9	Ketahanan pangan	<ul style="list-style-type: none"> √ Meningkatkan jumlah orang yang tidak menerima makanan yang cukup untuk mempertahankan hidup sehat (5,6). √ Distribusi orang lapar secara regional yang tidak proporsional (3,5,6). √ Ketergantungan yang lebih besar pada bantuan makanan pada masyarakat peternak / pastoral (3,4). √ Penurunan tingkat produksi makanan (makanan yang tersedia atau yang dijual lebih sedikit) (3,5).
10	Keanekaragaman Hayati	<ul style="list-style-type: none"> √ Kehilangan keanekaragaman hayati genetik (6). √ Pengurangan populasi <i>breed</i> yang langka (1,6). √ Perpindahan spesies dan <i>breed</i> (3,6). √ Predasi ternak oleh satwa liar (3) √ Berkurangnya sinergi antara tanaman-ternak (3).
11	Kualitas produk	<ul style="list-style-type: none"> √ Pengaruh negatif pada kualitas bulu, wol, dan kasmir (5). √ Penurunan berat telur rata-rata dan kualitas kulit telur yang buruk (1,5). √ Mempengaruhi kandungan nutrisi produk hasil ternak (5). √ Berdampak pada perlemakan karkas, citarasa/rasa dan keempukan pada daging sapi potong (5). √ Penurunan kualitas susu yang lebih besar, misalnya, pada susu kambing (5). √ Peningkatan jumlah pembusukan karkas (5).

Keterangan: terkait dengan parameter iklim : 1 = suhu; 2 = variasi curah hujan; 3 = kekeringan; 4 = peristiwa ekstrim; 5 = multivariabel iklim; 6 = perubahan iklim global (umum).

Tabel 2. Rangkuman Berbagai Opsi dan Tema Pelatihan Respon Adaptasi Sektor Peternakan dari Publikasi yang Diulas

No.	Opsi Respon Adaptasi	Kendala untuk Adopsi	Tema Pelatihan
1	<p>Inkremental</p> <p><i>Peningkatan kualitas dan kuantitas pakan ternak</i></p> <ul style="list-style-type: none"> √ Peningkatan hasil panen padang rumput: perbaikan satu padang rumput tradisional hanya untuk satu musim yang panjang, pemulihan padang rumput yang rusak, peningkatan tutupan vegetasi, rehabilitasi pasokan air padang rumput, pengembangan padang rumput beririgasi, memodifikasi jadwal penggembalaan (langkah-langkah dari sektor peternakan Mongolia). √ Penyesuaian dalam manajemen sistem pemberian pakan: penyesuaian tingkat tebar ternak (pembudidaya sapi di AS), menanam tanaman hijau abadi, suplementasi pakan (dari sistem pertanian terpadu tanaman-ternak di Asia). √ Mengubah pengelolaan padang penggembalaan: revisi pengelolaan pupuk (kacang-kacangan dan fosfat yang ditaburkan), penggunaan pagar dan rotasi penggembalaan yang lebih besar dan lebih perhatian pada manajemen kebakaran, tingkat penebaran konservatif konstan, simulasi skenario iklim padang rumput (sistem peternakan di Australia). <p><i>Efisiensi penggunaan air dan lahan</i></p> <ul style="list-style-type: none"> √ Perubahan penggunaan lahan pertanian, irigasi padang rumput (sistem di AS dan Australia). √ Pendirian kandang komunal (sistem ruminansia kecil di Ethiopia) <p><i>Pengurangan stres akibat panas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> √ Penyediaan naungan (peneduh alami berupa pohon atau sistem pendingin buatan). √ Peningkatan sistem ventilasi sistem perkandangan. √ Akses langsung ke sumber air seperti sungai dan kolam. √ Pemilihan spesies dan ras ternak yang tahan cekaman panas. <p><i>Perbaikan manajemen produksi ternak:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> √ Mengadopsi praktik perawatan kesehatan ternak. √ Pengendalian hama dan penyakit serta vektor penyakit. √ Mengubah pola perkembangbiakan dan reproduksi. √ Perbaikan dalam praktik pengelolaan air dan tanah. 	<p><i>Rangelands / perbukitan penggembalaan:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> √ Hambatan bio-fisik dan arah parameter sosial dan ekonomi. √ Ketidakpastian dalam ilmu perubahan iklim. <p><i>Sistem terpadu / campuran:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> √ Kurangnya informasi di tingkat sistem, misalnya kesulitan dalam memodelkan dampak tanaman-ternak di skala spasial dan temporal, konteks pertanian kompleks (biofisik, sosial-ekonomi dan kultural). √ Peningkatan kapasitas sangat bergantung pada pemerintah dan lembaga lainnya. <p><i>Sistem pastoral:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> √ Sistem kepemilikan tanah komunal yang khas. √ Akses terbatas dan tidak aman pada sumber daya alam, modal dan tenaga kerja. √ Infrastruktur dan organisasi pasar yang buruk. √ Faktor budaya dan watak petani. 	<ul style="list-style-type: none"> √ Manajemen padang rumput √ Manajemen budidaya ruminansia besar/kecil di kandang komunal √ Teknis mengurangi cekaman panas pada ternak √ Manajemen kesehatan hewan √ Manajemen reproduksi ternak
2	<p>Sistemik</p> <p><i>Modernisasi operasi peternakan:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> √ Pemodelan dan peramalan penyakit menular yang akan muncul. √ Pengembangan sistem peringatan dini. √ Pembangunan infrastruktur dan pasar (untuk negara berkembang). √ Mendirikan rumah potong hewan dan skema <i>restocking</i>. <p><i>Mengubah komponen sistem pertanian:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> √ Mengawasi pada perusahaan bisnis pertanian kecil lainnya √ Penggunaan varietas tanaman pakan baru dan alternatif/ perubahan pola makan ternak. √ Paket intervensi teknologi cerdas iklim. √ Beralih dari bercocok tanam ke peternakan. √ Mengganti pilihan spesies dan <i>breed</i> ternak. <p><i>Perubahan kelembagaan dan kebijakan:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> √ Menempatkan skema subsidi dan asuransi (jika terjadi banjir). √ Stabilisasi pendapatan/opsi risiko pasar lebih sedikit. √ Promosi perdagangan antar daerah untuk produk hasil ternak. √ Alat pendukung untuk membuat keputusan dan jaringan pembelajaran sosial. 	<ul style="list-style-type: none"> √ Dihalangi oleh kelembagaan dan komunikasi infrastruktur (tidak ada informasi iklim yang lebih baik). √ Kurangnya kapasitas untuk menafsirkan dan memanfaatkan model iklim untuk pencegahan penyakit. √ Kendala pasar dan kebijakan: kurangnya kekhususan. √ Pilihan kebijakan dan ukuran sistem yang tidak rasional. √ Program evaluasi genetik internasional terbatas pada sistem produksi dengan input tinggi. 	<ul style="list-style-type: none"> √ Manajemen budidaya hijauan tanaman pakan √ Pembelajaran digital untuk peternak melalui media sosial √ Teknis mengakses subsidi dan asuransi peternakan √ Teknis irigasi cerdas (<i>smart irrigation</i>) untuk tanaman pakan

3	<p>Transformasional</p> <p><i>Transisi sistem pertanian:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Migrasi ke tempat yang lebih tinggi, perpindahan lokasi karena sumber alternatif pendapatan, perubahan dalam waktu migrasi, meninggalkan pastoralisme sepenuhnya (sistem pastoral di Afrika). <input type="checkbox"/> Relokasi geografis dari fasilitas ternak yang terbatas <input type="checkbox"/> Penjualan ternak <p><i>Diversifikasi:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Pilihan mata pencaharian dan pendapatan di luar pertanian. <input type="checkbox"/> Campuran ternak, penggembalaan multi-spesies ternak. <p><i>Intensifikasi produksi:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Peningkatan dalam sistem industri. 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mekanisme kelembagaan masih ditegakkan dengan lemah (di negara berkembang) <input type="checkbox"/> Tenaga kerja, sumber daya moneter dan hubungan sosial. <input type="checkbox"/> Perencanaan suksesi keluarga-pertanian (di Kanada) 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Teknis pengolahan hasil ternak <input type="checkbox"/> Manajemen pemasaran ternak dan produk olahan hasil ternak
---	--	---	---

Opsi Respon Adaptif Sektor Peternakan terhadap Dampak Pemanasan Global

Mengikuti konsep adaptasi Kates dkk. (2012) dan klasifikasi pilihan adaptasi untuk ternak yang diusulkan Herrero dkk. (2015), respon adaptif secara eksplisit telah dilaporkan dalam publikasi yang ditinjau. Daftar ringkasan respon adaptif disajikan pada Tabel 2. Adaptasi bertahap melalui perbaikan secara teknis dan manajemen adalah respon adaptif yang paling umum, terutama pada skala lokal dalam studi kasus di negara berkembang (Punsalma dkk., 2015; Wako dkk., 2017). Beberapa penelitian fokus pada tingkat yang lebih rendah pada pilihan adaptasi sistemik seperti mengubah komponen sistem pertanian, perubahan kelembagaan dan kebijakan (Descheemaeker dkk., 2016; Mu, J.E dkk., 2015), dan melibatkan dinamika sosial-ekonomi dalam sistem peternakan (misalnya, (Maiti dkk., 2014; Mirza, 2003). Transformasi tidak hanya pada sistem produksi tetapi mata pencaharian peternak telah berkembang sebagai pilihan adaptasi lain dalam sistem peternakan. Beberapa contoh termasuk pergeseran dalam pilihan jenis ternak yang lain, atau penggantian ternak, spesies ternak lain, dan perpindahan dari budidaya tanaman ke budidaya ternak dalam merespon perubahan curah hujan dan kejadian kekeringan yang lebih sering (misalnya, (Prasad dan Sejian, 2015; Derner dkk., 2017). Informasi lebih lanjut untuk adaptasi transformasional tersebut dari tinjauan pustaka masih terbatas.

PENUTUP

Simpulan

Dampak utama pemanasan global pada sektor peternakan, yakni: (1) hampir semua area terdampak (sembilan dari sebelas) yang diperiksa memiliki efek lebih lanjut pada aspek ekonomi dari produksi ternak; (2) cekaman panas berdampak langsung pada ternak melalui aspek-aspek seperti produksi, reproduksi, jumlah ternak, kejadian penyakit, dan kualitas produk; (3) aspek produksi dan jumlah ternak sangat dipengaruhi oleh efek tidak langsung dari cekaman panas, penyakit, reproduksi, produksi, dan pakan; serta (4) domain dampak lainnya

saling berhubungan atau terkait satu sama lain, seperti sumber daya air dan lahan terhadap keanekaragaman hayati, dan dampak ekonomi terhadap ketahanan pangan.

Terdapat lima aspek produksi ternak yang dilaporkan paling terpengaruh oleh pemanasan global, yaitu: pakan, penyakit hewan, ekonomi, produksi, dan ketersediaan air dan lahan untuk ternak. Dampak perubahan iklim terhadap pakan ternak umumnya dikaitkan dalam hal kuantitas dan kualitas pakan yang buruk karena peningkatan suhu dan kekeringan sehingga ternak tidak dapat memenuhi kebutuhan energi untuk mempertahankan berat badannya. Penyakit ternak sangat dipengaruhi oleh perubahan iklim. Dampak tersebut sebagian besar berupa bentuk keparahan dan distribusi penyakit hewan karena paparan suhu dan kelembaban yang meningkat serta variasi suhu dan curah hujan. Dampak perubahan iklim terhadap ekonomi muncul akibat performa ternak yang lebih buruk, yang terkait dengan dampak pada aspek produksi lainnya, seperti pakan dan kesehatan ternak. Misalnya, pada sistem penggembalaan / pastoral, kerugian ekonomi dikaitkan dengan performa ternak yang buruk karena kelangkaan pakan yang disebabkan oleh kekeringan. Dampak perubahan iklim terhadap produksi ternak ditinjau dari parameter performa ternak seperti penambahan bobot badan harian, efisiensi konversi pakan, dan produksi susu dan kualitas hasil ternak lainnya. Stres akibat panas dan kelembaban mengubah fisiologi ternak, membuat ternak lebih rentan terhadap penyakit dan stres. Variabilitas suhu mengakibatkan dampak nyata pada performa reproduksi ternak seperti penurunan kesuburan, tingkat konsepsi, dan daya hidup. Sumber daya air dan lahan merupakan input kunci dalam sistem produksi ternak, terutama dalam produksi tanaman pakan. Perubahan iklim mempengaruhi ketersediaan, kelangkaan dan penipisan air sehingga mengurangi produktivitas ternak.

Ada tiga opsi respon adaptasi yang bisa dikelompokkan dan telah ditawarkan oleh para peneliti, yakni opsi inkremental, sistemik dan transformasional. Opsi inkremental terdiri dari peningkatan kualitas dan kuantitas pakan ternak, efisiensi penggunaan air dan lahan, pengurangan stres ternak akibat panas, dan

perbaikan manajemen produksi ternak. Opsi sistemik terdiri dari modernisasi operasi peternakan, mengubah komponen sistem pertanian, serta perubahan kelembagaan dan kebijakan. Opsi transformasional terdiri dari transisi sistem pertanian, diversifikasi dan intensifikasi produksi ternak.

Saran

Sistem produksi ternak yang diintegrasikan dengan sistem pertanian tanaman pangan atau disebut sebagai sistem pertanian terpadu tanaman-ternak adalah opsi adaptasi terhadap perubahan iklim global yang telah mengakar kuat dan telah diaplikasikan pada kehidupan petani Indonesia. Pemilihan jenis ternak lokal untuk dibudidayakan merupakan opsi adaptasi terhadap perubahan iklim global karena ternak lokal lebih bisa beradaptasi terhadap lingkungan termasuk tahan terhadap cekaman panas dan kondisi pakan yang buruk.

Tema dan kurikulum pelatihan-pelatihan di sektor peternakan bagi para *stakeholder* di masa depan direkomendasikan terkait 5 aspek produksi ternak paling terpengaruh oleh pemanasan global. Selain itu, juga direkomendasikan dikaitkan dengan 3 opsi respon adaptasi sektor peternakan terhadap pemanasan global, yakni opsi inkremental, sistemik dan transformasional.

Pemerintah melalui Kementerian Pertanian diharapkan dapat menyelenggarakan pelatihan-pelatihan sektor peternakan dalam rangka untuk dapat beradaptasi terhadap pemanasan global. Adapun tema-tema pelatihan tersebut diantaranya: manajemen padang rumput, manajemen budidaya ruminansia besar/kecil di kandang komunal, teknis mengurangi cekaman panas pada ternak, manajemen kesehatan hewan, manajemen reproduksi ternak, manajemen budidaya hijauan tanaman pakan, pembelajaran digital untuk peternak melalui media sosial, teknis mengakses subsidi dan asuransi peternakan, teknis irigasi cerdas (*smart irrigation*) untuk tanaman pakan, teknis pengolahan hasil ternak, dan manajemen pemasaran ternak dan produk olahan hasil ternak.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, F.A.; Al-Amin, A.Q.; Alam, G.M.; Hassan, C.H. 2012. Climate change concern to cattle feed in Bangladesh. *J. Anim. Vet. Adv.* 11, 1946–1953.

Ai-Amin, A.Q.; Alam, G.M. 2011. The impacts of climate change on animal health and economy: A way forward for policy option. *Asian J. Anim. Vet. Adv.* 6, 1061–1068.

Bett, B.K.; Gachohi, J.; Sindato, C.; Mbotha, D.; Robinson, T.; Lindahl, J.; Grace, D. 2017. Effects of climate change on the occurrence and distribution of livestock diseases. *Prev. Vet. Med.* 137, 119–129.

Craine, J.M.; Andrew, J.; Olson, K.C.; Tolleson, D. 2010.

Climate change and cattle nutritional stress. *Glob. Chang. Biol.* 16, 2901–2911.

- Cruft, S., & Karmaoui, A. 2023. Global Warming: A Reassessment of the Origin of the Problem, and an Effective Human-Scale Solution. In *Intelligent Solutions for Optimizing Agriculture and Tackling Climate Change: Current and Future Dimensions* (pp. 193-208). IGI Global.
- Delgado, C.L. 2003. Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution. *J. Nutr.* 133, 3907s–3910s.
- Derner, J.B.; Briske, D.; Reeves, M.; Brown-Brandl, T.; Meehan, M.; Blumenthal, D.; Travis, W.; Augustine, D.; Wilmer, H.; Scasta, D.; dkk. 2011). Vulnerability of grazing and confined livestock in the Northern Great Plains to projected mid- and late-twenty-first century climate. *Clim. Chang.* 1–14.
- Descheemaeker, K.; Oosting, S.J.; Homann-Kee Tui, S.; Masikati, P.; Falconnier, G.N.; Giller, K.E. 2016. Climate change adaptation and mitigation in smallholder crop–livestock systems in Sub-Saharan Africa: A call for integrated impact assessments. *Reg. Environ. Chang.* 16, 2331–2343.
- FAO. 2016. Food and Agriculture: Key to Achieving the 2030 Agenda for Sustainable Development. The Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Available online: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/d569c955-8237-42bf-813e-5adf0c4241b9/> (accessed on 10 September 2021).
- FAO. 2015. The Impacts of Disasters on Agriculture and Food Security. The Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Available online: <http://www.fao.org/3/a-i5128e.pdf> (accessed on 4 September 2021).
- Forman, S.; Hungerford, N.; Yamakawa, M.; Yanase, T.; Tsai, H.J.; Joo, Y.S.; Yang, D.K.; Nha, J.J. 2008. Climate change impacts and risks for animal health in Asia. *Rev. Sci. Tech.-Off. Epizoot.* 27, 581–597.
- Gandini, G.C.; Villa, E. 2003. Analysis of the cultural value of local livestock breeds: A methodology. *J. Anim. Breed. Genet.* 120, 1–11.
- Gaughan, J.; Cawdell-Smith, A.J. 2015. Impact of climate change on livestock production and reproduction. In *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*; Springer: New Delhi, Indian, pp. 51–60.
- Gethings, O.J.; Rose, H.; Mitchell, S.; Van Dijk, J.; Morgan, E.R. 2015. Asynchrony in host and parasite phenology may decrease disease risk in livestock under climate warming: *Nematodirus battus* in lambs as a case study. *Parasitology*, 142, 1306–1317.

- Ghahramani, A.M.; Moore, A.D. 2013. Climate change and Broadacre livestock production across Southern Australia. 2. Adaptation options via grassland management. *Crop Pasture Sci.* 64, 615–630.
- Gilbert, M.; Slingenbergh, J.; Xiao, X. 2008. Climate change and avian influenza. *OIE Rev. Sci. Tech.* 27, 459–466.
- Giridhar, K.; Samireddypalle, A. 2015. Impact of climate change on forage availability for livestock. In *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*; Springer: Berlin, Germany, pp. 97–112.
- Halimani, T.E.; Muchadeyi, F.C.; Chimonyo, M.; Dzama, K. 2012. Opportunities for conservation and utilisation of local pig breeds in low-input production systems in Zimbabwe and South Africa. *Trop. Anim. Health Prod.* 45, 81–90.
- Hansen, P.J. 2011. Heat stress and climate change. In *Comprehensive Biotechnology*, 2nd ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands; Volume 4, pp. 477–485.
- Herrero, M.; Addison, J.; Bedelian, C.; Carabine, E.; Havlik, P.; Henderson, B.; Van De Steeg, J.; Thornton, P.K. 2016. Climate change and pastoralism: Impacts, consequences and adaptation. *OIE Rev. Sci. Tech.*, 35, 417–433.
- Herrero, M.; Thornton, P.K. 2013. Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 110, 20878–20881.
- Herrero, M.; Wirsenius, S.; Henderson, B.; Rigolot, C.; Thornton, P.K.; Havlik, P.; De Boer, I.; Gerber, P.J. 2015. Livestock and the environment: What have we learned in the past decade? *Annu. Rev. Environ. Resour.* 40, 177–202.
- Horsley, T.; Dingwall, O.; Tetzlaff, J.M.; Sampson, M. 2009. Checking reference lists to find additional studies for systematic reviews. *Cochrane Database Syst. Rev.*
- Hristov, A.N.; Degaetano, A.T.; Rotz, C.A.; Hoberg, E.; Skinner, R.H.; Felix, T.; Li, H.; Patterson, P.H.; Roth, G.; Hall, M.; dkk. 2017. Climate change effects on livestock in the northeast us and strategies for adaptation. *Clim. Chang.* 1–13.
- Huho, J.M.N.; Ngaira, J.K.W. 2011. Pastoralism and the changing climate in the arid Northern Kenya. In *Livestock: Rearing, Farming Practices and Diseases*; Nova Science Publishers, Inc.: Hauppauge, NY, USA, pp. 1–16.
- Inglezakis, V. J. 2016. Extraterrestrial environment. In *Environment and Development* (pp. 453-498). Elsevier.
- Joshi, S.J.; Jasra, W.A.; Ismail, M.; Shrestha, R.M.; Yi, S.L.; Wu, N. 2013. Herders' perceptions of and responses to climate change in Northern Pakistan. *Environ. Manag.* 52, 639–648.
- Kadzere, C.T.; Murphy, M.R.; Silanikove, N.; Maltz, E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.* 77, 59–91.
- Kantanen, J.; Løvendahl, P.; Strandberg, E.; Eythorsdottir, E.; Li, M.-H.; Kettunen-Præbel, A.; Berg, P.; Meuwissen, T. 2015. Utilization of farm animal genetic resources in a changing agro-ecological environment in the Nordic countries. *Front. Genet.* 6, 52.
- Kates, R.W.; Travis, W.R.; Wilbanks, T.J. 2012. Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 109, 7156–7161.
- Kuczynski, T.; Blanes-Vidal, V.; Li, B.; Gates, R.S.; de Alencar Nääs, I.; Moura, D.J.; Berckmans, D.; Banhazi, T.M. 2011. Impact of global climate change on the health, welfare and productivity of intensively housed livestock. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 4.
- Leister, A.M.; Paarlberg, P.L.; Lee, J.G. 2015. Dynamic effects of drought on U.S. Crop and livestock sectors. *J. Agric. Appl. Econ.* 47, 261–284.
- Liu, Z.; Ezernieks, V.; Wang, J.; Arachchilage, N.W.; Garner, J.B.; Wales, W.J.; Cocks, B.G.; Rochfort, S. 2017. Heat stress in dairy cattle alters lipid composition of milk. *Sci. Rep.*, 7, 961.
- Lunt, I.D.; Jansen, A.; Binns, D.L. 2012. Effects of flood timing and livestock grazing on exotic annual plants in riverine floodplains. *J. Appl. Ecol.*, 49, 1131–1139.
- Maiti, S.J.; Jha, S.K.; Garai, S.; Nag, A.; Chakravarty, R.; Kadian, K.S.; Chandel, B.S.; Datta, K.K.; Upadhyay, R.C. 2014. Adapting to climate change: Traditional coping mechanism followed by the Brokpa pastoral nomads of Arunachal Pradesh, India. *Indian J. Tradit. Knowl.*, 13, 752–761.
- Martin, R.; Muller, B.; Linstädter, A.; Frank, K. 2014. How much climate change can pastoral livelihoods tolerate? Modelling rangeland use and evaluating risk. *Glob. Environ. Chang.*, 24, 183–192.
- Martinsohn, M.; Hansen, H. 2012. The impact of climate change on the economics of dairy farming—A review and evaluation. *German J. Agric. Econ.*, 61, 80–95.
- McKeon, G.M.; Stone, G. S.; Syktus, J.I.; Carter, J.O.; Flood, N.R.; Ahrens, D.G.; Bruget, D.N.; Chilcott, C.R.; Cobon, D.H.; Cowley, R.A.; dkk. 2009. Climate change impacts on Northern Australian rangeland livestock carrying capacity: A review of issues. *Rangel. J.*, 31, 1–29.
- Mirza, M.M. 2003. Climate change and extreme weather

- events: Can developing countries adapt? *Clim. Policy*, 3, 233–248.
- Morignat, E.; Perrin, J.B.; Gay, E.; Vinard, J.L.; Calavas, D.; Hénaux, V. Assessment of the impact of the 2003 and 2006 heat waves on cattle mortality in France. *PLoS ONE* 2014, 9, e93176.
- Mu, J.E.; Bruce, A.; Wein, A.M. 2013. Adaptation to climate change: Changes in farmland use and stocking rate in the U.S. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.*, 18, 713–730.
- Mulrow, C.D. 1994. Rationale for systematic reviews. *BMJ Br. Med. J.*, 309, 597.
- Nardone, A.R.; Ronchi, B.; Lacetera, N.; Ranieri, M.S.; Bernabucci, U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livest. Sci.*, 130, 57–69.
- Oyekale, A.S. 2014. Impacts of climate change on livestock husbandry and adaptation options in the arid Sahel belt of West Africa: Evidence from a baseline survey. *Asian J. Anim. Vet. Adv.*, 9, 13–26.
- Özkan, Ş.; Vitali, A.; Lacetera, N.; Amon, B.; Bannink, A.; Bartley, D.J.; Blanco-Penedo, I.; de Haas, Y.; Dufresne, I.; Elliott, J.; dkk. 2016. Challenges and priorities for modelling livestock health and pathogens in the context of climate change. *Environ. Res.*, 151, 130–144.
- Pica-Ciamarra, U.; Baker, D.; Morgan, N.; Zezza, A.; Azzarri, C.; Ly, C.; Nsiima, L.; Nouala, S.; Okello, P.; Sserugga, J. 2014. *Investing in the Livestock Sector: Why Good Numbers Matter, a Sourcebook for Decision Makers on How to Improve Livestock Data*; FAO: Rome, Italy.
- Polley, H.W.; Briske, D.D.; Morgan, J.A.; Wolter, K.; Bailey, D.W.; Brown, J.R. 2013. Climate change and north american rangelands: Trends, projections, and implications. *Rangel. Ecol. Manag.*, 66, 493–511.
- Porter, J.R.; Xie, L.; Challinor, A.J.; Cochrane, K.; Howden, S.M.; Iqbal, M.M.; Lobell, D.B.; Travasso, M.I. 2014. Food security and food production systems. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects*; IPCC AR5 WGI; Cambridge University Press: Cambridge, UK.; Chapter 7; pp. 485–533.
- Prasad, C.S.; Sejian, V. 2015. Climate change impact on livestock sector: Visioning 2025. In *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*; Springer: Berlin, Germany.; pp. 479–489.
- Punsalmaa, B.B.; Buyndalai, B.; Nyamsuren, B. 2013. Adaptation measures to climate change in the Mongolian livestock sector. In *Climate Adaptation Futures*; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA; pp. 279–283.
- Reichle, D. 2019. The global carbon cycle and climate change. *Elsevier*, 1, 388.
- Robinson, T.P.; Thornton, P.K.; Franceschini, G.; Kruska, R.; Chiozza, F.; Notenbaert, A.M.; Cecchi, G.; Herrero, M.; Epprecht, M.; Fritz, S. 2011. *Global Livestock Production Systems*; FAO: Rome, Italy; ILRI: Nairobi, Kenya.
- Robinson, T.P.; Wint, G.R.W.; Conchedda, G.; Van Boeckel, T.P.; Ercoli, V.; Palamara, E.; Cinardi, G.; D’Aietti, L.; Hay, S.I.; Gilbert, M. Mapping the global distribution of livestock. *PLoS ONE* 2014, 9, e96084.
- Rojas-Downing, M.M.; Nejadhashemi, A.P.; Harrigan, T.; Woznicki, S.A. 2017. Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Clim. Risk Manag.*, 16, 145–163.
- Rust, J.M.; Rust, T. 2013. Climate change and livestock production: A review with emphasis on Africa. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 43, 256–267.
- Salama, A.A.; Caja, G.; Hamzaoui, S.; Badaoui, B.; Castro-Costa, A.; Façanha, D.A.E.; Guilhermino, M.M.; Bozzi, R. 2014. Different levels of response to heat stress in dairy goats. *Small Rumin. Res.*, 121, 73–79.
- Sautier, M.M.; Martin-Clouaire, R.; Faivre, R.; Duru, M. 2013. Assessing climatic exposure of grassland-based livestock systems with seasonal-scale indicators. *Clim. Chang.*, 120, 341–355.
- Seo, S.N.; McCarl, B.A.; Mendelsohn, R. 2010. From beef cattle to sheep under global warming? An analysis of adaptation by livestock species choice in South America. *Ecol. Econ.*, 69, 2486–2494.
- Seo, S.N.; Mendelsohn, R.; Dinar, A.; Kurukulasuriya, P. 2009. Adapting to climate change mosaically: An analysis of African livestock management by agro-ecological zones. *BE J. Econ. Anal. Policy*, 9.
- Skuce, P.J.M.; Morgan, E.R.; van Dijk, J.; Mitchell, M. 2013. Animal health aspects of adaptation to climate change: Beating the heat and parasites in a warming Europe. *Anim. Int. J. Anim. Biosci.*, 7, 333–345.
- Steinfeld, H.; Wassenaar, T.; Jutzi, S. 2006. Livestock production systems in developing countries: Status, drivers, trends. *Rev. Sci. Technol.*, 25, 505–516.
- Tarawali, S.; Herrero, M.; Descheemaeker, K.; Grings, E.; Blümmel, M. 2011. Pathways for sustainable development of mixed crop livestock systems: Taking a livestock and pro-poor approach. *Livest. Sci.*, 139, 11–21.
- Thornton, P.K. 2010. Livestock production: Recent trends, future prospects. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, 365, 2853–2867.
- Thornton, P.K.; Gerber, P.J. 2010. Climate change and

the growth of the livestock sector in developing countries. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang.*, 15, 169–184.

Thornton, P.K.; Herrero, M. 2015. Adapting to climate change in the mixed crop and livestock farming systems in Sub-Saharan Africa. *Nat. Clim. Chang.*, 5, 830.

Thornton, P.K.; Herrero, M. 2014. Climate change adaptation in mixed crop -livestock systems in developing countries. *Glob. Food Secur.-Agric. Policy Econ. Environ.*, 3, 99–107.

Thornton, P.K.; van de Steeg, J.; Notenbaert, A.; Herrero, M. 2009. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: A review of what we know and what we need to know. *Agric. Syst.*, 101, 113–127.

Upton, M. 2004. The Role of Livestock in Economic Development and Poverty Reduction. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available online: <http://www.fao.org/docrep/015/i2744e/i2744e00.pdf> (accessed on 5 September 2021).

Van Dijk, J.S.; Sargison, N.D.; Kenyon, F.; Skuce, P.J. 2010. Climate change and infectious disease: Helminthological challenges to farmed ruminants in temperate regions. *Animal*, 4, 377–392.

Verschave, S.H.; Charlier, J.; Rose, H.; Claerebout, E.; Morgan, E.R. 2016. Cattle and nematodes under global change: Transmission models as an ally. *Trends Parasitol.*, 32, 724–738.

Wako, G.T.; Tadesse, M.; Angassa, A. 2017. Camel management as an adaptive strategy to climate change by pastoralists in Southern Ethiopia. *Ecol. Process.*, 6.

Weindl, I.; Hermann, L.C.; Alexander, P.; Christoph, M.; Petr, H.; Mario, H.; Christoph, S.; Susanne, R. 2015. Livestock in a changing climate: Production system transitions as an adaptation strategy for agriculture. *Environ. Res. Lett.*, 10, 094021.

West, J.W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 86, 2131–2144.

Wheeler, T.R.; Reynolds, C. 2013. Predicting the risks from climate change to forage and crop production for animal feed. *Anim. Front.*, 1, 36–41.

World Bank. 2015. Povcalnet: The On-Line Tool for Poverty Measurement. Development Research Group of the World Bank. Available online: <http://iresearch.worldbank.org/PovcalNet/index.htm?1> (accessed on 1 September 2021).