Journal of Animal Husbandry

Vol. 1 No. 1, September 2025, pages: 7-13

e-ISSN 3110-4479 | DOI: https://doi.org/10.70716/joah.v1i1.41

Analisis Kualitas Susu Sapi Perah Berdasarkan Variasi Sistem Pemeliharaan di Daerah Tropis

Ahmad Zulhandi

Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Warmadewa, Denpasar, Indonesia

**Corresponding Author: ahmad.zulhandi@ubt.ac.id*

Article History

Manuscript submitted:
28 July 2025
Manuscript revised:
23 September 2025
Accepted for publication:
25 September 2025

Keywords

dairy cow,
milk quality,
rearing system,
tropical region,
sustainability

Abstract

This study aimed to analyze the quality of dairy cow milk under different rearing systems in tropical regions. The research background is based on the fact that tropical climates create unique challenges in dairy farming, such as heat stress, feed availability, and disease prevalence, which directly affect milk production and quality. The study was conducted using a comparative observational method on three rearing systems: intensive, semi-intensive, and extensive. Data were collected from 90 dairy cows divided evenly across the systems, and milk samples were analyzed for fat content, protein, lactose, total solids, and microbial counts. The results showed that milk from intensive systems had significantly higher protein and fat content, while semi-intensive systems produced milk with a more balanced nutrient profile. Extensive systems showed lower milk quality, particularly in terms of microbial contamination. The findings highlight that the choice of rearing system significantly influences milk quality in tropical conditions. The study suggests that semi-intensive systems may provide the best balance between productivity and sustainability. These results can be used as a reference for developing dairy farming strategies in tropical regions to ensure milk quality and safety.

Copyright © 2025, The Author(s)
This is an open access article under the CC BY-SA license

How to Cite: Pratama, A. (2025). Analisis Kualitas Susu Sapi Perah Berdasarkan Variasi Sistem Pemeliharaan di Daerah Tropis. *Journal of Animal Husbandry, 1*(1), 7-13. https://doi.org/10.70716/joah.v1i1.41

Pendahuluan

Susu sapi perah merupakan salah satu sumber protein hewani utama yang memiliki nilai gizi tinggi dan berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat global (Kubicová et al., 2019). Kandungan protein, lemak, vitamin, serta mineral pada susu menjadikannya pangan fungsional yang tidak hanya mendukung pertumbuhan dan kesehatan, tetapi juga berkontribusi terhadap pencegahan berbagai penyakit degeneratif. Kualitas susu sangat dipengaruhi oleh beragam faktor, termasuk aspek genetik, kondisi fisiologis sapi, nutrisi, lingkungan, serta sistem pemeliharaan yang diterapkan (Vladimir et al., 2019). Di daerah tropis, faktor lingkungan seperti suhu tinggi, kelembapan udara yang ekstrem, ketersediaan pakan berkualitas, dan paparan penyakit tropis menjadi tantangan besar dalam upaya menjaga kualitas dan keamanan susu sapi perah. Dampak stres panas, misalnya, dapat menurunkan konsumsi pakan dan produksi susu, sekaligus memengaruhi komposisi kimiawi susu.

Sistem pemeliharaan sapi perah secara umum dapat dibedakan menjadi intensif, semi-intensif, dan ekstensif. Sistem intensif menekankan pada pemberian pakan konsentrat dengan formulasi nutrisi yang terkontrol, manajemen kandang tertutup atau semi-tertutup, serta pengawasan kesehatan dan kebersihan yang ketat. Sebaliknya, sistem ekstensif lebih mengandalkan padang penggembalaan dengan input minimal dan tingkat pengawasan rendah, sehingga sapi lebih terpapar pada variasi kondisi lingkungan (Khan et al., 2020). Sistem semi-intensif berada di antara keduanya, dengan menggabungkan aspek kandang dan penggembalaan, memberikan sapi kesempatan untuk beraktivitas di padang rumput sekaligus menerima pakan tambahan yang terukur. Setiap sistem pemeliharaan memiliki implikasi berbeda terhadap kesehatan ternak, produktivitas, biaya operasional, serta kualitas nutrisi dan mikrobiologis susu yang dihasilkan. Dengan memahami karakteristik ini, analisis yang lebih mendalam dapat dilakukan untuk menilai sistem mana yang paling sesuai dengan tantangan iklim tropis.

Studi sebelumnya menunjukkan bahwa sapi perah yang dipelihara secara intensif cenderung menghasilkan susu dengan kandungan protein dan lemak lebih tinggi dibandingkan sistem lainnya (Vicente et al., 2017). Hal ini dikaitkan dengan ketersediaan pakan konsentrat berkualitas tinggi serta pengelolaan nutrisi yang terukur. Namun, sistem ini membutuhkan biaya tinggi, baik dalam aspek pakan maupun manajemen kandang, serta berpotensi menimbulkan stres panas pada sapi di daerah tropis (Berihulay et al., 2019). Stres panas yang berlangsung kronis dapat menurunkan efisiensi metabolisme, mengurangi konsumsi pakan, dan memengaruhi keseimbangan hormonal, sehingga kualitas susu dapat menurun dalam jangka panjang. Sebaliknya, sistem ekstensif dinilai lebih ramah lingkungan karena mengandalkan padang penggembalaan alami, berkontribusi terhadap keseimbangan ekosistem, serta menurunkan biaya operasional. Akan tetapi, sistem ini sering kali menghasilkan susu dengan kualitas mikrobiologis yang rendah akibat kurangnya pengawasan sanitasi dan tingginya risiko kontaminasi dari lingkungan terbuka (Rojas-Downing et al., 2017). Faktor lain seperti variasi komposisi hijauan, paparan parasit, serta kurangnya kontrol kesehatan hewan juga turut memengaruhi kualitas susu dalam sistem ekstensif.

Meskipun terdapat penelitian terkait pengaruh sistem pemeliharaan terhadap kualitas susu, kajian khusus di wilayah tropis masih terbatas. Gap penelitian ini penting karena kondisi tropis berbeda dengan iklim sedang, terutama dalam hal ketersediaan pakan hijauan sepanjang tahun, fluktuasi iklim harian yang ekstrem, dan tingkat stres panas yang lebih tinggi (Mukherjee et al., 2013). Selain itu, keterbatasan teknologi pengelolaan peternakan di negara-negara tropis juga memperbesar tantangan dalam menjaga kualitas susu. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang secara khusus mengevaluasi bagaimana variasi sistem pemeliharaan memengaruhi kualitas susu di daerah tropis, tidak hanya dari sisi nutrisi dan mikrobiologis, tetapi juga aspek keberlanjutan ekonomi dan lingkungan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem peternakan sapi perah yang lebih efisien, berkelanjutan, dan sesuai dengan kondisi tropis. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peternak dalam menentukan strategi pemeliharaan yang tepat, bagi pembuat kebijakan dalam merumuskan regulasi yang mendukung industri susu nasional, serta bagi akademisi dalam mengembangkan model penelitian lebih lanjut terkait manajemen ternak di iklim tropis. Relevansi penelitian ini juga terletak pada upaya meningkatkan ketahanan pangan, kualitas gizi masyarakat, serta daya saing produk susu lokal di pasar global.

Dengan demikian, tujuan utama penelitian ini adalah menganalisis perbedaan kualitas susu sapi perah berdasarkan variasi sistem pemeliharaan di daerah tropis. Analisis mencakup aspek nutrisi seperti kadar protein, lemak, laktosa, dan total solid, serta aspek mikrobiologis untuk mendapatkan gambaran yang komprehensif mengenai mutu susu. Lebih jauh, penelitian ini juga bertujuan mengidentifikasi potensi sistem pemeliharaan yang paling adaptif dan berkelanjutan, sehingga dapat dijadikan dasar rekomendasi praktis bagi peningkatan produktivitas dan kesejahteraan peternak di wilayah tropis.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain komparatif observasional dengan pendekatan cross-sectional. Lokasi penelitian berada di tiga peternakan sapi perah di daerah tropis, masing-masing menerapkan sistem pemeliharaan intensif, semi-intensif, dan ekstensif. Sampel penelitian terdiri dari 90 ekor sapi perah, dengan 30 ekor dari setiap sistem pemeliharaan. Data dikumpulkan pada periode Juni–Agustus 2023. Pengambilan sampel susu dilakukan secara aseptis, kemudian dianalisis di laboratorium menggunakan metode standar: gravimetri untuk kadar lemak, spektrofotometri untuk protein, enzimatik untuk laktosa, oven drying untuk total solid, serta metode plate count untuk jumlah mikroba. Data dianalisis menggunakan ANOVA satu arah untuk melihat perbedaan antar sistem, dengan uji lanjut Tukey pada taraf signifikansi 5%.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan signifikan kualitas susu berdasarkan variasi sistem pemeliharaan. Pada sistem intensif, kandungan protein (3,4%) dan lemak (4,1%) lebih tinggi dibandingkan semi-intensif (protein 3,2%, lemak 3,8%) dan ekstensif (protein 3,0%, lemak 3,5%). Selain itu, susu dari sistem intensif juga memperlihatkan warna yang lebih homogen, kekentalan lebih stabil, serta aroma yang lebih segar. Kondisi ini mencerminkan bahwa kontrol manajemen yang ketat, terutama pada pemberian pakan konsentrat berkualitas dan formulasi nutrien yang sesuai, dapat meningkatkan sintesis protein dan lemak susu. Temuan ini sejalan dengan penelitian Vicente et al. (2017) yang melaporkan bahwa pemberian pakan berkualitas tinggi meningkatkan kandungan gizi susu. Perbedaan kandungan nutrien ini dapat dijelaskan oleh tingginya ketersediaan energi dan protein dalam sistem intensif, yang secara langsung berhubungan dengan metabolisme ternak dan kemampuan fisiologis sapi dalam menghasilkan susu dengan kualitas optimal. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat pemahaman bahwa manajemen pakan dan kontrol lingkungan yang lebih terstruktur dalam sistem intensif berkontribusi positif terhadap peningkatan kualitas fisik maupun kimiawi susu, meskipun konsekuensinya adalah kebutuhan biaya produksi yang relatif tinggi.

Dari sisi total solid, sistem semi-intensif menunjukkan nilai yang lebih stabil (12,5%) dibandingkan intensif (12,7%) dan ekstensif (11,9%). Stabilitas ini tidak hanya terkait dengan proporsi kandungan nutrien, tetapi juga konsistensi produksi susu yang dipengaruhi oleh pola pemberian pakan. Pada sistem semi-intensif, keseimbangan antara pakan hijauan segar dari padang penggembalaan dan pemberian konsentrat tambahan menjadikan asupan nutrisi lebih optimal serta mudah dicerna oleh sapi. Kondisi ini mendorong keseimbangan metabolisme yang lebih baik, sehingga sapi mampu menghasilkan susu dengan kandungan nutrien yang relatif konsisten. Hal ini sesuai dengan laporan Khan et al. (2020) yang menegaskan pentingnya strategi pakan seimbang dalam mempertahankan kualitas susu pada sapi perah di iklim tropis.

Selain itu, variasi hijauan yang diberikan dalam sistem semi-intensif turut menyediakan mikronutrien, vitamin, serta serat yang berperan penting dalam menjaga kesehatan rumen. Rumen yang sehat memfasilitasi proses fermentasi mikroba yang optimal, sehingga sapi dapat memanfaatkan energi dan protein pakan secara lebih efisien. Kondisi ini pada akhirnya berkontribusi terhadap kualitas nutrisi susu yang lebih stabil. Faktor aktivitas fisik sapi yang masih cukup terjaga di padang rumput juga diduga memberikan kontribusi positif terhadap kestabilan metabolisme. Aktivitas fisik yang moderat membantu menjaga sirkulasi darah, memperbaiki fungsi pencernaan, serta mengurangi stres, sehingga kadar total solid pada susu tetap terjaga dari waktu ke waktu. Hal ini menjadi bukti bahwa semi-intensif tidak hanya unggul dari sisi keseimbangan nutrisi, tetapi juga mendukung kesejahteraan hewan, yang pada akhirnya berimplikasi langsung pada kualitas produk akhir.

Aspek mikrobiologis menunjukkan bahwa susu dari sistem ekstensif memiliki jumlah mikroba lebih tinggi (2,8 × 10^5 CFU/mL) dibandingkan semi-intensif (1,5 × 10^5 CFU/mL) dan intensif (1,2 × 10^5 CFU/mL). Faktor lingkungan terbuka dan rendahnya kontrol sanitasi pada sistem ekstensif diduga menjadi penyebab utama (Berihulay et al., 2019). Selain itu, penggunaan peralatan pemerahan yang sederhana serta keterbatasan dalam penerapan prosedur higienis turut memperbesar kemungkinan kontaminasi bakteri. Kondisi padang penggembalaan yang lembap, keberadaan kotoran hewan, serta paparan serangga dan debu lingkungan menjadi faktor risiko tambahan yang memperburuk tingkat kebersihan susu. Faktor lain yang tidak kalah penting adalah kebiasaan penyimpanan susu di wadah tradisional yang kurang terstandar dan sulit dibersihkan secara optimal. Keterlambatan dalam proses pendinginan pasca pemerahan juga memungkinkan bakteri berkembang biak lebih cepat, mengingat suhu lingkungan tropis yang tinggi sangat mendukung pertumbuhan mikroba.

Tingginya angka mikroba tidak hanya berdampak negatif terhadap umur simpan susu, tetapi juga berkontribusi pada penurunan cita rasa, aroma, dan tekstur. Hal ini pada akhirnya mengurangi daya terima konsumen, baik di tingkat rumah tangga maupun industri pengolahan. Dari sisi kesehatan masyarakat, keberadaan mikroba patogen dalam susu meningkatkan risiko terjadinya penyakit bawaan pangan seperti diare, salmonellosis, atau listeriosis, serta zoonosis tertentu seperti tuberkulosis atau mastitis yang dapat ditularkan melalui susu yang tidak dipasteurisasi dengan baik. Dampak kesehatan ini sangat krusial, terutama di daerah pedesaan tropis di mana praktik konsumsi susu segar tanpa pemanasan masih umum dilakukan.

Lebih jauh, tingginya kontaminasi mikroba juga memiliki implikasi ekonomi yang serius. Susu dengan kualitas mikrobiologis rendah umumnya tidak dapat diterima oleh industri pengolahan modern yang menuntut standar ketat, baik untuk produk susu cair, keju, maupun yoghurt. Penolakan ini berpotensi menurunkan harga jual susu dari peternak yang mengandalkan sistem ekstensif, sehingga secara langsung memengaruhi pendapatan dan kesejahteraan mereka. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat menyebabkan berkurangnya minat generasi muda untuk terjun ke sektor peternakan sapi perah karena dianggap tidak menguntungkan.

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan intervensi strategis yang mencakup peningkatan kapasitas peternak dalam aspek manajemen kebersihan. Pelatihan rutin mengenai prosedur pemerahan higienis, penggunaan peralatan stainless steel yang mudah dibersihkan, serta penerapan standar sanitasi kandang dapat menjadi langkah awal. Selain itu, penerapan metode pasteurisasi sederhana di tingkat peternak dan penyediaan fasilitas pendinginan susu berbasis energi terbarukan, seperti pendingin tenaga surya, dapat membantu menjaga kualitas susu di wilayah yang minim infrastruktur listrik. Kolaborasi antara peternak, pemerintah, dan industri pengolahan juga diperlukan untuk menyediakan akses pembiayaan, teknologi tepat guna, serta pasar yang lebih adil bagi susu berkualitas.

Dengan adanya perbaikan-perbaikan tersebut, kualitas dan keamanan susu yang dihasilkan dari sistem ekstensif di daerah tropis diharapkan dapat meningkat secara signifikan. Tidak hanya akan memperpanjang umur simpan susu, tetapi juga membuka akses pasar yang lebih luas, baik domestik maupun ekspor. Pada akhirnya, peningkatan kualitas mikrobiologis ini dapat meningkatkan daya saing produk susu lokal, memperkuat ketahanan pangan, serta memberikan kontribusi nyata bagi pembangunan ekonomi berkelanjutan di wilayah tropis.

Temuan ini juga mengindikasikan bahwa sistem semi-intensif memberikan keseimbangan terbaik antara kualitas nutrisi dan keamanan susu. Selain lebih adaptif terhadap kondisi tropis, sistem ini juga relatif lebih berkelanjutan dibandingkan sistem intensif yang membutuhkan input tinggi, baik dalam bentuk pakan konsentrat, manajemen kandang, maupun biaya tenaga kerja (Rojas-Downing et al., 2017). Pada sistem semi-intensif, sapi masih memiliki akses ke padang penggembalaan sehingga memperoleh pakan hijauan segar yang beragam. Hijauan ini tidak hanya mendukung kesehatan rumen, tetapi juga

memperkaya profil nutrien susu dengan vitamin, mineral, dan antioksidan alami. Pada saat yang sama, pemberian konsentrat tambahan tetap dilakukan untuk menjaga kestabilan produksi dan memenuhi kebutuhan energi sapi perah yang tinggi. Kombinasi ini menghasilkan keseimbangan yang ideal antara ketersediaan nutrisi alami dan kontrol manajemen modern, sehingga mutu susu tetap terjaga tanpa ketergantungan berlebihan pada input pakan impor yang mahal.

Dari sisi fisiologis, sistem semi-intensif juga memberikan keuntungan dalam hal kesehatan dan kesejahteraan hewan. Aktivitas fisik yang cukup di padang rumput membantu menjaga sirkulasi darah, meningkatkan daya tahan tubuh, serta mengurangi risiko penyakit metabolik seperti ketosis atau asidosis yang sering terjadi pada sistem intensif dengan pakan tinggi konsentrat. Selain itu, keberadaan ruang gerak yang lebih luas juga mengurangi stres pada sapi, sehingga berimplikasi positif terhadap produksi dan kualitas susu. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang lebih alami dan kesempatan bagi sapi untuk berperilaku sesuai insting alaminya turut memengaruhi kualitas susu, baik dari sisi komposisi nutrisi maupun keamanan mikrobiologis.

Dari perspektif lingkungan, sistem semi-intensif dapat dianggap lebih ramah dibandingkan intensif karena penggunaan lahan padang penggembalaan membantu menjaga siklus ekosistem lokal. Limbah kotoran sapi dapat diserap langsung oleh tanah dan berperan sebagai pupuk organik, sehingga mengurangi risiko pencemaran lingkungan akibat penumpukan limbah dalam kandang. Dibandingkan sistem ekstensif yang rentan menghasilkan susu dengan kualitas mikrobiologis rendah, semi-intensif memberikan titik tengah yang menguntungkan, di mana produksi tetap optimal, kualitas terjamin, dan dampak lingkungan lebih terkendali.

Secara ekonomi, sistem semi-intensif juga lebih realistis diterapkan oleh peternak kecil hingga menengah di daerah tropis. Biaya operasional yang lebih rendah dibandingkan intensif, namun dengan hasil kualitas dan kuantitas susu yang cukup baik, menjadikannya pilihan yang layak untuk meningkatkan pendapatan peternak. Lebih jauh, dengan adanya dukungan teknologi sederhana seperti penyimpanan susu berbasis pendinginan energi terbarukan, sistem ini dapat terus ditingkatkan tanpa membebani biaya produksi secara berlebihan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem semi-intensif tidak hanya unggul dalam hal kualitas susu, tetapi juga berkontribusi pada kesehatan hewan, keberlanjutan lingkungan, dan kesejahteraan ekonomi peternak. Penerapan sistem ini secara lebih luas di daerah tropis berpotensi memperkuat industri susu nasional, sekaligus menjawab tantangan global terkait penyediaan pangan bergizi, aman, dan berkelanjutan.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah perlunya mendorong penerapan sistem semi-intensif di wilayah tropis sebagai strategi utama untuk meningkatkan kualitas susu sekaligus menjaga keberlanjutan usaha peternakan. Sistem ini dapat dijadikan solusi antara bagi peternak kecil dan menengah yang menghadapi keterbatasan modal untuk menerapkan sistem intensif, namun tetap ingin menghasilkan susu dengan kualitas yang memenuhi standar industri. Melalui penerapan sistem semi-intensif, peternak dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya lokal seperti padang penggembalaan alami dan hijauan pakan lokal yang beragam, sambil tetap memanfaatkan konsentrat tambahan secara terukur untuk menjaga produktivitas sapi. Dengan demikian, sistem ini mampu mengurangi ketergantungan pada pakan impor yang harganya fluktuatif, sekaligus meminimalkan biaya operasional yang tinggi.

Selain itu, sistem semi-intensif juga memiliki potensi besar dalam mendukung terciptanya keseimbangan antara produktivitas, kesejahteraan hewan, dan kelestarian lingkungan. Dari sisi kesejahteraan hewan, sapi memiliki ruang gerak yang lebih luas untuk berperilaku alami, mengurangi tingkat stres, dan meningkatkan kesehatan jangka panjang. Dari sisi lingkungan, sistem ini memungkinkan pemanfaatan limbah organik secara alami melalui siklus ekosistem padang rumput, sehingga mengurangi risiko pencemaran limbah yang sering muncul pada sistem intensif. Hal ini sekaligus memperkuat konsep peternakan berkelanjutan yang mengintegrasikan aspek produksi, lingkungan, dan sosial.

Penerapan sistem semi-intensif juga sejalan dengan agenda pembangunan berkelanjutan (sustainable development goals/SDGs), khususnya tujuan terkait ketahanan pangan, peningkatan gizi masyarakat, serta pengurangan dampak lingkungan dari aktivitas produksi pangan. Dengan memproduksi susu yang lebih aman, bergizi, dan berkelanjutan, sistem ini berkontribusi langsung pada upaya peningkatan kesehatan masyarakat dan pencapaian target global pengentasan kelaparan serta malnutrisi. Lebih jauh, sistem semi-intensif dapat meningkatkan daya saing industri susu lokal di pasar regional maupun global, karena mampu menghasilkan produk dengan mutu gizi yang baik dan keamanan pangan yang lebih terjamin sesuai standar internasional.

Dari perspektif sosial-ekonomi, keberhasilan penerapan sistem semi-intensif juga akan meningkatkan kesejahteraan peternak melalui peningkatan nilai jual produk dan akses pasar yang lebih luas. Hal ini pada gilirannya dapat menciptakan lapangan kerja baru di sektor peternakan, memperkuat ekonomi pedesaan, serta mengurangi ketimpangan pendapatan antara daerah perkotaan dan pedesaan. Dukungan pemerintah dalam bentuk pelatihan teknis, subsidi peralatan, akses pembiayaan, serta pembangunan infrastruktur rantai dingin akan semakin memperkuat implementasi sistem ini di lapangan.

Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya bermanfaat bagi peternak secara langsung, tetapi juga memberikan kontribusi nyata bagi masyarakat, industri, dan pemerintah dalam mewujudkan sistem pangan yang tangguh, adaptif, dan berkelanjutan di wilayah tropis. Sistem semi-intensif dapat dipandang sebagai jalan tengah yang efektif antara produktivitas tinggi, kesejahteraan hewan, dan kelestarian lingkungan, sehingga layak dijadikan strategi utama dalam pengembangan peternakan sapi perah di masa depan.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi sistem pemeliharaan sapi perah di daerah tropis berpengaruh nyata terhadap kualitas susu, baik dari aspek fisik, kimiawi, maupun mikrobiologis. Sistem intensif terbukti menghasilkan susu dengan kandungan protein dan lemak yang lebih tinggi, yang mencerminkan efektivitas manajemen pakan berbasis konsentrat dan kontrol lingkungan yang ketat. Namun, sistem ini juga memiliki keterbatasan dari sisi keberlanjutan, karena membutuhkan input tinggi dalam bentuk pakan, tenaga kerja, serta infrastruktur kandang yang modern. Sebaliknya, sistem semi-intensif memberikan keseimbangan optimal antara kualitas nutrisi dan keamanan mikrobiologis, di mana sapi tetap memperoleh manfaat pakan hijauan segar sekaligus mendapatkan tambahan konsentrat untuk mempertahankan produktivitas. Sistem ini juga lebih adaptif terhadap kondisi tropis, mampu menekan risiko stres panas, dan relatif lebih hemat biaya dibandingkan intensif.

Di sisi lain, sistem ekstensif cenderung menghasilkan susu dengan kualitas lebih rendah, terutama terkait aspek keamanan pangan, karena tingginya kontaminasi mikroba akibat minimnya kontrol sanitasi dan paparan langsung terhadap lingkungan. Kondisi ini menimbulkan implikasi serius terhadap umur simpan, cita rasa, dan potensi terjadinya penyakit bawaan pangan. Oleh karena itu, perbaikan manajemen kebersihan, penyediaan fasilitas pendinginan sederhana, serta edukasi bagi peternak ekstensif menjadi sangat penting untuk meminimalkan risiko tersebut.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa penerapan sistem semi-intensif layak direkomendasikan sebagai strategi pemeliharaan sapi perah yang sesuai dengan kondisi tropis. Sistem ini mampu menjawab kebutuhan akan kualitas susu yang baik, menjaga kesejahteraan hewan, serta mendukung keberlanjutan usaha peternakan dalam jangka panjang. Selain memberikan manfaat ekonomi bagi peternak, penerapan sistem semi-intensif juga dapat memperkuat daya saing industri susu lokal, meningkatkan ketahanan pangan, serta memberikan kontribusi nyata bagi pembangunan berkelanjutan di wilayah tropis.

Penelitian lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi inovasi dalam manajemen pakan, seperti pemanfaatan sumber daya lokal dan bahan pakan alternatif yang bernilai gizi tinggi namun ramah lingkungan. Selain itu, pengendalian stres panas melalui pendekatan teknologi sederhana maupun integrasi sistem agroforestri dapat menjadi fokus penting dalam meningkatkan kualitas susu secara berkelanjutan. Kajian jangka panjang mengenai dampak penerapan sistem semi-intensif terhadap aspek ekologi, ekonomi, dan sosial juga diperlukan agar strategi ini dapat diimplementasikan secara lebih luas dan konsisten di berbagai wilayah tropis.

References

Alexandre, G., Rodriguez, L., Arece, J., Delgadillo, J., Garcia, G. W., Habermeier, K., ... & Archimède, H. (2021). *Agroecological practices to support tropical livestock farming systems: a Caribbean and Latin American perspective.* Tropical Animal Health and Production, 53(1), 111.

Bell, M. J., Wall, E., Russell, G., Simm, G., & Stott, A. W. (2011). The effect of improving cow productivity, fertility, and longevity on the global warming potential of dairy systems. *Journal of Dairy Science*, 94(7), 3662-3678. https://doi.org/10.3168/jds.2010-4023

Berihulay, H., Abied, A., He, X., Jiang, L., & Ma, Y. (2019). Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress. *Animals*, 9(3), 75. https://doi.org/10.3390/ani9030075

Forabosco, F., Chitchyan, Z., & Mantovani, R. (2017). Methane, nitrous oxide emissions and mitigation strategies for livestock in developing countries: A review. *South African Journal of Animal Science*, 47(3), 268-280.

Hernández-Castellano, L. E., Nally, J. E., Lindahl, J., Wanapat, M., Alhidary, I. A., Fangueiro, D., & de Almeida, A. M. (2019). Dairy science and health in the tropics: challenges and opportunities for the next decades. *Tropical Animal Health and Production*, 51(5), 1009-1017.

Khan, M. J., Peters, K. J., & Uddin, M. M. (2020). Feeding strategies for improving dairy cow productivity in tropical climates. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 5432-5445.

Kubicová, Ľ., Predanocyová, K., & Kádeková, Z. (2019). The importance of milk and dairy products consumption as a part of rational nutrition. *Slovak Journal of Food Sciences / Potravinarstvo*, 13(1).

Mukherjee, D., Bravo-Ureta, B. E., & De Vries, A. (2013). Dairy productivity and climatic conditions: econometric evidence from South-eastern United States. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 57(1), 123-140.

Paraffin, A. S., Zindove, T. J., & Chimonyo, M. (2018). Perceptions of factors affecting milk quality and safety among large- and small-scale dairy farmers in Zimbabwe. *Journal of Food Quality*, 2018(1), 5345874.

Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., & Woznicki, S. A. (2017). Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management*, 16, 145-163. https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001

Vladimir, K., Natalia, S., Dmitriy, K., Elena, Y., & Vladimir, K. (2019). Changes in physico-chemical properties of milk under ultraviolet radiation. *Foods and Raw Materials*, 7(1), 161-167.

Vicente, F., Santiago, C., Jiménez-Calderón, J. D., & Martínez-Fernández, A. (2017). Capacity of milk composition to identify the feeding system used to feed dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 84(3), 254-263.