

Korelasi Kalsium Darah dan Kalsium Susu pada Sapi Perah Laktasi Awal: Literatur Review

Adji Muhammad Dafa^{1*}, Raafi Akbar Hadiputra¹, Abiyyu Hassan Ismail¹, Liana Putri¹, Ulfa Nurrofingah¹, Ainun Nafisah¹

^a *Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia*

djim62@gmail.com*

Abstrak

Kalsium memegang peran penting dalam menjaga fungsi fisiologis sapi perah pada awal laktasi ketika kebutuhan mineral meningkat tajam untuk pembentukan kolostrum dan produksi susu. Ketidakseimbangan kalsium pada fase ini sering menyebabkan hipokalsemia yang berdampak pada kesehatan dan performa produksi. Kajian literatur menunjukkan bahwa kadar kalsium darah memiliki hubungan yang erat dengan kadar kalsium susu, dimana perubahan konsentrasi kalsium darah cenderung diikuti oleh perubahan kalsium yang diekskresikan ke dalam susu. Penelitian sebelumnya melaporkan nilai korelasi yang tinggi, yaitu 0,905, yang menggambarkan hubungan positif yang kuat antara kedua parameter tersebut. Mekanisme fisiologis seperti regulasi hormon PTH, vitamin D, dan mobilisasi tulang berperan besar dalam menjaga keseimbangan kalsium tubuh selama masa laktasi awal. Pemantauan kalsium darah dan susu dapat dijadikan indikator penting untuk menilai status metabolik sapi perah dan membantu menentukan strategi suplementasi mineral yang tepat pada periode transisi.

Kata kunci: kalsium darah, kalsium susu, sapi perah, laktasi awal, hipokalsemia

Abstract

Calcium plays a crucial role in maintaining physiological functions in dairy cows during early lactation, a period marked by a sharp increase in mineral demand for colostrum formation and milk production. Imbalances in calcium supply during this phase frequently lead to hypocalcemia, affecting health and milk yield. A review of recent literature indicates a strong association between blood calcium concentration and milk calcium levels, where fluctuations in blood calcium tend to correspond with changes in calcium secreted into milk. Previous studies reported a high positive correlation, with a value of 0.905, demonstrating a close relationship between these two variables. Physiological mechanisms involving parathyroid hormone, vitamin D, and bone mobilization play major roles in regulating calcium homeostasis during this critical period. Monitoring both blood and milk calcium serves as an important indicator of metabolic status and supports the development of effective mineral supplementation strategies for transition dairy cows.

Keywords: *blood calcium, milk calcium, dairy cows, early lactation, hypocalcemia*

Pendahuluan

Masa laktasi awal pada sapi perah memicu peningkatan kebutuhan kalsium yang tinggi akibat dimulainya produksi kolostrum dan susu. Perubahan fisiologis dan metabolik yang terjadi pada fase ini dapat menyebabkan penurunan kadar kalsium darah yang cukup drastis. Hipokalsemia menjadi gangguan metabolik yang paling sering muncul dan berhubungan langsung dengan meningkatnya alokasi kalsium untuk sintesis susu (Neves *et al.*, 2018). Homeostasis kalsium sangat bergantung pada kerja hormon paratiroid, vitamin D aktif, serta magnesium sebagai kofaktor penting dalam aktivasi enzim. Defisiensi magnesium berpotensi memperburuk hipokalsemia karena menghambat pelepasan PTH dan aktivasi vitamin D (Rodney *et al.*, 2018). Ketidakseimbangan kalsium pada periode transisi dapat meningkatkan risiko penyakit metabolik lain seperti ketosis, displaced abomasum, dan metritis. Pemahaman kondisi ini menjadi dasar penting untuk menilai hubungan antara kalsium darah dan kalsium susu pada sapi perah laktasi awal (Constable *et al.*, 2019).

Kalsium merupakan mineral utama yang disekresikan dalam jumlah besar ke dalam susu dan memberikan tekanan besar terhadap regulasi kalsium maternal. Proses transportasi kalsium dari darah menuju alveolus berlangsung melalui mekanisme transselular yang melibatkan berbagai protein transporter seperti ORAI1 dan PMCA2 yang berperan dalam pengeluaran kalsium ke dalam lumen susu (Wilkens *et al.*, 2020). Sumber kalsium untuk produksi susu berasal dari absorpsi pencernaan dan mobilisasi tulang, dengan mobilisasi tulang menjadi penopang utama pada awal laktasi. Kelenjar ambing menghasilkan PTHrP yang merangsang osteoklas untuk melepaskan kalsium ke sirkulasi, sehingga ambing berfungsi sebagai kelenjar paratiroid tambahan (Hernandez *et al.*, 2017). Aktivitas CaSR dan serotonin pada sel epitel ambing ikut mengatur produksi PTHrP dan menjaga keseimbangan antara kebutuhan susu dan homeostasis maternal (Connelly *et al.*, 2021). Kompleksitas mekanisme ini menunjukkan adanya keterkaitan fisiologis antara kadar kalsium darah dan kalsium susu. Penilaian hubungan tersebut diperlukan untuk memahami respons metabolik sapi perah pada fase laktasi awal.

Pengukuran kadar kalsium darah dan kalsium susu menjadi langkah penting untuk mengevaluasi dinamika metabolisme kalsium pada masa transisi. Pengukuran kalsium darah dapat dilakukan melalui analisis total kalsium maupun kalsium terionisasi, dengan kalsium terionisasi sebagai indikator yang lebih representatif terhadap fungsi fisiologis (Leno *et al.*, 2017). Teknologi *point-of-care* seperti i-STAT telah menunjukkan akurasi baik dibandingkan metode laboratorium dan memudahkan deteksi cepat hipokalsemia di lapangan (Neves *et al.*, 2018). Analisis kalsium susu umumnya dilakukan dengan *atomic absorption spectrometry* setelah proses destruksi sampel untuk melepaskan kalsium dari protein susu. Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada pengukuran parsial tanpa menilai dinamika kalsium secara menyeluruh, sehingga informasi mengenai hubungan antara kalsium darah dan kalsium susu masih terbatas (Caixeta dan Omontese, 2021). Kekurangan data ini menegaskan perlunya penelitian yang mengkaji korelasi kedua parameter tersebut pada sapi perah laktasi awal. Hasil penelitian semacam ini diharapkan dapat mendukung strategi pencegahan hipokalsemia yang lebih tepat dan sesuai kondisi metabolik ternak (Cao *et al.*, 2025).

Metode Penelitian

Metode Penulisan ini menggunakan studi literatur sistematis untuk menganalisis hubungan antara kadar kalsium darah dan kalsium susu pada sapi perah laktasi awal (0–30 hari postpartum). Literatur diperoleh dari basis data Scopus, ScienceDirect, PLOS ONE, PubMed, dan SINTA dari tahun 2016 hingga 2025 menggunakan kata kunci seperti “*calcium blood*”, “*calcium milk*”, “*dairy cows*”, dan “*early lactation calcium*”. Kriteria seleksi meliputi penelitian pada sapi perah yang menyediakan data kadar kalsium darah dan susu, sedangkan artikel *non-peer-reviewed*, data tidak lengkap, atau penelitian pada hewan lain dikecualikan. Data yang dikumpulkan meliputi ras sapi, fase laktasi, kadar kalsium darah dan susu, produksi susu, metode pengukuran, serta hasil korelasi. Analisis dilakukan secara deskriptif dan disintesis secara naratif, dengan hasil disajikan dalam tabel ringkasan dan grafik jika tersedia, serta seluruh data dikaitkan dengan sumber jurnal untuk validitas ilmiah. Kriteria yang digunakan meliputi beberapa hal, seperti :

1. Artikel membahas tentang korelasi kalsium darah dan kalsium susu pada sapi perah laktasi awal
2. Artikel terindeks Scopus
3. Artikel diterbitkan dalam periode 10 tahun terakhir (2016-2025).

Setelah proses pencarian dan penapisan selesai, artikel yang diperoleh kemudian di evaluasi kualitasnya, dari 51 artikel yang ada, hanya 32 artikel yang benar-benar sesuai dengan fokus penelitian ini.

Hasil dan Pembahasan

Peran Kalsium dalam Fisiologi dan Produksi Susu Sapi Perah

Kalsium memiliki peran yang sangat vital dalam menjaga fungsi fisiologis tubuh sapi perah, terutama pada masa laktasi awal (Wilkens *et al.*, 2020). Pada periode ini, kebutuhan kalsium meningkat karena produksi susu memerlukan mineral dalam jumlah besar untuk mempertahankan komposisi yang optimal. Ketidakseimbangan antara kebutuhan dan asupan kalsium sering menimbulkan gangguan metabolik seperti hipokalsemia klinis maupun subklinis. Kondisi ini dapat menurunkan konsumsi pakan dan menyebabkan penurunan produksi susu secara signifikan. Gangguan metabolik tersebut juga berpengaruh terhadap kesehatan reproduksi dan ketahanan tubuh sapi. Pemahaman terhadap dinamika kalsium darah dan hubungannya dengan kalsium dalam susu menjadi penting dalam upaya pencegahan penyakit metabolik (Serrenho *et al.*, 2021). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sapi dengan kadar kalsium darah rendah cenderung menghasilkan susu dengan kadar kalsium yang tidak stabil. Kajian ini dapat membantu dalam pengembangan strategi nutrisi untuk mempertahankan keseimbangan mineral selama fase kritis laktasi (Venjakob *et al.*, 2017).

Produksi susu yang tinggi sangat bergantung pada kemampuan tubuh sapi dalam menjaga homeostasis kalsium (Connelly *et al.*, 2022). Mekanisme hormonal seperti *parathyroid hormone* (PTH) dan vitamin D berperan penting dalam menjaga keseimbangan ini. Pada kondisi kadar kalsium darah menurun, tubuh sapi akan mengaktifkan pelepasan kalsium dari tulang untuk menjaga kestabilan fisiologis. Mekanisme ini memerlukan waktu adaptasi dan sering kali tidak

seimbang pada awal laktasi. Ketidakseimbangan tersebut dapat menurunkan efisiensi produksi susu dan menyebabkan gangguan kesehatan seperti *milk fever*. Penelitian menunjukkan bahwa pemberian suplementasi kalsium setelah melahirkan dapat membantu mempertahankan kadar kalsium darah dan memperbaiki performa produksi (Seely *et al.*, 2024). Hubungan yang kuat antara kadar kalsium darah dan kalsium susu menunjukkan bahwa pemantauan kedua parameter ini penting dilakukan secara bersamaan. Evaluasi ini membantu menentukan strategi nutrisi yang lebih tepat dalam manajemen sapi perah (Wilkens *et al.*, 2020).

Fase awal laktasi merupakan masa transisi fisiologis yang kompleks bagi sapi perah (Serrenho *et al.*, 2021). Pada masa ini, sapi mengalami peningkatan kebutuhan energi dan mineral secara bersamaan. Kalsium menjadi mineral yang paling banyak dimobilisasi karena digunakan untuk produksi susu dalam jumlah besar. Kekurangan kalsium pada masa ini akan memengaruhi keseimbangan metabolisme dan menyebabkan gangguan seperti retensi plasenta serta ketosis. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa kadar kalsium dalam darah berkorelasi positif dengan kadar kalsium dalam susu pada minggu pertama laktasi (Kovacikova *et al.*, 2024). Hubungan ini dapat dijadikan indikator status kesehatan sapi dan kualitas susu yang dihasilkan. Pengukuran kadar kalsium darah secara rutin dapat membantu mendeteksi defisiensi sebelum muncul gejala klinis. Preventif ini menjadi langkah penting dalam menjaga performa dan kesejahteraan sapi perah (Zhang *et al.*, 2025).

Penelitian mengenai korelasi kalsium darah dan kalsium susu berkontribusi besar terhadap pengembangan sistem manajemen nutrisi yang lebih efisien (Connelly *et al.*, 2022). Hasil studi lapangan menunjukkan bahwa kadar kalsium darah yang stabil dapat mendukung peningkatan produksi susu serta menurunkan risiko gangguan metabolik (Seely *et al.*, 2024). Pengaturan keseimbangan asam-basa melalui manipulasi DCAD pada masa pra-partum juga terbukti membantu mempertahankan kalsium darah setelah melahirkan (Wilkens *et al.*, 2020). Strategi suplementasi mineral yang terukur mampu memperbaiki keseimbangan elektrolit dan mendukung fungsi otot serta sistem saraf. Pemantauan kadar kalsium darah dan susu dapat digunakan sebagai alat evaluasi kesehatan individu maupun kelompok ternak. Implementasi teknologi sensor otomatis juga mulai digunakan untuk memantau perubahan komposisi susu secara real time. Hasil penelitian ini memberikan dasar bagi peningkatan efisiensi produksi susu secara berkelanjutan. Pemahaman yang mendalam terhadap hubungan antara kedua parameter ini akan membantu meningkatkan kesejahteraan dan produktivitas sapi perah (Kovacikova *et al.*, 2024).

Pakan Sumber Kalsium Untuk Sapi Perah Laktasi Awal

Pakan merupakan sumber utama kalsium bagi sapi perah laktasi awal, dengan berbagai bahan pakan yang memiliki konsentrasi dan bioavailabilitas kalsium yang berbeda-beda. Hijauan legum seperti alfalfa dan clover mengandung kalsium yang jauh lebih tinggi dibandingkan hijauan rumput, dimana legum dapat menyumbang 1-2% kalsium dari bahan kering sedangkan rumput hanya menyumbang 0,3-0,5% kalsium. Suplemen kalsium anorganik yang paling umum digunakan dalam ransum sapi perah adalah limestone atau kalsium karbonat yang mengandung sekitar 34-38% kalsium dan dikalsium fosfat yang mengandung sekitar 22% kalsium serta 19,3% fosfor, dimana dikalsium fosfat memberikan keuntungan ganda karena menyediakan kedua mineral esensial sekaligus (Cohrs *et al.*, 2018). Bioavailabilitas kalsium dari berbagai sumber pakan bervariasi, dengan *bone meal* dan dikalsium fosfat memiliki bioavailabilitas tertinggi sekitar 51%, limestone memiliki bioavailabilitas menengah sekitar

43%, sedangkan kalsium dari hijauan memiliki bioavailabilitas yang lebih rendah sekitar 35% karena terikat dengan asam oksalat dan fitat yang menghambat absorpsi. Penelitian menunjukkan bahwa pemberian asupan kalsium yang rendah hingga 70% dari kebutuhan selama 10 minggu pertama laktasi dapat dikompensasi oleh sapi melalui peningkatan absorpsi digestif kalsium, namun strategi ini cenderung menurunkan produksi susu rata-rata sebesar 2 kg per hari dibandingkan sapi yang diberi 100% kebutuhan kalsium (Gaignon *et al.*, 2019). Keseimbangan yang tepat antara konsentrasi kalsium pakan dan rasio kalsium terhadap fosfor sangat penting untuk memaksimalkan absorpsi kalsium intestinal dan meminimalkan mobilisasi berlebihan dari cadangan tulang, dengan rasio kalsium-fosfor yang ideal berkisar 1,6:1 hingga 2:1 untuk sapi laktasi awal.

Kalsium propionat telah berkembang menjadi suplemen alternatif yang efektif untuk sapi perah laktasi awal karena memberikan manfaat ganda sebagai sumber kalsium dan prekursor glukoneogenesis. Kalsium propionat dapat terdissosiasi menjadi ion kalsium dan asam propionat di dalam rumen, dimana ion kalsium dapat diabsorpsi secara pasif melalui difusi antar sel epitel intestinal ketika diberikan dalam dosis tinggi, sementara asam propionat berfungsi sebagai substrat utama untuk sintesis glukosa di hati yang membantu mengatasi keseimbangan energi negatif. Penelitian menunjukkan bahwa suplementasi kalsium propionat dengan dosis 350 gram per hari menghasilkan peningkatan produksi susu secara kuadratik dengan nilai tertinggi mencapai 53,67 kg per hari, sekaligus menurunkan konsentrasi beta-hidroksibutirat dan asam lemak non-esterifikasi dalam serum yang mengindikasikan perbaikan status energi (Zhang *et al.*, 2022). Pemberian kalsium propionat tidak hanya meningkatkan konsentrasi glukosa dan insulin dalam darah secara linear dan kuadratik, tetapi juga memperbaiki fermentasi rumen dengan meningkatkan konsentrasi total asam lemak volatil termasuk asetat, propionat, butirat, iso-valerat, dan valerat yang menyediakan sekitar 70% kebutuhan energi ruminansia (Zhang *et al.*, 2022). Suplementasi kalsium propionat juga mengubah komposisi mineral susu, dimana peningkatan dosis secara linear menurunkan konsentrasi magnesium dan fosfor dalam susu tetapi meningkatkan konsentrasi kalium secara kuadratik, meskipun tidak berpengaruh signifikan terhadap konsentrasi kalsium dan besi dalam susu. Dosis optimal kalsium propionat sebesar 350 gram per hari terbukti paling efektif dalam meningkatkan performa laktasi dan memperbaiki profil metabolit susu dengan menurunkan mobilisasi jaringan adiposa dan kalsium tulang, meskipun suplementasi ini juga menurunkan kapasitas antioksidan serum sehingga perlu dipertimbangkan dalam aplikasi praktis di lapangan.

Besaran Kebutuhan Kalsium pada Sapi Perah

Tabel 1. Kebutuhan Kalsium pada Sapi Perah

No.	Jenis sapi perah	Berat Badan (kg)	Kebutuhan Kalsium (g/ekor/hari)	Sumber Jurnal
1.	Holstein	650	95–120	Oliveira dan Soares, (2024)
2.	Jersey	450	60–70	Oliveira dan Soares, (2024)
3.	Brown Swiss	680 kg	90–95	Ott <i>et al.</i> , (2023)
4.	Guernsey	550 kg	75–85	Visentin <i>et al.</i> , (2017)
5.	Ayrshire	600 kg	75–85	Newton <i>et al.</i> , (2022)

Tabel di atas menunjukkan estimasi kebutuhan kalsium harian (g/ekor/hari) pada beberapa jenis sapi perah yang berbeda, termasuk Holstein, Jersey, Brown Swiss, Guernsey, dan Ayrshire. Kebutuhan kalsium pada sapi perah dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu ras sapi, berat badan, tingkat produksi susu, dan fase laktasi (Oliveira dan Soares, 2024). Sapi Holstein dengan berat badan ± 650 kg memiliki kebutuhan kalsium sekitar 95–120 g/hari, yang merupakan yang tertinggi di antara jenis sapi yang dicatat. Hal ini sejalan dengan literatur internasional yang menunjukkan bahwa Holstein memiliki produksi susu yang tinggi, sehingga kehilangan kalsium melalui susu lebih besar dibandingkan ras sapi perah lain (Martinez *et al.*, 2016). Asupan kalsium yang adekuat sangat penting untuk mencegah hipokalsemia postpartum dan menjaga kesehatan tulang serta fungsi fisiologis lainnya (Reitsma *et al.*, 2020).

Jersey memiliki berat badan lebih kecil (± 450 kg) dengan kebutuhan kalsium 60–70 g/hari, meskipun kandungan kalsium dalam susu Jersey lebih tinggi dibanding Holstein per liter susu. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun produksi susu total lebih rendah, ras Jersey membutuhkan suplai kalsium yang cukup untuk memenuhi kebutuhan metabolik dan menjaga kesehatan reproduksi (NASEM, 2021). Brown Swiss, Guernsey, dan Ayrshire menempati kisaran kebutuhan kalsium 75–95 g/hari, dengan Brown Swiss cenderung lebih tinggi (90–95 g/hari) karena berat badannya lebih besar (± 680 kg) dan produksi susu menengah-tinggi (Ott *et al.*, 2023; Visentin *et al.*, 2017; Newton *et al.*, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa ras sapi dengan berat badan lebih besar atau produksi susu lebih tinggi membutuhkan lebih banyak kalsium untuk mendukung metabolisme tulang dan sintesis susu. Perbedaan kebutuhan kalsium antar ras menegaskan pentingnya formulasi pakan yang spesifik ras, terutama pada fase laktasi awal, ketika sapi mengalami peningkatan mobilisasi kalsium dari tulang untuk mendukung produksi susu. Kekurangan kalsium pada periode ini dapat menyebabkan hipokalsemia subklinis, menurunkan produksi susu, dan meningkatkan risiko gangguan kesehatan (Oliveira dan Soares, 2024; NASEM, 2021).

Kadar kalsium darah dan susu pada sapi perah

Tabel 2. Kalsium Darah dan Susu pada Sapi Perah

No.	Jenis sapi perah	Berat Badan (kg)	Kebutuhan Kalsium (g/ekor/hari)	Kebutuhan Darah (mg/dl)	Sumber Jurnal
1.	Holstein	650	95–120	8.5-10.5	Oliveira dan Soares, (2024)
2.	Jersey	450	60–70	8.8-10.2	Oliveira dan Soares, (2024)
3.	Brown Swiss	680 kg	90–95	9.0-10.0	Ott <i>et al.</i> , (2023)
4.	Guernsey	550 kg	75–85	8.6-10.0	Visentin <i>et al.</i> , (2017)
5.	Ayrshire	600 kg	75–85	8.7-10.3	Newton <i>et al.</i> , (2022)

Tabel menunjukkan data lima jenis sapi perah, yaitu Holstein, Jersey, Brown Swiss, Guernsey, dan Ayrshire yang meliputi bobot badan, kebutuhan kalsium harian, serta kadar kalsium darah normal. Kalsium berfungsi sebagai mineral makro utama yang berperan penting dalam pembentukan tulang, kontraksi otot, transmisi impuls saraf, dan sekresi susu. Sapi Holstein dengan bobot 650 kg memiliki kebutuhan kalsium tertinggi, yaitu 95–120 g/ekor/hari dengan kadar kalsium darah 8.5–10.5 mg/dL. Nilai tersebut mencerminkan tingginya produktivitas susu yang menuntut asupan mineral dalam jumlah besar untuk mendukung metabolisme tubuh. Jersey dengan bobot 450 kg membutuhkan sekitar 60–70 g/ekor/hari, sedangkan Brown Swiss berbobot 680 kg membutuhkan 90–95 g/ekor/hari. Guernsey dan Ayrshire memiliki kebutuhan sedang, masing-masing 75–85 g/ekor/hari dengan kadar kalsium darah 8.6–10.3 mg/dL. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan kalsium ditentukan oleh bobot tubuh, tingkat produksi susu, dan potensi genetik setiap ras sapi perah (Oliveira dan Soares, 2024).

Kadar kalsium darah normal pada sapi perah berkisar 8.5–10.5 mg/dL dan menggambarkan keseimbangan homeostasis tubuh. Regulasi kalsium diatur oleh hormon paratiroid (PTH), kalsitonin, dan vitamin D. Penurunan kadar kalsium di bawah batas normal menyebabkan hipokalsemia subklinis maupun klinis yang sering muncul pada masa awal laktasi atau milk fever (Ott *et al.*, 2023). Kebutuhan kalsium yang tertera pada tabel merupakan jumlah yang perlu dipenuhi dari pakan dan suplemen untuk mempertahankan fungsi fisiologis. Sebagian besar kalsium disimpan dalam jaringan tulang sehingga kadar darah hanya mencerminkan sebagian kecil dari total kalsium tubuh. Valldecabres *et al.* (2024), menyatakan bahwa rasio komponen susu seperti lemak dan protein memiliki hubungan erat dengan konsentrasi kalsium serum pada sapi laktasi awal. Sapi dengan kadar kalsium rendah cenderung mengalami gangguan kontraksi otot, penurunan nafsu makan, dan melemahnya metabolisme yang berdampak pada penurunan produksi susu (Barraclough *et al.*, 2020). Faktor lain yang memengaruhi kebutuhan kalsium meliputi tahap laktasi, umur, keseimbangan mineral seperti fosfor dan magnesium, serta rasio *kation-anion* (DCAD) dalam ransum. Strategi manajemen

nutrisi yang tepat sangat dibutuhkan agar keseimbangan mineral tubuh tetap stabil dan gangguan metabolik dapat dicegah.

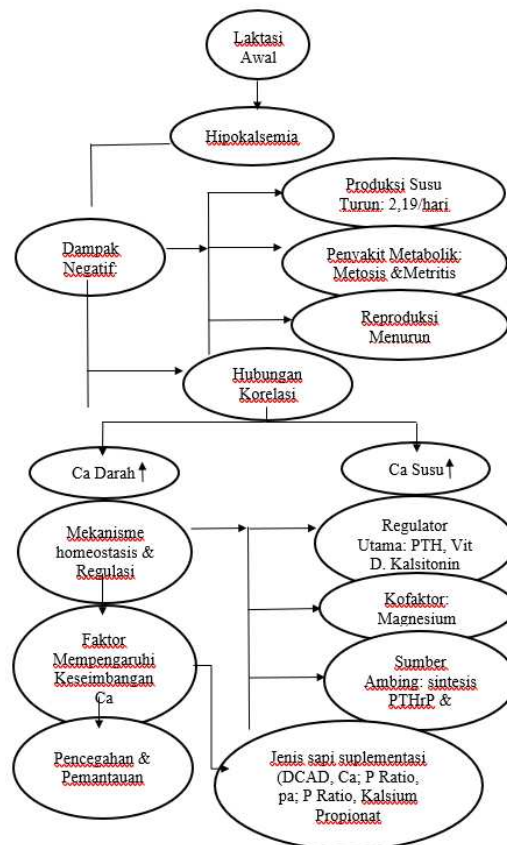
Tabel dapat dijadikan acuan dalam penyusunan formulasi pakan dan pemantauan status mineral sapi perah di peternakan. Sapi Holstein dengan kebutuhan sekitar 110 g kalsium per hari harus memperoleh pakan dengan kandungan mineral yang sesuai untuk mempertahankan produksi susu tinggi. Pemeriksaan kadar kalsium darah secara rutin pada masa transisi dan awal laktasi penting dilakukan untuk mendeteksi hipokalsemia subklinis yang sering tidak menimbulkan gejala tetapi dapat menurunkan performa produksi. Data menunjukkan adanya keterkaitan antara kebutuhan kalsium diet dan kadar kalsium darah pada berbagai ras sapi perah. Keseimbangan kalsium yang terjaga mampu meningkatkan kesehatan, memperpanjang masa laktasi, dan mempertahankan produktivitas optimal. Dinamika kalsium darah pada sapi perah pasca melahirkan dapat dipengaruhi oleh suplementasi kalsium oral atau bolus, sehingga pemantauan dan intervensi nutrisi yang tepat diperlukan untuk menjaga kadar kalsium optimal dan mendukung produksi susu (Wilms *et al.*, 2022). Pengelolaan nutrisi mineral yang baik menjadi faktor utama dalam pencegahan gangguan metabolik dan peningkatan efisiensi produksi.

Korelasi Kadar Kalsium Darah dan Kadar Kalsium Susu Sapi Perah

Kadar kalsium dalam darah sapi perah memiliki hubungan yang erat dengan kadar kalsium yang terkandung dalam susu yang dihasilkan. Kalsium merupakan mineral esensial yang berperan penting dalam berbagai fungsi fisiologis termasuk kontraksi otot, transmisi saraf, sekresi hormon, dan respon imun pada sapi perah laktasi. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Hossion *et al.* (2020), nilai korelasi antara kalsium darah dan kalsium susu 0,905 mg/dL. Kebutuhan kalsium meningkat secara dramatis saat permulaan laktasi, dimana ekskresi kalsium harian meningkat tiba-tiba dari sekitar 10 gram menjadi 20-30 gram per hari untuk sintesis kolostrum dan susu, jumlah yang melebihi total kalsium dalam sirkulasi darah dan memberikan tekanan besar terhadap homeostasis kalsium (Wilkens *et al.*, 2020). Hipokalsemia subklinis terjadi pada 25-50% sapi multipara pada awal laktasi dan dikaitkan dengan peningkatan risiko berbagai penyakit postpartum, dimana sapi dengan konsentrasi kalsium darah rendah memiliki kemungkinan 3,7 kali lebih tinggi mengalami *displaced* abomasum, 5,5 kali lebih tinggi mengalami ketosis, dan 4,3 kali lebih tinggi mengalami metritis dibandingkan sapi normokalsemia (Rodríguez *et al.*, 2017). Dinamika kalsium dalam beberapa hari pertama postpartum sangat mempengaruhi produksi susu, dimana sapi multipara yang mengalami hipokalsemia subklinis cenderung memproduksi susu 2,19 kg per hari lebih rendah pada awal laktasi dibandingkan sapi normokalsemia, sementara hipokalsemia persisten dikaitkan dengan penurunan konsumsi pakan hingga 15% yang berdampak negatif pada produksi dan kualitas susu (McArt dan Neves, 2020). Suplementasi kalsium yang tepat dalam pakan sapi perah terbukti dapat meningkatkan kadar kalsium darah dan berdampak positif terhadap kandungan kalsium susu serta produktivitas sapi secara keseluruhan, dimana absorpsi kalsium dari saluran pencernaan dan mobilisasi dari cadangan tulang harus diatur secara optimal untuk memenuhi kebutuhan sintesis susu sambil mempertahankan konsentrasi kalsium darah dalam batas fisiologis normal (Wilkens *et al.*, 2020).

Dinamika kalsium postpartum sangat bervariasi antar individu sapi dan memiliki dampak berbeda terhadap produksi susu tergantung pada pola hipokalsemia yang dialami. Sapi dengan hipokalsemia subklinis transien yang dapat memulihkan konsentrasi kalsium darahnya

dengan cepat menunjukkan produksi susu yang lebih tinggi dibandingkan sapi normokalsemia, dimana sapi primipara dengan hipokalsemia transien memproduksi susu rata-rata 31,9 kg per hari sementara sapi normokalsemia hanya 28,5 kg per hari selama 10 minggu pertama laktasi (McArt dan Neves, 2020). Sapi dengan hipokalsemia persisten atau tertunda mengalami penurunan produksi susu yang signifikan, dimana sapi multipara dengan hipokalsemia tertunda hanya memproduksi 41,4 kg susu per hari dibandingkan 44,6 kg per hari pada sapi normokalsemia, menunjukkan bahwa durasi dan timing hipokalsemia lebih penting daripada kejadian hipokalsemia itu sendiri. Prevalensi hipokalsemia subklinis pada sapi primipara mencapai 20-46% dalam tiga hari pertama postpartum, dengan sekitar 34% mengalami hipokalsemia kronis yang berdampak negatif terhadap performa reproduksi termasuk peningkatan *interval calving* hingga konsepsi dan penurunan angka kebuntingan (Caixeta *et al.*, 2017). Hubungan antara konsentrasi kalsium darah dan kandungan kalsium susu tidak selalu linear, karena mekanisme homeostasis yang ketat mempertahankan sekresi kalsium ke dalam susu bahkan ketika konsentrasi kalsium darah rendah melalui mobilisasi cadangan tulang yang intensif. Suplementasi kalsium oral dengan dosis 50-60 gram pada hari pertama dan kedua postpartum terbukti meningkatkan konsentrasi kalsium darah dan produksi susu pada sapi primipara, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada faktor-faktor seperti panjang laktasi sebelumnya dan skor lokomotif saat melahirkan (Paudyal *et al.*, 2020). Pemantauan konsentrasi kalsium darah secara berulang pada hari ke-1 dan ke-4 postpartum dapat membantu mengidentifikasi pola hipokalsemia yang berbeda dan memungkinkan intervensi manajemen yang lebih tepat untuk mengoptimalkan produksi susu dan kesehatan sapi perah laktasi awal.



Gambar 1. Korelasi Kalsium Darah dan Susu pada Sapi Perah

Kesimpulan

Berdasarkan review jurnal yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kalsium berperan penting dalam menjaga keseimbangan fisiologis sapi perah selama awal laktasi ketika kebutuhan kalsium meningkat tajam untuk pembentukan kolostrum dan susu. Hipokalsemia subklinis yang umum terjadi pada sapi multipara dapat menurunkan produksi susu dan meningkatkan risiko gangguan metabolik. Stabilitas kadar kalsium darah berkaitan dengan tingginya produksi serta kualitas susu. Manajemen nutrisi melalui suplementasi kalsium, pengaturan DCAD, dan pemilihan pakan dengan bioavailabilitas tinggi membantu mempertahankan keseimbangan kalsium. Nilai korelasi antara kalsium darah dan kalsium susu 0,905 mg/dL. Pemantauan rutin kalsium darah dan susu menjadi indikator penting untuk mendeteksi defisiensi secara dini dan meningkatkan performa sapi perah laktasi awal.

Daftar Pustaka

- Barraclough, R. A. C., Dewhurst, R. J., Wathes, D. C., Cheng, Z., dan Ashton, G. A. 2020. The behavior of dairy cattle in the transition period: Effects of blood calcium status. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 10604–10613.
- Caixeta, L. S., dan Omontese, B. O. 2021. Monitoring and improving the metabolic health of dairy cows during the transition period. *Animals*, 11(2), 352.
- Cao, Y., Xue, M., Zhou, X., Xu, C., dan Loo, J. J. 2025. Validation of a portable ionized calcium detection device and changes in the ionized-to-total-calcium ratio in the blood of postpartum Holstein cows. *Animals*, 15(2), 136.
- Cohrs, I., Wilkens, M. R., dan Grünberg, W. 2018. Short communication: Effect of dietary phosphorus deprivation in late gestation and early lactation on the calcium homeostasis of periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9591-9598.
- Connelly, M. K., Henschel, S. R., Kuehnl, J. M., Cheng, A. A., Nashold, F., dan Hernandez, L. L. 2022. Physiological adaptations in early-lactation cows result in differential responses to calcium perturbation relative to nonlactating, nonpregnant cows. *Journal of dairy science*, 105(1), 904-920.
- Constable, P. D., Megahed, A. A., dan Hiew, M. W. H. 2019. Measurement of urine pH and net acid excretion and their association with urine calcium excretion in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 102(12), 11370-11383.
- Gaignon, P., Le Grand, K., Laza-Knoerr, A. L., Hurtaud, C., dan Boudon, A. 2019. Effect of calcium intake and the dietary cation-anion difference during early lactation on the bone mobilization dynamics throughout lactation in dairy cows. *PLoS One*, 14(11), e0218979.
- Hernandez, L. L. 2017. Triennial lactation symposium/bolfa: Serotonin and the regulation of calcium transport in dairy cows. *Journal of Animal Science*, 95(12), 5711-5719.
- Hossion, M. Z., Shanta, A. J., Sujan, K. M., Haque, M. I., Islam, M. S., dan Islam, M. K. 2020. Biochemical status of serum and corresponding milk of cows kept under open grazing system in Sirajganj, Bangladesh. *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine (BJVM)*, 18(2), 31-36.

- Kovacikova, E., Kovacik, A., Harangozo, L., Tokarova, K., Knazicka, Z., Tvrda, E., ... dan Lukac, N. 2024. Canonical Correlation of Milk Composition Parameters and Blood Biomarkers in High-Producing Dairy Cows During Different Lactation Stages. *Animals: an Open Access Journal from MDPI*, 14(22), 3294.
- Leno, B. M., Martens, E. M., Felipe, M. J. B., Zanzalari, K. P., Lawrence, J. C., dan Overton, T. R. 2017. Short communication: Relationship between methods for measurement of serum electrolytes and the relationship between ionized and total calcium and neutrophil oxidative burst activity in early postpartum dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(11), 9285-9293.
- McArt, J. A. A., dan Neves, R. C. 2020. Association of transient, persistent, or delayed subclinical hypocalcemia with early lactation disease, removal, and milk yield in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 103(1), 690-701.
- Miltenburg, C. L., Duffield, T. F., Bienzle, D., Scholtz, E. L., dan LeBlanc, S. J. 2016. Randomized clinical trial of a calcium supplement for improvement of health in dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 99(8), 6550-6562.
- Neves, R. C., Leno, B. M., Bach, K. D., dan McArt, J. A. A. 2018. Epidemiology of subclinical hypocalcemia in early-lactation Holstein dairy cows: The temporal associations of plasma calcium concentration in the first 4 days in milk with disease and milk production. *Journal of dairy science*, 101(10), 9321-9331.
- Neves, R. C., Stokol, T., Bach, K. D., dan McArt, J. A. A. 2018. Method comparison and validation of a prototype device for measurement of ionized calcium concentrations cow-side against a point-of-care instrument and a benchtop blood-gas analyzer reference method. *Journal of Dairy Science*, 101(2), 1334-1343.
- Newton, E. E., Lamminen, M., Ray, P., Mackenzie, A. M., Reynolds, C. K., Lee, M. R. F., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Vanhatalo, A., dan Stergiadis, S. 2022. Macromineral and trace element concentrations in milk from Finnish Ayrshire cows fed microalgae (*Spirulina platensis*) and rapeseed (*Brassica napus*). *Journal of Dairy Science*, 105(11), 8866-8878.
- Oliveira, A. S. de dan Soares, S. R. 2024. A new system of phosphorus and calcium requirements for lactating dairy cows. *PLOS ONE*, 19(8), e0308889.
- Ott, D., Manneck, D., Schrapers, K. T., Rosendahl, J., dan Aschenbach, J. R. 2023. Blood calcium concentration and performance in periparturient and early lactating dairy cows is influenced by plant bioactive lipid compounds. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 4269-4283.
- Paudyal, S., Maunsell, F. P., Richeson, J. T., Risco, C. A., Donovan, A., dan Pinedo, P. J. 2020. Effects of postpartum oral calcium supplementation on milk yield, milk composition, and reproduction in multiparous Jersey and Jersey × Holstein crossbreed cows. *Journal of Dairy Science*, 103(12), 11918-11931.
- Rodney, R. M., Martinez, N., Block, E., Hernandez, L. L., Celi, P., Nelson, C. D., dan Lean, I. J. 2018. Effects of prepartum dietary cation-anion difference and source of vitamin D in

- dairy cows: Vitamin D, mineral, and bone metabolism. *Journal of dairy science*, 101(3), 2519-2543.
- Rodríguez, E. M., Arís, A., dan Bach, A. 2017. Associations between subclinical hypocalcemia and postparturient diseases in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7427-7434.
- Seely, C. R., Wilbur, C. N., Fang, K. M., dan McArt, J. A. A. 2024. Effects of timing of oral calcium administration on milk production in high-producing early-lactation Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, 107(3), 1620-1629.
- Serrenho, R. C., DeVries, T. J., Duffield, T. F., dan LeBlanc, S. J. 2021. Graduate Student Literature Review: What do we know about the effects of clinical and subclinical hypocalcemia on health and performance of dairy cows?. *Journal of dairy Science*, 104(5), 6304-6326.
- Serrenho, R. C., McGrath, B. A., Carter, F., Crowe, M. A., dan O'Grady, L. 2021. Controlled trial of the effect of negative dietary cation-anion difference (DCAD) dry cow diets on postpartum health and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104(9), 10187–10199.
- Valdecabres, A., McCarthy, J., O'Callaghan, T. F., dan McParland, S. 2024. Milk component ratios and their associations with energy balance indicators and serum calcium concentration in early-lactation spring-calving pasture-based dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 107(12), 10321–10334.
- Venjakob, P. L., Borchardt, S., dan Heuwieser, W. 2017. Hypocalcemia—Cow-level prevalence and preventive strategies in German dairy herds. *Journal of dairy science*, 100(11), 9258-9266.
- Visentin, G., Penasa, M., Gottardo, P., Niero, G., Cassandro, M., dan De Marchi, M. 2017. Phenotypic characterisation of major mineral composition predicted by mid-infrared spectroscopy in cow milk. *Italian Journal of Animal Science*, 17, 549–556.
- Wilkins, M. R., Nelson, C. D., Hernandez, L. L., dan McArt, J. A. 2020. Symposium review: Transition cow calcium homeostasis—Health effects of hypocalcemia and strategies for prevention. *Journal of dairy science*, 103(3), 2909-2927.
- Wilms, J. N., daniel, J.-B., Martín-Tereso, J., Klop, A., Goselink, R., Han, Y., dan van Kuijk, S. 2022. Blood calcium dynamics in cows receiving an aqueous calcium suspension for voluntary consumption or a calcium bolus following parturition. *Journal of Dairy Research*, 89(1), 29-36.
- Zhang, F., Tang, X., dan Xiong, B. 2025. Optimal Calcium Propionate Supplementation in Early-Lactation Dairy Cows Improves Milk Yield and Alters Milk Composition. *Animals*, 15(20), 2995.
- Zhang, F., Wang, Y., Wang, H., Nan, X., Guo, Y., dan Xiong, B. 2022. Calcium propionate supplementation has minor effects on major ruminal bacterial community composition of early lactation dairy cows. *Frontiers in Microbiology*, 13, 847488.

Zhang, F., Zhao, Y., Wang, Y., Wang, H., Guo, Y., dan Xiong, B. 2022. Effects of calcium propionate on milk performance and serum metabolome of dairy cows in early lactation. *Animal Feed Science and Technology*, 283, 115185.