

3

PROSES PRODUKSI SUSU

ANATOMI DAN FISILOGI AMBING	44
Pendahuluan	44
Gambaran eksternal ambing	44
Gambaran internal kelenjar ambing	45
Perkembangan dan pertumbuhan ambing normal	47
Kontrol hormonal perkembangan ambing	48
Kontrol hormonal laktasi	49
KOMPOSISI SUSU	50
Komposisi susu sapi perah FH	50
BIOSINTESIS SUSU	54
Sitologi sel sekretori ambing	54
Pelepasan susu ke dalam lumen alveoler	55
Biosintesis protein susu	56
Metabolisme karbohidrat	57
Biosintesis lemak susu	58
Vitamin, mineral, dan air	59
Faktor-faktor yang mempengaruhi komposisi dan jumlah susu	60
Genetik dan nutrisi	61
Tingkat laktasi dan persistensi	61
Tingkat sekresi susu	62
Tindakan pemerahan	62
Umur dan ukuran sapi	63
Siklus estrus dan kebuntingan	64
Periode kering	64
Lingkungan	65
Penyakit dan obat	66
Ringkasan	67
Program pemerahan	67
Pendahuluan	67
Refleks pengeluaran susu	67
Mengeluarkan susu dari ambing	69

ANATOMI dan FISILOGI AMBING

1. Pendahuluan

Ambing merupakan karakteristik utama pada semua Mammalia. Ambing berasal dari kelenjar kulit dan dikelompokkan sebagai kelenjar eksokrin. Ambing berfungsi mengeluarkan susu untuk makanan anaknya setelah lahir. Ambing ini tumbuh selama kebuntingan dan mulai mengeluarkan susu setelah beranak. Berbagai hormon yang menentukan reproduksi juga mengatur ambing. Karena itu, perkembangan ambing dan laktasi adalah bagian integral dari reproduksi.

Tujuan mempelajari anatomi dan fisiologi ambing adalah menguraikan anatomi ambing sapi, pertumbuhan normalnya, dan perkembangan selama berbagai fase reproduksi, serta kontrol endrokin atas proses ini.

2. Gambaran Eksternal Ambing

Ambing/kelenjar susu sapi terdiri dari empat (4) bagian terpisah. Bagian kiri dan kanan terpisah jelas, bagian ini dipisahkan oleh sulcus yang berjalan longitudinal yang disebut sulcus intermammaria. Kuartir depan dan belakang jarang memperlihatkan batas yang jelas. Jika dilihat dari samping, dasar ambing sebaiknya rata, membesar ke depan dan melekat kuat ke dinding tubuh perut. Pertautan pada bagian belakang sebaiknya tinggi dan lebar, dan tiap kuartir sebaiknya simetris. Gambaran eksternal ini memberi arti produktivitas seumur hidup dan merupakan kriteria penting yang digunakan untuk menilai sapi perah pada pameran ternak dan penilaian klasifikasi bangsa.

Berat ambing tergantung umur, masa laktasi, banyaknya susu di dalam ambing, dan faktor genetik. Beratnya berkisar antara 11,35–27,00 kg atau lebih tidak termasuk susu. Kapasitas ambing adalah 30,5 kg. Berat dan kapasitasnya naik sesuai dengan bertambahnya umur. Setelah sapi mencapai umur 6 tahun berat dan kapasitas ambing tidak naik lagi. Terbesar kapasitasnya pada laktasi yang kedua dan ketiga. Normalnya, kuartir belakang lebih besar dari kuartir depan dan menghasilkan susu sekitar 60 persen produksi susu sehari.

Susu dari tiap kelenjar disalurkan ke luar melalui puting, puting susu berbentuk silindris atau kerucut yang berujung tumpul. Puting susu belakang biasanya lebih pendek dibandingkan puting susu depan. Bila menggunakan mesin perah puting susu yang pendek lebih menguntungkan dibanding dengan yang panjang, karena *milk-flow rate*-nya lebih cepat, dengan perkataan lain sapi dengan puting panjang diperah lebih lama dari pada puting pendek. Sifat terpenting puting untuk pemerahan efisien adalah (1) ukuran sedang, (2) penempatan baik, dan (3) cukup tegangan pada otot spinkter sekitar lubang puting agar memudahkan pemerahan dan susu tidak menetes.

Antara 25 sampai 50 persen sapi mempunyai puting berlebih (tambahan), keadaan ini disebut *supranumerary teat*. Puting berlebih ini biasanya terletak di sebelah belakang. Sebaiknya puting berlebih ini dihilangkan sebelum pedet mencapai umur satu tahun, hal ini untuk mencegah terjadinya mastitis.

3. **Gambaran Internal Kelenjar Susu/Ambing**

Ambing terdiri dari rangkaian sistem berbagai struktur penunjang. Struktur penunjang ini adalah darah, limfe dan pasokan syaraf, sistem saluran untuk menyimpan dan mengangkut susu, serta unit epitel sekretori bakal alveoli. Tiap komponen ini berperan langsung atau tidak langsung terhadap sintesis susu,

Jaringan Penunjang

Kulit. Walaupun peranannya kecil sebagai jaringan penunjang dan stabilisator ambing, namun kulit ini sangat besar perannya sebagai jaringan pelindung bagian dalam ambing dari luka dan bakteri.

Ligamen suspensori lateral. Ligamen suspensori lateral merupakan salah satu jaringan penunjang utama ambing. Jaringan ikat ini sangat berserat, tidak lentur (non-elastis), dan berasal dari perluasan otot atas dan belakang ke ambing. Ligamen suspensori lateral membesar sepanjang kedua sisi ambing dan bagian ujung jaringan masuk ke dalam ambing untuk menopang bagian dalam ambing. Ligamen suspensori lateral membesar ke bagian tengah dasar ambing dimana jaringan bergabung dengan ligamen suspensori median.

Ligamen suspensori median. Jaringan ikat ini juga merupakan jaringan penunjang utama ambing. Jaringan disusun dari jaringan lentur (elastik) yang timbul dari tengah dinding perut dan membesar di tengah ambing yang menyatukan ligamen suspensori lateral di dasar ambing. Kelenturan ligamen suspensori median berguna agar ambing dapat membesar bila berisi susu.

Sistem Pembuluh Darah.

Darah yang mengandung O₂ meninggalkan jantung melalui aorta dan kemudian melalui cabang-cabang arteri yang lebih kecil darah dibawa ke ambing melalui dua buah arteri : *arteri pudenda externa* (kanan dan kiri). Kedua arteri ini menembus dinding perut melalui *canalis inguinalis* masing-masing kanan dan kiri masuk ke dalam ambing. Pada saat masuk ke dalam ambing keduanya berubah menjadi *arteria mammaria* yang segera bercabang menjadi *arteria mammaria cranialis* dan *caudalis*. Kedua cabang ini bercabang-cabang lagi menjadi arteria yang lebih kecil, kemudian membentuk kapiler yang memberi darah ke sel-sel ambing.

Venula yang berasal dari kapiler-kapiler dan saling beranastomosa membentuk vena yang menampung darah dari ambing. Pada bagian atas/puncak ambing vena membentuk lingkaran vena. Pada tempat ini darah meninggalkan ambing melalui tiga jalan, yaitu :

1. Jalan utama pertama terdiri atas dua buah vena pudenda externa yang sejajar dengan *arteria pudenda externa* berjalan melalui *canalis inguinalis* dan akhirnya menggabungkan diri dengan *vena cava* yang membawa darah ke jantung.
2. Jalan utama kedua terdiri atas dua buah vena yaitu : *vena abdominalis* atau *vena mammae* kanan dan kiri yang terdapat pada tepi anterior dari ambing. Kedua vena ini berjalan di sepanjang dinding ventral perut berada langsung di bawah kulit. Vena ini masuk ke dalam *cavum thoracis* pada

sumber susu dan akhirnya menggabungkan diri dengan *vena cava anterior* ke dalam jantung.

3. Jalan ketiga yaitu *vena perinealis*, walaupun kecil merupakan jalan masuk ke dalam tubuh dari ambing melalui velvis.

Pada saat sapi berdiri sebagian besar darah kembali ke jantung melalui vena susu. Tetapi dalam keadaan sapi berbaring aliran darah yang melalui vena susu terhenti. Walaupun demikian produksi susu tidak terganggu karena adanya jalan ketiga tersebut.

Terdapat kenaikan aliran darah ke ambing (\pm 180 persen) pada beberapa hari setelah sapi beranak. Kenaikan ini dapatlah dihubungkan dengan penurunan aliran darah uterus setelah beranak dan ini mungkin mengambil peranan penting dalam inisiasi dari sekresi susu karena lebih banyak bahan-bahan pembentuk susu serta hormon laktogenik yang terbawa bersama aliran darah tersebut ke dalam ambing. Tiap-tiap satu volume susu yang dibentuk memerlukan 500 volume darah yang mengalir ke dalam ambing. Secara singkat dikatakan *Blood flow rate* merupakan determinan yang penting dalam mengatur produksi susu.

Sistem Limfatik

Limfe (getah bening) adalah cairan kelenjar tanpa warna yang dialirkan dari rongga jaringan oleh pembuluh limfe berdinding tipis. Limfe mempunyai komposisi yang sama dengan darah kecuali limfe tidak mengandung sel darah merah. Nodula limfe ambing dan nodula limfe lainnya yang tersebar di seluruh tubuh penting untuk pertahanan sapi terhadap penyakit. Nodula limfe membentuk limfosit, sejenis sel darah putih yang berperan pada imunitas. Nodula juga menghilangkan bakteri dan benda asing lainnya. Respon terhadap infeksi mastitis, nodula meningkatkan hasil limfositnya ke dalam pembuluh limfe yang akhirnya menyebarkan limfosit ke dalam *vena cava anterior*. Limfosit kemudian dibawa ke ambing untuk memerangi infeksi.

Sistem Syaraf

Lapisan dalam ambing terdiri atas dua tipe syaraf, yaitu serabut syaraf **afferent** (sensoris) dan serabut syaraf **efferent** (para simphatis). Fungsi utama dari serabut syaraf simpatis pada ambing adalah untuk mengontrol penyediaan darah pada ambing dan mendinnervasi otot-otot polos yang mengelilingi saluran-saluran susu dan otot-otot spinkter dari puting susu. Rangsangan pada sapi menyebabkan sistem simpatetik menghentikan hormon syaraf epineprin, yang mengecilkan pembuluh darah dan mengurangi produksi susu.

Sistem Saluran Ambing

Sistem saluran ambing terdiri atas serangkaian saluran alir yang berawal pada alveoli dan berakhir pada saluran keluar.

Puting. Puting tertutup oleh kulit tak berambut yang tidak memiliki kelenjar keringat. Pada dasar puting terdapat saluran pengeluaran tempat susu

mengalir ke luar. Panjang saluran pengeluaran biasanya 8-12 mm dan merupakan garis dengan sel yang membentuk serangkaian lipatan serta akan menutup saluran pengeluaran selama selang pemerahan.

Sisterne Kelenjar. Sisterne puting terletak tepat setelah saluran pengeluaran bersatu dengan sisterne kelenjar pada dasar ambing. Sisterne kelenjar berfungsi sebagai ruang penyimpanan terbatas karena menerima tetesan dari jaringan sekretori. Umumnya sisterne kelenjar berisi 1 pint (473,18 cc) susu yang kemampuan nyatanya berbeda pada tiap-tiap sapi.

Saluran Ambing. Percabangan sisterne ambing ada 12 sampai 50 atau lebih saluran, yang kembali bercabang beberapa kali dan akhirnya membentuk duktul terminal yang mengalir ke tiap alveolus.

Alveoli. Alveoli dan duktul terminal terdiri dari lapisan tunggal sel epitel. Fungsi sel-sel ini memindahkan makanan dari darah dan mengubah menjadi susu serta mengeluarkan susu ini ke dalam tiap alveolus. Dalam keadaan berkembang penuh saat laktasi, beberapa alveoli berkelompok menjadi lobuli, dan beberapa lobuli bersatu menjadi lobus.

4. Perkembangan dan Pertumbuhan Ambing Normal

Jumlah sel pembentuk susu adalah faktor utama yang membatasi tingkat produksi susu. Estimasi korelasi antara hasil susu dan jumlah sel ambing terentang antara 0,50 sampai 0,85.

Perkembangan Fetal dan Embrionik. Rudimen ambing tampak jelas dari penebalan sel ektodermal pada permukaan ventral (perut) embrio di antara kaki belakang. Perkembangan ini terjadi waktu panjang pedet antara 1,4 sampai 1,7 cm (kira-kira 30 hari setelah konsepsi).

Lahir sampai Pubertas. Sampai pedet umur tiga bulan, sistem saluran ambing belum terlihat dewasa. Sistem saluran tumbuh mengelilingi lapisan lemak ambing secara proporsional sesuai dengan penambahan berat badan. Setelah tiga bulan, pertumbuhan ambing kira-kira 3,5 kali lebih cepat dari pada pertumbuhan tubuh. Kecepatan pertumbuhan ini berlanjut hingga umur sembilan bulan. Sel-sel saluran ambing berakumulasi selama 3 sampai 5 siklus estrus pertama setelah pubertas. Jumlah sel terlihat jelas menurun saat fase kebuntingan. Antara umur 9 bulan dan konsepsi, pertumbuhan dan regresi kelenjar susu selama estrus mencapai suatu keseimbangan. Peningkatan murni jumlah sel ambing sesuai dengan peningkatan bobot badan. Jumlah terbesar pertumbuhan saluran ambing sebelum konsepsi terjadi pada umur sembilan bulan. Karena itu, sebaiknya peternak memperhatikan dara tumbuh baik dan segera siap kawin.

Selama Kebuntingan. Alveoli tidak terbentuk hingga terjadi kebuntingan pada sapi dara. Kemudian alveoli mulai menggantikan jaringan lemak seluruh ambing.

Selama Laktasi. Jumlah sel ambing terus meningkat selama laktasi awal. Perkembangan ini mungkin berlanjut sampai puncak laktasi. Sebagai hasilnya, alveoli hampir seluruhnya terbungkus pada laktasi awal. Setelah itu, tingkat penurunan sel ambing melebihi tingkat pembelahan sel. Hasilnya menunjukkan secara nyata ambing mengandung lebih sedikit sel, pada akhir laktasi daripada

awal laktasi. Mastitis juga menyebabkan kehilangan sel ambing. Secara alami, kehilangan sel sekretori apakah dari fisiologis atau sebab patologis, menurunkan jumlah produksi susu. Oleh karena itu pemeliharaan jumlah maksimal sel ambing sangat dianjurkan terutama bagi sapi dengan produksi tinggi, karena jika sel ambing tidak ada susu tidak terbentuk.

Selama Laktasi dan Kebuntingan. Kebanyakan sapi dikawinkan antara 40 sampai 90 hari setelah beranak. Tingkat awal kebuntingan relatif sedikit berpengaruh terhadap produksi susu atau jumlah sel ambing. Perkembangan kebuntingan terjadi setelah lima bulan. Perkembangan ini menyebabkan hasil susu dan jumlah sel ambing menurun pada sapi laktasi bunting dibandingkan yang tidak bunting.

Selama Masa Kering. Pemerahan setiap hari biasanya dihentikan setelah sapi perah berlaktasi 10 sampai 12 bulan (dengan rentangan 6 hingga 18 bulan). Jika sapi bunting, periode nonlaktasi ini (periode kering) diawali biasanya sekitar 60 hari sebelum tanggal beranak. Mengikuti penghentian pemerahan tiap hari, ambing induk tidak bunting menjadi dipenuhi dengan susu selama beberapa hari. Walaupun begitu, aktivitas metabolik menurun cepat. Kemudian, tampak jelas degenerasi dan kehilangan sel epitelial alveoler. Sel mio-epitelial dan jaringan pengikat masih ada biarpun alveoli menghilang. Secara histologis, jaringan pengikat dan sel lemak menjadi lebih menonjol selama periode ini. Setelah involusi lengkap ambing makan hanya terdapat sistem saluran. Sistem saluran induk sapi, akan tetapi, lebih banyak dari pada sapi dara. Walaupun penelitian pada sapi perah belum dilaporkan, involusi lengkap alveoli membutuhkan 75 hari pada kambing tidak bunting.

Sapi yang bunting normal selama periode kering, dan karena kebuntingan merangsang pertumbuhan ambing, involusi lengkap tidak terjadi pada sapi bunting. Umur kebuntingan paling sedikit 7 bulan sejak awal periode kering menyebabkan jumlah sel ambing tidak berubah terutama selama periode kering. Induk yang tidak mendapat periode kering normal menghasilkan susu berikutnya berkurang daripada sapi yang mendapat istirahat 60 hari di antara laktasi-laktasi. Karena itu, periode kering di antara laktasi-laktasi penting untuk produksi susu maksimal. Ketidakhadiran periode kering bergabung dengan peningkatan jumlah sel yang terjadi selama tingkat awal laktasi berikutnya. Hal ini terutama menjelaskan kebutuhan periode kering pada sapi.

5. Kontrol Hormonal Perkembangan Ambing

Perkembangan ambing nyata tidak terjadi karena ketidakhadiran hormon tertentu. Secara umum, hormon yang merangsang pertumbuhan ambing adalah hormon yang juga sama mengatur reproduksi. Karena itu, sebagian besar pertumbuhan ambing terjadi pada peristiwa reproduksi tertentu saja, misalnya saat pubertas, kebuntingan, dan sesaat setelah beranak.

Ovari. Hormon ovari merangsang perkembangan ambing selama pubertas dan kebuntingan. Hormon ovari spesifik yang berperan dalam respon pertumbuhan ambing adalah estrogen dan progesterone. Estrogen merangsang pertumbuhan saluran ambing, sedangkan kombinasi estrogen dan progesterone diperlukan untuk mencapai perkembangan lobuli-alveoler.

Pituitari Anterior. Hormon dari pituitari anterior diperlukan untuk pertumbuhan ambing. Bekerjasama dengan hormon ovari (estrogen dan progesteron) untuk menghasilkan perkembangan ambing.

Laktogen Plasental Sapi. Plasenta adalah sumber estrogen dan laktogen plasental sapi. Struktur plasental sapi serupa tetapi lebih besar dari prolaktin dan hormon pertumbuhan. Laktogen plasental sapi mungkin bekerja sama dengan pituitari anterior dan hormon ovari untuk perkembangan ambing selama kebuntingan.

Adrenal dan Tiroid. Pemberian adrenal glukokortikoid dan tiroksin memulai perkembangan ambing. Tetapi pengaruh-pengaruh ini mungkin berhubungan dengan fungsi metabolik umum-nya dan tidak dari kepentingan primer dalam menyokong pertumbuhan ambing.

Interaksi Hormon dan Keadaan Nutrisi. Dara yang diberi pakan berlebih atau kurang secara jelas menghasilkan susu lebih sedikit daripada dara yang tumbuh dengan zat gizi sesuai anjuran.

6. Kontrol Hormonal Laktasi

Sekresi ambing dihasilkan hanya setelah pembentukan sistem lobuli-alveoler. Karena itu, pada dara bunting sekresi tidak tampak sampai pertengahan kebuntingan. Berbagai enzim yang diperlukan untuk sintesis susu terdapat dalam sel ambing yang dibentuk sebelum beranak. Saat beranak, hormon menyebabkan peningkatan besar produksi susu. Sekresi yang dibentuk sebelum beranak adalah kolostrum yang alami dan bukan susu murni.

Permulaan Laktasi. Selama kebuntingan, progesteron menghalangi sekresi α -laktalbumin (salah satu protein susu). Halangan ini cukup untuk mencegah sintesis susu selama sebagian besar periode kebuntingan dara. Juga, titer tinggi progesteron menghalangi mulainya laktasi pada induk sapi saat periode kering. Progesteron tidak efektif menghalangi kerjasama kebuntingan dan laktasi namun sebaliknya, laktasi segera dihalangi bila sapi laktasi menjadi bunting. Segera sebelum beranak titer progesterone menurun, sedangkan estrogen, ACTH, dan level prolaktin meningkat. Pemberian adrenal kortikoid atau estrogen mengawali laktasi sapi perah.

Pemeliharaan Laktasi. Sesudah sapi beranak, produksi susu meningkat cepat dan mencapai maksimum pada 2 sampai 6 minggu. Kemudian hasil susu secara beraturan menurun.

Batasan berikut akan digunakan untuk menguraikan laktasi. **Milk secretion** / sekresi susu melibatkan sintesis intraseluler susu dan laju alir susu dari sitoplasma ke dalam lumen alveoli. **Milk removal** / pengeluaran susu melibatkan pengeluaran pasif susu dari puting, sisterne kelenjar, dan saluran utama serta pengeluaran aktif susu yang disebabkan oleh kontraksi sel mioepitel sekitar alveolus sebagai respon terhadap oksitosin. Laktasi terdiri dari sekresi susu dan pengeluaran susu.

KOMPOSISI SUSU

Susu mempunyai tiga komponen karakteristik yaitu : laktosa, kasein, dan lemak susu, disamping itu mengandung bahan-bahan lainnya misalnya air, mineral, dan vitamin. Banyaknya tiap-tiap bahan dalam susu berbeda-beda tergantung spesies ternak, sedangkan komposisi dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan.

Komposisi Susu Sapi Perah FH

1. Air. Air yang terkandung dalam susu bervariasi antara 82 sampai 89 persen dengan kandungan rata-rata 87 persen. Air berguna sebagai medium disperse untuk total solid dan untuk *fluidity*.
2. Material yang termasuk di dalam lipida

Lemak Susu. Bervariasi antara 3 sampai 6 persen. Di dalam susu, lemak berdispersi dalam bentuk butiran-butiran (globula) kecil dan terjadi emulsi antara lemak dengan air. Globula ini berukuran antara 0,5 sampai 20 mikron dengan rata-rata 3 mikron. Setiap tetes susu disinyalir mengandung 100 juta globula lemak. Besarnya globula ini sangat penting pada proses pemisahan lemak dari susu pada waktu proses *churning* (pemisahan lemak dari susu pada saat pembuatan mentega).

Tiap-tiap globula lemak dikelilingi oleh suatu lapisan tipis yang terdiri atas fosfolipida dan protein. Lapisan ini disebut dengan membran globula lemak susu. Lapisan ini berguna untuk melindungi lemak serta mempertahankan kestabilannya di dalam emulsi.

Lemak terdiri atas trigliserida yang terbentuk dari tiga molekul asam lemak dengan satu molekul gliserol.

Terdapat asam-asam lemak volatile di dalam lemak susu antara lain : asam-asam butirat, kaproat, kaprilat, kaprat, dan laurat; sedangkan yang non volatile antara lain asam-asam miristat, palmitat, stearat, oleat, linolat, linoleat, dan arachidonat.

Asam butirat, kaproat, dan kaprilat menghasilkan bau yang keras bila terjadi dekomposisi dari lemak susu dan merupakan penyebab bau tengik pada produk-produk susu.

Asam lemak tidak jenuh yang terdapat dalam susu adalah asam linoleat, linolat, dan linoleat yang masing-masing mengandung 1, 2, dan 3 ikatan rangkap. Asam-asam lemak lainnya terdapat dalam keadaan yang jenuh.

Fosfatida. Sebagian besar dari fosfatida adalah trigliserida dari asam lemak berantai panjang yang berikatan dengan asam fosfat dan senyawa yang mengandung nitrogen (N) yaitu choline. Choline ini merupakan bagian dari vitamin B kompleks dan sangat esensial untuk metabolisme lemak, kolesterol, dan untuk pertumbuhan. Sphingomyelin kecil jumlahnya dalam susu.

Lecithin. Lecithin merupakan fosfolipida utama yang terdapat dalam susu. Lesitin ini dijumpai pula di dalam kuning telur, jaringan syaraf hewan, dan hampir semua sayuran terutama kedelai. Susu mengandung 0,03 persen fosfolipida terutama lesitin, sphingomyelin, dan cephalin. Pada proses pe-

misahan lemak susu kira-kira setengah dari fosfolipida yang ada terbawa bersama lemak susu.

Bagian dari lemak susu yang tidak tersabun. Jika lemak disabun dan sabun yang terjadi diekstraksi dengan ether, maka bahan yang tidak di dalam ether merupakan bagian lemak yang tidak tersabun, karena sabun itu sendiri tidak larut dalam ether. Pada lemak susu bahan-bahan yang tidak tersabun sebagian besar terdiri atas sterol. Sterol utama yang terdapat dalam susu adalah kolesterol. Sterol ini dijumpai dalam jaringan-jaringan tubuh terutama otak dan syaraf. Susu mengandung 0,015 persen kolesterol.

Vitamin A. Vitamin A yang terdapat dalam susu berasal dari bagian yang tidak tersabun dari lemak susu. Vitamin A dan karotenoid susu nampaknya terkonsentrasi pada permukaan globula lemak dan banyaknya mempunyai hubungan dengan ukuran globula. Susu yang dihasilkan pada musim panas atau pada saat padang penggembalaan banyak mengandung rumput hijau akan lebih banyak mengandung vitamin A dibandingkan dengan susu yang dihasilkan pada musim-musim dimana hijauan kurang produksinya, karena lebih banyak karoten yang terdapat di dalam hijauan akibatnya akan lebih banyak pula kemungkinannya ditransfer menjadi vitamin A dalam susu. Banyaknya karoten di dalam susu adalah 0,03 persen.

Vitamin D. Vitamin D yang terdapat di dalam susu adalah vitamin D₂, yang berasal dari ergosterol dalam makanan, dan vit D₃ yang merupakan derivat dari 7-dehidrokolesterol, yang dihasilkan dari penyinaran ultraviolet sinar matahari. Kolostrum mengandung 3 sampai 10 kali lebih banyak vitamin D dibandingkan susu normal.

Vitamin E dan K. Vitamin E yang terdapat pada susu dalam bentuk α -tocopherol. Kolostrum mengandung 2,5 sampai 7 kali lebih banyak tocopherol dibandingkan dengan susu normal. Fungsi yang tepat dari vitamin E dalam susu belum diketahui dengan jelas, diduga vitamin E bertindak sebagai antioksidan dalam lemak susu.

Susu relatif sedikit mengandung vitamin K. Tidak seperti vitamin lainnya yang larut dalam lemak, konsentrasinya dalam susu tidak dipengaruhi oleh kandungan di dalam ransum karena sejumlah besar vitamin K dapat disintesa di dalam rumen.

3. Protein

Ada tiga macam protein utama susu, yaitu : kasein, laktalbumin, dan laktoglobulin. Ketiga macam protein ini terdapat dalam bentuk koloid, tidak membentuk lapisan seperti pada lemak susu, tetapi secara seragam berdispersi dalam susu

Kasein. Kasein merupakan 80 persen dari protein total dalam susu. Selain mengandung asam-asam amino, kasein mengandung pula fosfor, dan terdapat dalam susu sebagai garam-garam kalsium yang dikenal dengan Ca-kaseinat. Kasein terdiri atas alpha, beta, gamma, dan kappa kasein. Bila pH susu 4,6–4,7; maka kasein akan dipresipitaskan/diendapkan. Kasein dapat pula dipisahkan dari susu dengan jalan menggunakan sentrifuse berkecepatan tinggi (*high speed centrifuge*). Dapat pula terjadi pengendapan karena susu menjadi asam oleh sebab bakteri. Penambahan enzim proteolitik, terutama *rennin* akan menyebabkan terjadinya endapan pula. Endapan ini merupakan

protein kompleks yang berbeda dengan pengendapan oleh asam yang menghasilkan protein yang tidak kompleks (tidak terikat). Dengan alkohol dan pemanasan 250 °F, akan menyebabkan kasein mengendap.

Laktalbumin. Laktalbumin terdiri atas sekelompok protein-protein tertentu yang mempunyai sifat-sifat kimia dan fisik hampir bersamaan. Protein-protein itu adalah β -laktoglobulin, α -laktalbumin, dan albumin serum darah. Seperti kasein, protein ini merupakan koloid dalam susu. Perbedaannya dengan kasein yaitu bahwa laktalbumin mudah mengendap bila dipanaskan, tetapi tidak menggumpal oleh rennin dan asam, juga tidak mengandung fosfor tetapi mengandung sulfur yang terdapat dalam asam amino cystein, serta sangat banyak mengandung tryptophan. Meskipun laktalbumin terdapat dalam jumlah yang kecil di dalam susu, tetapi laktalbumin sangat penting karena dari segi nutrisi merupakan komplemen dari kasein. Juga karena mudah menggumpal oleh panas, laktalbumin sangat penting dalam stabilisasi produk-produk dari susu yang terkena panas saat prosesing. Sejumlah kecil laktalbumin mungkin dikoagulasikan bila susu dipasteurisasikan.

Laktoglobulin. Kelompok protein ini terdiri atas euglobin dan immunoglobulin yang terdapat dalam jumlah 0,1 persen dari susu normal. Laktoglobulin terdapat dalam jumlah yang sangat besar dalam kolostrum. Immunoglobulin berguna sebagai antibodi. Laktoglobulin mudah dikoagulasi oleh panas dan tidak menggumpal oleh asam dan rennin.

4. Karbohidrat

Karbohidrat utama dalam susu adalah laktosa yang terdapat dalam bentuk α dan β . Kadarnya dalam susu adalah 4,8 %. Laktosa adalah disakarida jika dihidrolisa akan menghasilkan dua buah molekul gula sederhana yaitu glukosa dan galaktosa. Laktosa di alam hanya ditemukan dalam susu. Laktosa larut dalam susu, karena itu mempengaruhi stabilitas dari titik beku, titik didih, dan tekanan osmosa dari susu. Dibandingkan dengan sukrosa kemanisan laktosa hanyalah seperenam kalinya. Bakteri-bakteri tertentu mampu memfermentasikan laktosa dan menghasilkan asam laktat. Fermentasi ini menyebabkan rasa asam dari susu dan krim. Di dalam susu terkandung pula glukosa dan galaktosa dalam jumlah yang sangat kecil (trace).

5. Mineral Susu

Dua buah mineral yang paling penting adalah Kalsium (Ca) sebanyak 0,12 % dan Fosfor (P) sebanyak 0,10 %.

6. Vitamin yang larut dalam air yang terdapat dalam susu

Vitamin-vitamin B. Vitamin-vitamin B disintesa oleh mikroflora di dalam rumen. Bakteri dipecah dalam usus dan ruminansia menggunakan vitamin-vitamin yang dibebaskan untuk kepentingan tubuhnya. Oleh karena itu, konsentrasi vitamin B di dalam susu tidak dapat dipengaruhi oleh perubahan ransumnya. Susu mengandung sejumlah kecil riboflavin, inositol, dan asam pantotenat. Walaupun demikian satu quart (946,4 cc) susu dapat menyediakan 33-50 persen thiamin, 85-140 persen riboflavin, 25-60 persen vit B6, 33 persen asam pantotenat, paling sedikit 20 persen cholin, dan 20 persen biotin yang diperlukan untuk orang dewasa setiap hari. Pemberian ransum rumput yang segar akan menaikkan kandungan riboflavin 20-50 persen. Kolostrum

mengandung jauh lebih banyak thiamin, riboflavin, B6, cholin, asam folat, dan vitamin B12 dibandingkan susu normal.

Vitamin C. Vitamin C dalam susu terdapat dalam dua bentuk yang aktif, yaitu asam askorbat dan asam dehidroksiaskorbat. Kandungan vitamin C dalam susu sangat sedikit sekali dipengaruhi oleh ransum dari sapi, umur, bangsa, masa laktasi. Kolostrum mengandung 10–60 persen lebih banyak vitamin C dibandingkan dengan susu normal. Ruminansia dapat mensintesis vitamin C. Jika kandungan vitamin C dalam ransum diperbanyak kelebihan vitamin C akan dirusak oleh bakteri atau diekskresikan.

7. Non Protein Nitrogen

Non protein nitrogen (NPN) terdapat dalam jumlah yang sangat kecil (trace), yang mungkin terbentuk sebagai hasil metabolisme nitrogen dalam tubuh sapi dan dalam sintesis susu yang merupakan *by-product* atau residu. NPN yang dijumpai dalam susu, adalah ammonia, urea, kreatinin, metil guanidine, asam urat, adenin, guanin, hipoxantin, asam orotik, asam hipurat, dan indikan.

8. Lain-lain

Di dalam susu terdapat gas-gas CO₂, O₂, dan N₂. Terdapat pula *unidentified esters* dari *phosphoric acid*.

9. Enzim-enzim yang terdapat dalam susu

Enzim-enzim yang terdapat dalam susu antara lain katalase, peroksidase, xanthin oksidase, fosfatase, aldolase, amilase (α dan β), lipase, esterase, protease, karbonik anhidrase, dan selolase.

BIOSINTESIS SUSU

Ambing mengambil zat gizi dari darah, mengubahnya menjadi komponen susu, dan melepaskannya ke dalam lumen alveolar. Tingkat kejadian ini merupakan faktor fisiologis utama dalam mengatur level/tingkat produksi susu.

1. Sitologi Sel Sekretori Ambing (Diagram sel Ambing Laktasi)

Sel ambing adalah pabrik yang sangat teratur dan memiliki tingkat metabolisme tinggi. Ambing menggunakan kira-kira 80 persen dari total glukosa, asam asetat, dan asam amino darah.

1.1. Nukleus (inti)

Fungsi nucleus sel ambing adalah untuk menyebarkan informasi genetik yang terdapat dalam gena untuk sintesis protein susu dan enzim tertentu. Keadaan ini bertentangan dengan fungsi sperma dan nukli ovum yang menyebarkan informasi genetik ke seluruh bagian ternak.

1.2. Retikulum Endoplasmik

Organel ini terdiri atas sistem saluran yang terletak di dasar dua per tiga sitoplasma sel ambing. mRNA bergerak dari nucleus ke retikulum endoplasmik dan mengerjakan gabungan asam amino menjadi protein susu dan enzim dalam sel ambing. Permukaan beberapa saluran retikulum endoplasmic bertaburkan protein-RNA yang disebut ribosom. Ribosom merupakan bagian sintesis protein.

1.3. Aparatus Golgi

Aparatus Golgi berfungsi sebagai tempat membungkus protein. Sebagai contoh, Ca dan P ditambahkan ke molekul kasein dan partikel kasein (misel) dibentuk dalam aparatus Golgi. Sintesis laktosa juga terjadi di dalam aparatus Golgi. Vakuola sekretori yang mengandung protein susu, laktosa, dan air berasal dari apparatus Golgi dan muncul ke puncak sel tempat membran vakuola bertemu dengan membran plasma. Karena itu, membran sekretori menggelembung terisi membran plasma yang berkurang dengan sekresi butiran lemak. Kandungan sekretori Golgi dilepaskan ke dalam rongga alveolus oleh salah cerna membalik.

1.4. Mitokhondria

Mitokhondria sangat banyak terdapat dalam jaringan yang aktif secara metabolis. Karena itu, sel ambing dari sapi laktasi mengandung banyak mitokhondria, walaupun juga ada di sel ambing sapi non laktasi. Mitokhondria sering disebut "*sumber tenaga sel*" karena mitokhondria menghasilkan energi yang diperlukan untuk sintesis lemak susu, laktosa, dan protein.

1.5. Lisosom

Partikel ikat membran ini mengandung enzim pemecah yang jika dikeluarkan menyebabkan pemecahan dan kematian sel. Salah satu mekanismenya adalah karena hormon memelihara sel ambing selagi laktasi. Pemeliharaan ini menstabilkan membran lisosom yang mencegah kebocoran enzim ke dalam sitoplasma. Bila sel mati, enzim ini dilepaskan dan membantu mencerna dan menghilangkan sel dari tubuh. Lisosom terutama aktif saat involusi jaringan ambing seperti yang terjadi pada awal periode kering atau selagi mastitis.

1.6. Membran Seluler

Membran membungkus seluruh organel. Membran yang disebut membran plasma membentuk batas luar seluruh sel ambing. Membran menampilkan kekhasan penting seperti perlakuan bahan kimia ke dalam berbagai bagian sel. Sebagai contoh, zat gizi dari kapiler memasuki sel melalui membran plasma dengan mudah. Kenyataannya, zat gizi dapat dikonsentrasikan berkali-kali. Zat gizi lain yang ada dalam darah tak dapat masuk. Saat susu berisotonik dengan darah, susunan individual dalam susu dan darah dalam keadaan tidak berimbang. Contoh, susu mengandung lemak 9 kali lebih banyak, gula 90 kali lebih banyak, kalium 5 kali lebih banyak, fosfor 10 kali lebih banyak, kalsium 13 kali lebih banyak, natrium 1/7 bagian, dan protein 1/2 bagian darah.

1.7. Mikrotubula

Mikrotubula penting untuk pembelahan sel, membentuk sel ambing, dan membantu gerakan vakuola sekretori ke puncak sel.

1.8. Sitoplasma

Sitoplasma adalah matriks cairan yang mengandung banyak sel ambing. Sebagian besar material fraksi ini dapat larut; seperti enzim, zat gizi, dan produk makro molekuler. Pemecahan anaerobik glukosa, sintesis asam lemak, dan pengaktifan asam amino untuk sintesis protein terjadi dalam sitoplasma terlarut. Pemecahan anaerobik glukosa penting terjadi sebelum glukosa dapat dipecah di dalam mitokhondria untuk menghasilkan energi.

2. Pelepasan Susu Ke dalam Lumen Alveoler

Pelepasan susu ke dalam lumen alveolus terjadi tanpa menampakkan bagian dalam sel. Komponen individual susu disimpan terpisah di dalam sel ambing. Karena itu, susu sebenarnya belum terbentuk sampai komponen susu masuk ke lumen alveoler tempat komponen-komponen ini bercampur. Butir lemak terbentuk di sebagian kecil sel. Kemudian, ukurannya membesar dan bergerak perlahan ke lumen alveoler. Membran sel membungkus butir lemak saat butir lemak menekan ke luar sel. Kemudian, butir lemak dijepit oleh membran luar permukaan sel dan menjadi bebas di dalam alveolus. Sebaliknya, protein susu dibungkus di dalam sel ambing seperti butiran asing di dalam vakuola. Lalu, protein susu dilepaskan ke dalam lumen alveoli tanpa

melepaskan penutup membran sel. Laktosa terdapat dalam vakuola sekretori dan dilepaskan ke lumen alveoler bersama dengan protein. Sejumlah air dialirkan ke susu melalui vakuola. Mekanisme yang menyebabkan sisa komponen kimia susu memasuki lumen alveoli belum diketahui.

3. Biosintesis Protein Susu

Sebagian besar protein makanan manusia disusun dari asam amino esensial dan nonesensial. Asam amino esensial harus dipasok dalam makanan, sedangkan asam amino nonesensial dibentuk di dalam tubuh dari asam amino esensial atau karbohidrat. Protein susu mengandung lebih banyak asam amino esensial dari makanan alami lainnya. Dengan demikian, kandungan protein susu terutama menyebabkan ungkapan "susu adalah makanan alami yang hampir mendekati sempurna".

3.1. Prekursor

Protein primer susu adalah α -kasein, β -kasein, κ -kasein, γ -kasein, α -laktal-bumin, dan β -laktoglobulin. Protein-protein mencakup lebih dari 90 % protein total susu dan hanya ditemukan di dalam susu serta tidak terdapat di tempat lain dalam alam. Seluruh protein disintesis dalam sel sekretori ambing dari sumber bersama asam amino bebas. Sel ambing berlaktasi mengambil beberapa asam amino esensial dari darah. Pengambilan ini melebihi hasil asam amino di dalam usus. Kelebihan asam amino digunakan sebagai sumber energi dan membentuk asam amino nonesensial. Di dalam susu, kasein menjadi terkumpul ke dalam struktur seperti benang yang disebut misel. Fungsi utama kasein adalah memberi asam amino untuk pedet. Fungsi lainnya juga sudah diketahui. Sebagai contoh, α -kasein menstabilkan misel kasein. Jika tidak, dadih akan terbentuk di dalam susu. β -laktoglobulin menyebabkan sifat aroma matang pada susu yang dipanasi. Panas mendenaturasi β -laktoglobulin sehingga formasi dadih terbentuk. Keadaan ini penting pada pembuatan keju secara kecil-kecilan.

Imunoglobulin dan albumin serum darah memasuki sel ambing dari darah dan tidak berubah di dalam susu. Sintesis protein ini dari asam amino dalam sel ambing tidak dibutuhkan.

3.2. Reaksi Biokimia

Jumlah total protein susu relatif sedikit. Protein hasil selalu disusun dari jumlah sama asam amino yang disiapkan dalam rangkaian yang sama. Lebih lanjut, tiap individu sapi selalu menghasilkan protein susu yang sama, tetapi mungkin berbeda dari sapi lainnya. Sedikit protein susu asing ditemukan hanya pada sapi, keluarga sapi, atau bangsa tertentu.

Sintesis protein susu dengan rangkaian asam amino khasnya adalah proses yang terkontrol secara ketat. Gena atau DNA mengontrol langsung sintesis protein. Penyelesaian sintesis protein terjadi sebagai berikut. Pesan genetik DNA dalam nukleus disampaikan ke mRNA yang bergerak ke ribosom. Di sana mRNA menerjemahkan pesan yang mengkhususkan rangkaian asam amino protein susu.

Sintesis protein memerlukan energi. Energi berasal dari pemecahan adenosin trifosfat (ATP) menjadi adenosin monofosfat (AMP). Pada ruminan, ATP berasal dari oksidasi karbohidrat terutama glukosa, dari asetat, dan dari lemak. Karena itu, sintesis protein susu optimal tidak terjadi jika ransum tidak memasok energi yang berimbang.

Rangkaian langkah yang diperlukan untuk menyusun protein susu. Awalnya, ada pengaktifan asam amino di sitoplasma sel ambing sekretori oleh enzim ATP (Langkah 1). Asama amino teraktivasi bersatu dengan RNA lainnya yang disebut RNA peubah atau tRNA (Langkah 2). Tiap 18 asam amino umum yang ditemukan di dalam protein susu mempunyai enzim pengaktifnya sendiri dan tRNA. Gabungan asam amino-tRNA bergerak dari sitoplasma ke ribosom yang mengandung pesan genetik dalam bentuk mRNA. Tipe ketiga RNA disebut ribosom atau rRNA yang menyatukan tRNA dengan mRNA (Langkah 3). Dengan demikian, asam amino individu terikat satu setiap waktu dan membentuk rantai panjang asam amino. Akhirnya, terbentuk protein susu di ribosom sel sekretori ambing. Rantai asam amino berasal dari saluran di dalam ribosom dan masuk ke lumen saluran retikulum endoplasmik. Rantai asam amino diperpendek saat rantai melewati membran retikulum endoplasma. Pemotongan rantai ini merupakan ciri khas protein susu. Protein bergerak melalui lumen retikulum endoplasma ke aparatus Golgi dan vakuola sekretori serta melepaskan isinya.

4. Metabolisme Karbohidrat

Karbohidrat utama dalam darah sapi yaitu glukosa. Sebagian besar karbohidrat ransum difermentasi menjadi asam lemak terbang di dalam rumen sapi perah. Salah satu asam lemak ini adalah propionat. Propionat diubah menjadi glukosa di dalam hati. Sumber penting lainnya dari glukosa darah ruminan berasal dari pemecahan protein (*glukoneogenesis*) di perifer jaringan ambing. Level glukosa darah ruminan hanya setengah dari yang ditemui dalam hewan nonruminan. Pengambilan ambing terhadap glukosa merupakan faktor pembatas utama untuk sekresi susu maksimal sapi perah.

4.1. Penggunaan Glukosa

Glukosa darah sapi digunakan oleh sel ambing dalam berbagai cara dan tiap alur penting untuk membentuk susu. Contoh memperlihatkan keadaan seperti berikut. (1) Glukosa digunakan untuk mensintesis gula utama susu berupa laktosa. (2) Glukosa adalah sumber utama energi yang berbentuk ATP. (3) Glukosa dapat digunakan untuk menyusun gliserol dari trigliserida susu. Dan (4), glukosa digunakan dalam sintesis RNA. Tanpa glukosa, sintesis susu hanya berlanjut dalam beberapa menit.

4.2. Biosintesis Laktosa

Gula utama susu adalah disakarida yang berbentuk laktosa. Laktosa disusun oleh satu molekul glukosa dan satu molekul galaktosa. Laktosa bertanggung jawab langsung terhadap rasa manis susu. Laktosa juga merangsang pertumbuhan bakteri tertentu yang membentuk asam laktat

di dalam usus halus pedet. Dan, asam laktat dipercaya membantu penyerapan Ca dan P untuk pembentukan tulang pedet muda.

Glukosa merupakan prekursor laktosa. Dua molekul glukosa memasuki sel ambing untuk tiap molekul laktosa yang dibentuk. Kondensasi molekul glukosa kedua terjadi di dalam aparatus Golgi dan dikatalis oleh enzim yang disebut laktosa sintetase. Enzim ini disusun oleh dua subunit. Salah satu sub unit ini adalah α -laktalbumin yang menjadi komponen protein utama dalam susu. Karena itu, α -laktalbumin berfungsi sebagai enzim dan protein untuk pakan pedet.

5. Biosintesis Lemak Susu

Lemak dalam susu sapi bersifat sebagai trigliserida campuran (Gambar 6) dengan proporsi agak tinggi (kira-kira 50 %) asam lemak rantai pendek ($C_4 - C_{16}$). Setengahnya lagi lemak susu dibentuk dari asam lemak rantai panjang ($C_{18} - C_{20}$). Susu sapi memiliki karakteristik lain berupa proporsi tinggi asam lemak jenuh. Kandungan lemak susu mendasari kepentingan tambahan karena merupakan faktor utama dalam penentuan harga susu.

5.1. Prekursor asam lemak rantai-panjang

Asam lemak dalam ransum sapi membentuk langsung kira-kira setengah asam lemak yang terdapat dalam susu. Asam-asam lemak ini hampir seluruhnya berupa rantai panjang. Kebanyakan asam lemak tanaman dalam ransum sapi adalah asam lemak rantai-panjang dan tidak jenuh, karena banyak mengandung ikatan rangkap di antara atom-atom karbon. Kebanyakan asam lemak tidak jenuh ransum menjadi tidak terhidrogenasi (jenuh) di dalam rumen. Perubahan ini menyebabkan sejumlah besar asam lemak jenuh di dalam susu sapi.

Setelah melewati rumen, asam lemak rantai-panjang diserap dari usus halus masuk ke dalam sistem limfe, dalam hal ini lakteal. Lalu, asam lemak ini terikat ke protein dan masuk ke dalam darah. Selanjutnya, ikatan ini diserap dari darah oleh sel sekretori ambing. Macam ransum mempengaruhi panjang rantai lemak yang disekresikan ke dalam susu. Derajat kejenuhan sedikit lebih rendah karena rumen tidak 100 % efisien dalam menjenuhkan seluruh asam lemak dalam ransum.

Kandungan tinggi asam lemak jenuh dari susu sapi menimbulkan anjuran untuk mengurangi konsumsi lemak susu dalam pangan manusia. Beberapa ahli berteori bahwa lemak hewan jenuh dibandingkan lemak nabati tidak jenuh. Lemak jenuh akan mempertinggi kolesterol dan menumpuk dalam arteri manusia sehingga disebut arteriosklerosis. Bukti yang ada hingga kini menduga bahwa jumlah total kalori yang masuk relatif berlebih dari pada pengeluaran energi ditambah faktor-faktor lainnya menyebabkan seseorang menderita arteriosklerosis. Keadaan ini lebih penting dari macam lemak yang terdapat dalam makanan itu sendiri.

5.2. Prekursor asam lemak rantai-pendek

Asam lemak rantai-pendek yang mencakup 50 % lemak susu tidak berasal langsung dari asam lemak ransum disintesis di dalam sel sekretori ambing dari asetat dan badan keton yang berupa β -hidroksibutirat. Asetat adalah unit 2-karbon sedangkan β -hidroksibutirat molekul 4-karbon. Keduanya berasal dari fermentasi karbohidrat tanaman menjadi asam lemak terbang di dalam rumen. Asam lemak rantai-pendek sangat berbau dan sangat mempengaruhi aroma dan rasa keju.

Asam lemak rantai-pendek disintesis oleh jalur 2-karbon asal asetat yang berupa asetil-koenzim A (CoA). Awalnya, CO_2 bergabung dengan asetil-CoA membentuk 3-karbon intermediet yang berbentuk malonil-CoA. Kemudian, molekul tambahan asetil-CoA bersatu dengan malonil-CoA. Satu molekul CO_2 dilepaskan. Kemudian, asam lemak 4-karbon dihasilkan. Keberhasilan pengulangan proses ini menyebabkan berbagai ukuran panjang dibentuk. Sel sekretori ambing juga mampu mensintesis asam lemak rantai-pendek dengan mengubah β -hidroksibutirat menjadi butirat setelah penambahan CoA yang membentuk butiril-CoA. Bentuk antara yang sama juga terjadi pada penggunaan asetat. Jalur sekunder terdapat untuk penggunaan β -hidroksibutirat. Dalam jalur ini, asam lemak 4-karbon dipecah menjadi unit 2-karbon dan digunakan sebagai asetat.

Asetat lebih banyak digunakan daripada β -hidroksibutirat untuk sintesis lemak susu, selain itu asetat memberi tambahan energi untuk sel ambing. Karena sumbangannya yang besar terhadap sintesis susu, produksi asetat di dalam rumen sapi perah penting untuk produksi susu optimal.

6. Vitamin, Mineral, dan Air

Sel sekretori ambing tidak dapat mensintesis vitamin atau mineral. Karena itu, seluruh vitamin dan mineral susu dipasok dari darah.

Kalsium, fosfor, kalium, khlor, natrium, dan magnesium adalah mineral utama susu. Walaupun mineral susu berasal dari darah, tetapi belum diketahui apakah jumlah yang diserap sebanding dengan konsentrasinya dalam darah. Juga belum diketahui mekanisme pengambilan terpilih. Ada bukti bahwa sel epitel dapat melepaskan mineral ke dalam darah seperti ke dalam usus. Keadaan ini disebut metabolisme aktif.

Biasanya di dalam susu terdapat persentase laktosa, natrium, dan kalium dalam jumlah konstan. Mineral-mineral ini ditambah dengan khlor mengatur keseimbangan osmotik susu. Terdapat hubungan terbalik antara konsentrasi dalam susu. Hubungan serupa terjadi antara laktosa dan kalium saja.

Air terutama berasal dari cairan intrasseluler kaya-kalium dari sel alveoler dan terutama adanya aliran darah ke dalam sel untuk memelihara keseimbangan osmotik sebagai hasil sintesis laktosa, protein, dan lemak. Susu berada dalam keseimbangan osmotik dengan darah. Laktosa mengatur hampir 50 % dari tekanan osmotik susu. Karena itu, peningkatan konsentrasi laktosa menyebabkan air mengalir ke dalam dan kandungan natrium dan khlor susu menurun. Proses ini lebih lanjut mempengaruhi produksi susu, terutama karena air memenuhi sebanyak 87 % dari susu.

Sapi dengan mastitis atau mendekati akhir laktasi hampir secara tidak bervariasi memiliki produksi susu menurun dengan kandungan laktosa dan kalium rendah serta kandungan natrium dan khlor naik. Keadaan ini menyebabkan rasa asin susu sapi saat laktasi berkembang.

Tabel 6. Prekursor Darah Kandungan Susu

No	Kandungan susu	Prekursor dalam darah
1.	Protein	
	α-kasein	Asam amino bebas
	β-kasein	Asam amino bebas
	κ-kasein	Asam amino bebas
	γ-kasein	Asam amino bebas
	α-laktalbumin	Asam amino bebas
	β-laktoglobulin	Asam amino bebas
	Imuno globulin	Imuno globulin
	Albumin serum susu	Albumin serum darah
2.	Karbohidrat	
	Laktosa	Glukosa
3.	Lemak	
	Asam lemak rantai panjang	Asam lemak rantai panjang
	Asam lemak rantai pendek	Asetat dan β-hidroksibutirat
4.	Vitamin	Vitamin
5.	Mineral	Mineral
6.	Air	Air

7. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Komposisi dan Jumlah Susu

Beberapa bagian susu hampir selalu dijumpai dalam jumlah yang sama sedangkan komponen lainnya diketahui sangat bervariasi. Faktor utama yang menggantikan komposisi susu adalah jumlah total susu yang dihasilkan pada tiap pemerahan. Karena itu, banyak faktor mempengaruhi komposisi susu. Tetapi, mekanisme yang mempengaruhi komposisi susu terjadi tidak langsung dengan mekanisme langsung terhadap jumlah produksi susu. Sebagai tambahan, perubahan komposisi susu dari pemerahan ke pemerahan berikut tidak dapat diuraikan secara rinci. Sebagai contoh, persentase lemak susu bervariasi sebanyak 30 % dengan penyebab yang tidak diketahui.

Banyak elemen dalam tubuh sapi dan lingkungan luarnya mempengaruhi produksi dan komposisi susu. Seperti yang didiskusikan pada subbab berikut, peternak dapat menghilangkan faktor-faktor ini untuk mencapai produksi susu tinggi dan meningkatkan keuntungan.

7.1. Genetik dan Nutrisi

Genetik dan nutrisi sangat mempengaruhi hasil dan komposisi susu.

7.2. Tingkat Laktasi dan Persistensi

Sekresi yang dihasilkan ambing saat baru selesai beranak dikenal sebagai kolostrum. Komposisi kolostrum berbeda dari komposisi susu normal. Biasanya diperlukan waktu 3 sampai 5 hari setelah beranak agar komposisi susu menjadi normal. Selama periode ini bahan padat terutama fraksi globulin atau protein meningkat. Secara praktis pedet yang baru lahir tidak memiliki gama globulin. Gama globulin adalah bagian darah yang mengandung antibodi untuk melawan berbagai organisme penyakit. Karena itu, pedet harus tidak mencerna gama globulin dari kolostrum untuk mendapat imunitas pasif melawan penyakit umum pedet. Pemberian kolostrum terutama kritis pada waktu 12 sampai 24 jam pertama hidup pedet. Setelah waktu ini, enzim dalam saluran pencernaan memecah antibodi dan permeabilitas usus menurunkan antibodi. Dengan demikian, antibodi kehilangan keefektivannya sesuai dengan umur setelah lahir. Cekaman panas atau dingin mengurangi transfer imunoglobulin ke serum darah pedet baru lahir. Pedet baru lahir memiliki mekanisme termoregulator rendah sehingga harus mendapat perlindungan dari cuaca ekstrim.

Kandungan laktosa menurun sedangkan persentase kasein dan lemak kolostrum bervariasi. Pakan mengandung laktosa tinggi dapat menyebabkan pedet mencret. Mengurangi kandungan laktosa kolostrum menolong mencegah terjadinya penyakit ini. Kalsium, magnesium, fosfor, dan klor terdapat banyak dalam kolostrum sedangkan kalium sedikit. Besi terdapat 10 sampai 17 kali lebih banyak dalam kolostrum daripada susu normal. Level tinggi besi ini diperlukan untuk peningkatan dengan cepat hemoglobin sel darah merah pedet baru lahir. Kolostrum mengandung lebih banyak 10 kali vitamin A dan 3 kali vitamin D daripada susu normal. Pedet baru lahir juga secara praktis kekurangan vitamin A. Vitamin A diperlukan untuk melawan berbagai penyakit sehingga pedet harus memperoleh kolostrum.

Saat beranak, produksi susu berada pada tingkat relatif tinggi. Jumlah yang disekresikan terus meningkat selama 3 hingga 6 minggu. Sapi penghasil tinggi biasanya memerlukan waktu lebih lama daripada sapi penghasil rendah untuk mencapai produksi puncak. Setelah puncak dicapai, produksi susu menurun secara beraturan. Tingkat penurunan biasa dianggap sebagai persistensi. Setelah mencapai produksi puncak, sapi tidak bunting menghasilkan susu sebanyak 94 sampai 96 % dari hasil bulan sebelumnya. Banyak sapi tidak bunting melanjutkan menghasilkan susu sampai waktu tidak terbatas tetapi pada tingkat rendah. Menjaga produksi susu puncak tertinggi sebaiknya merupakan tujuan peternak. Keadaan ini tidak akan pernah tercapai. Kenyataannya, ada kecenderungan kuat sapi yang mempunyai produksi awal tinggi kurang mampu mempertahankan persistensi. Selama tingkat awal laktasi, rangsangan untuk menghasilkan susu mengatasi berbagai masalah lingkungan atau manajemen, misalnya prosedur pemerahan

buruk atau pemberian pakan jelek. Tetapi, pada laktasi selanjutnya penurunan produksi susu lebih besar daripada laktasi awal.

Persentase lemak susu menurun jelas selama 2 sampai 3 bulan bulan pertama laktasi, kemudian meningkat sejalan dengan penurunan produksi total perkembangan laktasi. Kandungan protein susu secara beraturan meningkat sesuai dengan perkembangan laktasi. Laktosa menurun sedangkan konsentrasi mineral meningkat pada masa ini. Perubahan ini digambarkan pada Gambar 2. Kebanyakan peningkatan komponen SNF susu dihubungkan dengan tingkat kebuntingan yang terjadi daripada tingkat laktasi itu sendiri. Ke arah akhir laktasi komposisi susu cenderung mencapai komposisi darah.

7.3. Tingkat Sekresi Susu

Tingkat sekresi susu berlangsung cepat dan relatif konstan selama 8 hingga 10 jam setelah pemerahan dan rendah sebelum dan selama pemerahan. Susu mengumpul selama selang pemerahan. Tekanan intramamari meningkatkan sekresi susu dan tingkat sekresi susu menurun tiap jam. Umumnya peningkatan tekanan intramamari pada sapi produksi tinggi terlihat lebih kecil daripada sapi produksi rendah untuk menghasilkan jumlah susu yang sama.

Kapasitas ambing menahan dan melepaskan susu sangat berperan terhadap tingkat sekresi susu. Biasanya ambing besar menghasilkan susu banyak daripada ambing kecil. Penelitian pada sapi Jersey menunjukkan bahwa jumlah maksimal laktasi puncak yang dapat disekresikan atau disimpan pada saat yang sama adalah 54 lb. Keadaan ini dicapai selama hampir 35 jam setelah pemerahan terakhir. Frekuensi pengeluaran susu merangsang meningkatkan sekresi susu dan menurunkan tekanan intramamari.

Telah banyak ditulis bahwa peningkatan tekanan intramamari mengurangi tingkat sekresi susu. Penelitian ini menggunakan akumulasi susu untuk membentuk tekanan intramamari. Karena itu, ada kemungkinan yang timbul bahwa komponen spesifik susu berperan dalam sel ambing untuk menghalangi sekresinya sendiri, bebas dari tekanan intramamari.

7.4. Tindakan Pemerahan

Sapi biasanya diperah dua kali setiap hari. Peningkatan frekuensi pemerahan menjadi tiga kali sehari menaikkan produksi susu sebanyak 10 hingga 25 % dan pemerahan empat kali sehari menambah lagi produksi sebanyak 5 sampai 15 %. Peningkatan produksi susu ini bernilai atau tidak dihubungkan dengan penambahan biaya tenaga kerja, pakan, dan peralatan yang tergantung pada keadaan peternakan tersebut. Kerja bernilai ekonomis bila frekuensi pemerahan lebih dari dua kali sehari terhadap sapi yang diperah pada tempat dengan pelepas cangkir otomatis. Hasil susu menjadi tiga kali lebih besar dibandingkan tingkat awal laktasi. Kebutuhan pakan meningkat sesuai dengan jumlah hasil susu.

Susu yang pertama kali dikeluarkan dari ambing mengandung lemak lebih sedikit (turun 1 sampai 2 %) dibandingkan akhir proses pemerahan (naik 7 hingga 9 %). Alasan untuk pembagian globuli lemak ini belum diketahui. Telah dibuktikan bahwa globuli lemak menggumpal di dalam alveoli. Gumpalan globuli lemak tertahan saat lewat ke arah puting. Bagian cairan lebih mudah melewati gumpalan globuli lemak ke arah dasar ambing dan puting. Karena itu, pemerahan pendahuluan cepat menyebabkan susu dalam saluran besar kelenjar mempunyai lemak lebih sedikit dibandingkan di dalam alveoli.

Sapi yang diperah dua kali sehari dengan selang 10 dan 14 jam menghasilkan susu kira-kira 1 %, lebih sedikit daripada rata-rata sapi yang diperah pada selang 12 dan 12 jam. Sapi penghasil tinggi dapat memperlihatkan halangan lebih besar dalam menghasilkan susu. Sapi penghasil rendah yang diperah pada selang 16 dan 8 jam menghasilkan hanya 1,3 % lebih sedikit susu daripada sapi yang sama diperah dengan selang 12 dan 12 jam. Selang 16 dan 8 jam mengurangi produksi susu sebanyak 4 sampai 7 % pada sapi penghasil tinggi dan dara. Peternak yang pemerah 80 hingga 200 sapi tidak berkelompok di ruang perah mungkin pemerah individu sapi dengan selang tidak sama setiap hari. Pengelompokan sapi berdasarkan hasil susu atau tingkat fisiologis menyebabkan sapi penghasil tinggi dan dara dapat diperah dengan selang 12 dan 12 jam.

Sapi yang diperah selama 4 menit sepanjang laktasi menghasilkan lebih sedikit susu, terutama pada laktasi awal, daripada sapi yang sama diperah 8 menit. Kelompok 4 menit diperah tidak lengkap sedangkan kelompok 8 menit diperah berlebih. Waktu pemerahan kebanyakan sapi biasanya sedikit di atas 5 menit agar pengeluaran susu maksimal. Penyisaan 4 lb susu dalam ambing setelah pemerahan selama 10 hari berurutan secara permanen mengurangi hasil susu satu masa laktasi. Sapi yang diperah dengan mesin menurut metode setrip secara nyata menghasilkan susu lebih sedikit daripada sapi yang diperah tanpa tanpa metode setrip. Pemerahan mesin metode setrip membutuhkan waktu lebih lama. Karena itu, mesin setrip tidak dianjurkan. Jika dilakukan, pemerahan mesin setrip sebaiknya berlangsung singkat.

7.5. Umur dan Ukuran Sapi

Pertambahan hasil susu semakin berkurang hingga kira-kira umur 8 tahun, tergantung pada bangsa, kemudian menurun cepat. Penurunan setelah 8 tahun lebih lambat daripada peningkatan sebelum umur ini. Sapi dewasa menghasilkan susu 25 % lebih banyak daripada sapi dara umur 2 tahun. Peningkatan berat tubuh menaikkan hasil susu sebanyak 5 % sedangkan sisanya yang 20 % karena perkembangan ambing selama kebuntingan.

Lemak susu dan SNF masing-masing menurun 0,2 dan 0,4 % antara laktasi pertama dan kelima. Perubahan yang terjadi sedikit. Laktosa menurun sesuai dengan SNF.

Dara sebaiknya dikawinkan agar beranak pada umur 24 bulan atau kurang jika tubuhnya cukup baik untuk menghasilkan anak. Sapi dara

akan menghasilkan susu lebih banyak pada laktasi pertama jika perkawinan ditunda sampai pada satu titik hingga dara beranak pada umur 30 bulan. Yang menjadi masalah adalah masa produksi menjadi berkurang.

Umumnya, sapi besar menghasilkan susu lebih banyak daripada sapi kecil. Walaupun begitu, hasil susu tidak berhubungan langsung dengan berat badan. Hasil susu berkisar sebanyak 0,7 kali dari berat tubuh yang kira-kira mendekati luas permukaan tubuh sapi. Karena itu, sapi yang memiliki tubuh dua kali lebih besar dari sapi lainnya biasanya menghasilkan susu sebanyak 70 % sedangkan sapi kecil mampu memproduksi susu 100 %.

Estrus secara temporer menekan produksi susu, walau bukti penelitian tidak menunjukkan hal yang konstan. Sapi penghasil susu tinggi sering menunda estrusnya setelah beranak.

Sapi dengan siste folikel di ovari menghasilkan susu lebih banyak sesuai dengan hari tidak buntingnya dibandingkan sapi kawin normal. Sapi ini menghasilkan jumlah susu yang sama sebelum sistik ovari muncul. Keadaan ini menyimpulkan bahwa sistik ovari meningkatkan produksi susu dan produksi tinggi susu tidak menyebabkan timbulnya sistik ovari. Produksi susu sapi sistik lebih persisten daripada produksi susu sapi kawin normal. Sapi sistik anestrus menghasilkan susu lebih banyak daripada sapi sistik nimpomaniak.

Kebuntingan mengurangi produksi susu laktasi berjalan. Sebagai contoh, sapi yang dikawinkan pada 90 hari setelah beranak menghasilkan susu 750 sampai 800 lb lebih sedikit selama 305 hari daripada sapi yang dikawinkan pada 240 hari setelah beranak. Kebanyakan hasil yang direduksi ini terjadi pada bulan kelima kebuntingan. Pada bulan kebuntingan kedelapan produksi susu berkurang sebanyak 20 % dibandingkan dengan sapi tidak bunting dan panjang waktu yang sama. Walaupun begitu, selang beranak teratur adalah rangsang utama untuk produksi tinggi susu. Faktor-faktor seperti pakan, tenaga kerja, keuntungan gagal beranak, nilai periode patokan, dan efisiensi reproduktif sebaiknya dievaluasi sebelum keputusan diambil terhadap selang beranak. Hampir pada seluruh keadaan peternakan sebaiknya sapi dikawinkan kembali pada estrus pertama yang terjadi 45 sampai 50 hari setelah beranak.

7.6. Siklus Estrus dan Kebuntingan

7.7. Periode Kering

Sebaiknya sapi mendapat periode istirahat selama 6 sampai 8 minggu di antara laktasi-laktasi. Periode kering lebih panjang atau lebih pendek akan mengurangi produksi susu yang akan datang. Akan tetapi, untuk memaksimalkan masa waktu produksi susu harus ada keseimbangan antara produksi susu yang hilang saat periode kering dan penambahan produksi pada laktasi berikutnya. Antara dua laktasi berurutan, periode kering optimum menurun dari 63 sampai 23 hari pada peningkatan umur beranak dari 24 menjadi 83 bulan. Sapi yang beranak dengan selang

beranak kurang dari 340 hari memerlukan periode kering paling sedikit 55 hari.

Prosedur terbaik untuk mengeringkan sapi adalah dengan menghilangkan seluruh butiran dan mengurangi pasokan air beberapa hari sebelum periode kering mulai. Kemudian, tiba-tiba pemerahan sapi dihentikan. Setelah pemerahan dihentikan, tekanan intramamari meningkat dan menghalangi produksi susu selanjutnya. Sebaiknya sapi diperah jika ambing terlihat sangat penuh. Tetapi, usaha ini menyebabkan rangsangan sintesis susu berikutnya karena tekanan intramamari berkurang dan hormon dilepaskan. Mungkin pemerahan kembali lebih penting untuk mengeluarkan leukosit dari ambing pada waktu tertentu bila diperlukan untuk mengurangi infeksi. Biasanya tidak perlu untuk pemerah kembali jika produksi susu mencapai 20 lb sehari sebelum pemerahan dihentikan. Bukti menunjukkan bahwa bila pengeringan sapi untuk terapi mastitis tidak dapat dilakukan maka pemerahan berselang selama beberapa hari untuk mengeringkan sapi menyebabkan mastitis berikutnya berkurang.

7.8. Lingkungan

Hubungan umum antara temperatur lingkungan, produksi susu, dan konsumsi pakan digambarkan pada Gambar 9. Peningkatan temperatur lingkungan menaikkan tingkat pernapasan. Reaksi ini merupakan mekanisme primer bangsa sapi perah Eropa untuk membuang panas. Sebagai contoh, tingkat pernapasan meningkat kira-kira 5 kali lipat bila temperatur naik dari 50 menjadi 105 °F. Produksi susu dan konsumsi pakan berkurang secara otomatis dalam usaha mengurangi produksi panas tubuh bila temperatur naik. Kenyataannya, penurunan nafsu makan merupakan penyebab utama produksi susu turun saat cekaman panas. Cekaman panas lebih mempengaruhi sapi penghasil tinggi daripada penghasil rendah. Cekaman panas terutama berbahaya saat puncak laktasi.

Produksi susu menurun bila temperatur melebihi 80 °F bagi sapi Holstein dan Brown Swiss, 85 °F untuk Jersey, dan 90 hingga 95 °F untuk Brahman. Temperatur optimal untuk bangsa sapi Eropa kira-kira 50 °F. Kelembaban tinggi berpengaruh merugikan bila temperatur melebihi 75 °F.

Umumnya, persentase SNF dan lemak susu terbesar pada musim dingin dan terendah pada musim panas. Sapi yang beranak pada musim gugur atau dingin menghasilkan lemak dan SNF lebih banyak daripada sapi yang beranak di musim semi dan panas. Pada temperatur tinggi (di atas 85 °F) produksi susu lebih sering menurun daripada produksi lemak. Penurunan produksi hanya sedikit menaikkan persentase lemak. Pada temperatur tinggi ada peningkatan khlor dan penurunan kandungan laktosa dan protein susu. Penurunan temperatur di bawah 75 °F menaikkan persen lemak dan SNF.

Penggunaan naungan, kipas angin, penyiraman, atau udara dingin menghilangkan cekaman panas. Pengaturan udara sapi di Florida merangsang hasil susu hampir 10 %. Hanya, biaya penggunaan sistem ini menghalangi manfaat komersialnya. Mungkin lebih penting memilih

macam pakan yang tepat dan menentukan memelihara sapi yang tidak berkurang makan saat kena cekaman panas. Udara yang disemprotkan ke atas air dan masuk ke dalam naungan dingin penguap murah dapat mengurangi temperatur udara sebanyak 12 °F. Dari sapi perah yang mendapat naungan menghasilkan susu lebih banyak dari yang tidak mendapat naungan. Di daerah iklim lembab subtropis naungan atap bersekat dipasang tempat pakan dan minum dibawahnya sehingga sapi tidak perlu meninggalkan naungan saat panas. Pada keadaan ini sapi yang mendapat naungan berproduksi 11 % lebih banyak dari yang tidak mendapat naungan. Spesifikasi naungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil susu seluruh laktasi biasanya lebih besar bila sapi beranak pada musim gugur atau awal musim dingin. Produksi jelas menurun jika sapi beranak pada musim dingin, bunga, dan panas. Sapi menghasilkan lebih banyak susu saat beranak di musim gugur mungkin karena temperatur optimal, tidak ada lalat, dan pakan lebih mudah dicerna saat musim gugur, dingin, dan awal bunga dibandingkan saat musim panas. Karena itu, sapi yang beranak pada musim gugur berada pada tahap akhir produksi atau kering saat musim panas yang merugikan. Efek musim beranak secara praktis dapat diabaikan bila sapi mendapat ransum kering terlindung sepanjang tahun seperti di California.

Cekaman panas selama 1/3 kebuntingan terakhir mengurangi berat lahir pedet, mengganti fungsi endokrin selama kebuntingan, dan mengurangi hasil susu yang akan datang. Penggunaan naungan selama kebuntingan mengurangi pengaruh cekaman panas yang merugikan.

Gerak olah yang cukup merangsang produksi susu tinggi, tetapi terlalu sedikit atau banyak akan merugikan. Karena itu, sapi yang ditambatkan sebaiknya dikeluarkan dua kali sehari untuk gerak olah dan deteksi berahi. Sapi di padang rumput membutuhkan energi lebih banyak daripada sapi yang mendapat pakan di kandang. Fakta menunjukkan bahwa energi yang diperlukan untuk merumput di padang rumput jelek musim panas sebanyak dua kali kebutuhan hidup pokok.

7.9. Penyakit dan Obat

Banyak penyakit berpengaruh merugikan terhadap produksi susu dan mengubah komposisi susu. Penyakit tersebut misalnya mastitis, ketosis, demam susu, dan salah cerna.

Berbagai obat termasuk pestisida yang digunakan pada perlakuan ternak disekresikan ke dalam susu. Susu seperti itu sebaiknya dibuang untuk mencegah obat masuk ke dalam pasokan pangan manusia. Antibiotik dan pestisida tidak dibenarkan berada dalam susu. Susu seperti itu dilarang dijual. Peternak sebaiknya berkonsultasi dengan tenaga medis tentang berapa lama waktu dibutuhkan untuk tidak menjual susu setelah sapi menerima obat.

8. Ringkasan

Sel ambing laktasi adalah struktur sangat teratur yang dapat menggunakan 80 % zat gizi tersedia dalam darah untuk membentuk susu. Sebagian besar protein susu dan laktosa hanya dijumpai di dalam susu. Lemak susu sapi mempunyai banyak asam lemak rantai-pendek yang jenuh. Asam amino bebas, glukosa, asetat, dan asam lemak rantai-panjang adalah prekursor darah utama dari masing-masing protein susu, laktosa, serta asam lemak rantai-panjang dan pendek. Pembatasan prekursor ini mengurangi produksi dan mengubah komposisi susu.

Umumnya, produksi susu dan persen lemak susu berhubungan negatif. Genetik, level nutrisi, tingkat laktasi, dan temperatur lingkungan mempengaruhi hasil dan komposisi susu. Ambing kapasitas besar yang sering diperah dan lengkap sedikitnya dua kali sehari dengan bantuan tekanan ambung minimal baik untuk tingkat sekresi susu tinggi. Selang beranak teratur, terutama pada musim gugur, periode kering atau laktasi 6-8 minggu, sapi umur tua dan besar, dan temperatur dingin menyenangkan, mempengaruhi produksi susu.

9. Program Pemerahan

9.1. Pendahuluan

Imbalan usaha sapi perah adalah memanen hasil susu. Sekresi susu adalah proses yang berkesinambungan, sedangkan panen biasanya terjadi dua kali sehari. Karakteristik pemerahan yang baik meliputi pemerahan pada interval teratur; pemerahan cepat, lengkap, dan tidak kasar; menggunakan prosedur saniter; dan efisien menggunakan tenaga kerja. Penggunaan prosedur ini secara tetap akan memberi hasil susu banyak dan berkualitas tinggi, mastitis kurang, masa produksi lebih panjang, dan keuntungan lebih tinggi per sapi.

Pemerahan membutuhkan banyak tenaga kerja (kira-kira 55 %) dibandingkan kerja lain di peternakan sapi perah. Perkembangan peralatan pemerahan dan rancangan fasilitas pemerahan telah berkembang cepat, tetapi jumlah sapi yang diperah di USA tidak juga berubah sejak pengenalan ruang perah rusuk. Akan tetapi, penemuan terakhir alat pencuci ambung otomatis dan mesin perah otomatis menjanjikan peningkatan efisiensi pemerahan.

9.2. Refleks Pengeluaran Susu

Sejumlah kecil susu yang terdapat di dalam sisterne dan pembuluh besar ambung dapat keluar setelah melewati daya tahan otot spinkter yang mengelilingi saluran keluar puting. Akan tetapi, sebagian besar susu yang terdapat dalam ambung harus dipaksa keluar dari alveoli dan pembuluh kecil susu dengan pengaktifan refleks neuro-hormonal yang disebut pelepasan/pengeluaran susu (*milk ejection*) atau penurunan susu (*milk let down*).

Refleks pengeluaran susu meliputi aktivasi syaraf di kulit puting yang sensitif terhadap sentuhan atau temperatur. Rangsangan syaraf melalui sumsum tulang belakang sampai ke nuklei paraventrikuler dari hipotalamus dan kemudian berjalan ke pituitari posterior tempat dilepaskannya oksitosin ke dalam aliran darah. Oksitosin menyebar di kapiler dan menyebabkan kontraksi sel myo-epitelial yang mengelilingi alveoli dan pembuluh-pembuluh lebih kecil. Aksi pemerahan ini meningkatkan tekanan intramamari dan memaksa susu melalui pembuluh pergi ke sisterne puting dan ambing.

Kontraksi sel myo-epitelial terjadi dalam 20-60 detik setelah perangsangan puting. Pelepasan kedua oksitosin dapat terjadi, tetapi lebih sukar dari pelepasan pertama, dan biasanya respon tidak terjadi secara penuh. Setelah pelepasan oksitosin aliran susu berkurang sesuai dengan waktu, tanpa memperhatikan jumlah susu dalam ambing. Hal ini mungkin karena kelelahan sel myo-epitelial atau ketidakaktifan oksitosin. Fakta menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk setengah aktivitas oksitosin di dalam darah sapi menghilang hanya dalam 1-2 menit, dan level efektif berakhir dalam 6-8 menit. Karena itu, merupakan hal yang penting mengeluarkan susu dengan cepat saat oksitosin menyebabkan kontraksi sel myo-epitelial.

Ada bukti bahwa sebelum oksitosin dilepaskan, rangsangan syaraf berjalan langsung dari puting melalui sumsum tulang belakang ke otot halus di pembuluh besar ambing. Otot-otot halus ini kemudian berkontraksi. Keadaan ini menyebabkan pembuluh ambing memendek dan membesar serta membantu mengalirkan susu melalui sistem pembuluh ke arah sisterne. Sel myo-epitel berkontraksi sebagai respon terhadap rangsangan mekanis langsung. Karena itu, pemijatan ambing sebelum pemerahan menyebabkan tambahan sejumlah susu dari alveoli.

Rangsangan luar selain pencucian akan mengawali refleks pengeluaran-susu. Rangsangan terkuat untuk melepaskan oksitosin adalah kehadiran pedet. Rangsangan lain yang berhubungan dengan pemerahan adalah suara ribut, pemberian pakan, keberadaan pemerah, dan koitus.

Refleks pengeluaran-susu dapat dihambat juga. Bila hal ini terjadi, hanya sejumlah kecil susu yang dapat dikeluarkan dari ambing. Keadaan lingkungan yang tidak menyenangkan saat pemerahan akan menyebabkan sistem syaraf simpatetik membebaskan epineprin syaraf-hormon dari medula adrenal ke dalam darah. Epineprin adalah vasokonstriktor kuat yang mampu mengurangi pasokan darah ke ambing dan karena itu menghalangi oksitosin sampai ke sel myo-epitelial dalam jumlah yang cukup untuk menghasilkan kontraksi. Injeksi oksitosin pada saat ini tidak efektif. Beberapa bukti juga menunjukkan bahwa epineprin dapat langsung menghambat sel myo-epitelial merespon oksitosin. Hambatan refleks juga terjadi bila ambing berisi penuh susu. Pada kasus ini, aliran darah kapiler berkurang sangat banyak sehingga oksitosin tidak bertahan lama di myo-epitelium.

Jika peternak tenang maka peternak akan menguasai sebagian besar sapi. Beberapa sapi tidak merespon kebaikan, dan sapi seperti ini sebaiknya diapkir karena dapat menyebabkan sapi lain terganggu.

Gangguan emosional yang terjadi sebelum pengaktifan refleks pengeluaran-susu dapat mencegah pelepasan oksitosin dari pituitari posterior. Pada keadaan ini, injeksi oksitosin akan menyebabkan sel myo-epitelial berkontraksi sehingga vasokonstriksi tidak terjadi. Ini adalah contoh penghambatan refleks pada taraf sistem syaraf pusat. Tipe penghambatan tersebut paling sering ditemui pada dara yang beranak pertama kali dan kemudian masuk ke masa produksi. Injeksi oksitosin pada beberapa kali pemerahan dapat mengatasi hal ini. Hal penting yang harus diingat adalah produksi seluruh laktasi berkurang karena pemerahan tak lengkap.

9.3. Mengeluarkan Susu dari Ambing

Saluran susu sapi harus terbuka agar mendapat susu, dan tidak ada bukti bahwa otot spinkter mengendur selama pemerahan. Karena itu, beberapa mekanisme eksternal harus digunakan untuk mengalahkan daya tahan (ketahanan) otot ini.

1. Penyusuan

Selama menyusui, pedet menekan lidahnya ke sekitar puting dan ke arah langit-langit dan menghasilkan tekanan negatif karena rahang terpisah atau penarikan ulang/lagi lidah. Tekanan positif terjadi di sekitar puting saat pedet menelan. Siklus menelan dan menghisap terjadi sebanyak 80-120 kali secara bergantian setiap menit. Berdasarkan percobaan, pedet menghasilkan perbedaan tekanan di depan puting susu sebesar 535 mmHg sedangkan pemerahan mesin dan tangan hampir menghasilkan perbedaan tekanan sebesar 310 dan 352 mmHg. Isapan pedet juga adalah metode tercepat untuk memindahkan susu dari ambing.

2. Pemerahan Tangan

Cara ini masih banyak dilakukan di berbagai negara. Pemerahan tangan pun masih dilaksanakan di Amerika pada waktu dan kasus khusus, biasanya dihubungkan dengan penyakit dan luka, yang mungkin pemerahan dengan tangan lebih baik dari mesin. Pemerahan dengan tangan secara hati-hati menjepit puting di antara jari telunjuk dan ibu jari. Kemudian, susu di dalam puting ditekan ke luar oleh tekanan jari-jari lain pada puting. Berikutnya jari telunjuk dan ibu jari mengendor sehingga puting terisi kembali, dan siklus diulang. Pemerahan tangan yang baik dapat mengeluarkan susu lebih banyak dari mesin perah.

3. Pemerahan dengan Mesin

Mulai digunakan tahun 1895. Mesin perah mutakhir menggunakan cara tekanan negatif dan atmosfer secara bergantian, disini diperlukan mangkok puting kamar ganda tempat puting berada. Ruangan dimana puting ada terus menerus kosong untuk membuka lubang puting dan menahan mangkok puting tetap pada puting.

DAFTAR PUSTAKA

Bath, D. L., F. N. Dickinson, H. A. Tucker, and R. D. Appleman. 1985. ***Dairy Cattle : Principles, Practices, Problems, Profits***. 3rd Edition. Lea & Febiger, Philadelphia. 291-305.

Foley, R. C., D. L. Bath, F. N. Dickinson, H. A. Tucker, and R. D. Appleman. 1973. ***Dairy Cattle : Principles, Practices, Problems, Profits***. Reprinted. Lea & Febiger, Philadelphia. 390-406.

Wikantadi, B. 1978. ***Biologi Laktasi***. Bagian Ternak Perah, Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.