

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sapi Perah FH

Sapi perah merupakan sapi yang secara genetik mampu menghasilkan susu dengan jumlah melebihi kebutuhan konsumsi anaknya dan mampu memenuhi kebutuhan nutrisi manusia. Sapi FH menduduki populasi terbesar di Indonesia bahkan hampir di seluruh dunia diantara bangsa-bangsa sapi perah lainnya, baik di negara-negara subtropis maupun tropis, dengan kemampuan mudah beradaptasi di tempat baru (Chuzaemi, 2012). Menurut Erdayanti (2008), sapi FH memiliki ciri-ciri antara lain warna hitam belang putih, pada dahinya terdapat warna putih berbentuk segitiga, tanduk pendek menjulur ke depan dan pada kaki bagian bawah serta ujung ekornya berwarna putih. Sifat sapi FH tenang dan jinak sehingga mudah dikuasai. Sapi FH memiliki bobot badan mencapai berat badan 1.000 kg pada jantan dan 635 kg pada betina. Bobot badan sapi mempengaruhi kebutuhan nutrisi untuk hidup pokok, kebutuhan tersebut dipenuhi dari pemberian pakan (Parakkasi, 1995).

Sapi FH adalah sapi perah dengan produksi susu tertinggi jika dibandingkan dengan sapi perah lainnya. Produksi susu sapi FH di Indonesia rata-rata 10 liter/ekor/hari atau lebih kurang 3.050 kg/laktasi (Sudono dkk., 2003). Reh dkk. (2004), komposisi asam lemak susu sapi perah umumnya terdiri atas sekitar 70% asam lemak jenuh atau *saturated fatty acid* (SFA), 25% asam lemak tidak jenuh rantai tunggal atau *mono unsaturated fatty acids* (MUFA) dan 5% *poly*

unsaturated fatty acid (PUFA). Kualitas susu disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kualitas Susu Sapi Perah

| Zat Kandungan | Jumlah |
|---|---------------|
| | ----- % ----- |
| Berat jenis (g/ ml) ¹ | 1,027 |
| Kadar lemak ¹ | 3,00 |
| Kadar <i>solid non fat</i> ¹ | 7,80 |
| Kadar protein ¹ | 2,80 |
| Kadar laktosa ¹ | 4,90 |
| Kandungan asam lemak² | |
| Asam lemak jenuh | |
| Laurat | 2,88 |
| Miristat | 12,98 |
| Palmitat | 43,90 |
| Stearat | 0,72 |
| Total asam lemak jenuh | 60,48 |
| Asam lemak tidak jenuh | |
| Oleat | 27,70 |
| Linoleat | 11,72 |
| Linolenat | 0,10 |
| Total asam lemak tidak jenuh | 39,52 |

Sumber : 1. Badan Standarisasi Nasional (2011).

2. Kustyawati dkk. (2012).

2.2. Minyak Jagung

Minyak jagung merupakan salah satu jenis minyak nabati sumber asam lemak tidak jenuh yang diekstraksi dari biji jagung, bersifat setengah kering, berwarna kekuningan (Dairoza, 2008). Kandungan asam lemak tidak jenuh pada minyak jagung ditampilkan dalam Tabel 2. Minyak jagung memiliki kandungan asam linoleat yang tinggi. Pemberian minyak jagung yang mengandung lebih banyak asam lemak tidak jenuh dapat mengurangi kadar kolesterol total, trigliserida, LDL dan dapat menaikkan kadar HDL. Fenomena ini dapat digunakan sebagai salah satu faktor untuk menurunkan kadar kolesterol darah melalui

penambahan asam lemak tidak jenuh berupa minyak jagung. Dwiputra dkk. (2015), minyak jagung direkomendasikan sebagai pengganti lemak jenuh karena tingginya tingkat asam lemak tidak jenuh ikatan rangkap ganda dan ikatan rangkap tunggal sehingga dapat diberikan pada sapi perah guna meningkatkan kadar lemak tidak jenuh pada susu sapi.

Tabel 2. Kandungan Asam Lemak dalam Minyak Jagung

| Zat Kandungan | Jumlah |
|-------------------------------------|---------------|
| | ----- % ----- |
| Asam lemak jenuh | |
| Miristat ¹ | 0 |
| Palmitat ¹ | 11,50 |
| Stearat ² | 2,20 |
| Arachidonat ² | 0,20 |
| Total asam lemak jenuh | 13,90 |
| Asam lemak tidak jenuh ³ | |
| Asam oleat | 30,00 |
| Asam linoleat | 54,90 |
| Asam linolenat | 1,2 |
| Total asam lemak tidak jenuh | 86,10 |

Sumber: 1. Dairoza (2008); 2. Tuminah (2009); 3. Dwiputra dkk. (2015).

Penggunaan lemak dalam ransum maksimal hingga 5% dari bahan kering agar tidak mengganggu metabolisme ruminal, apabila melebihi dari persentase tersebut maka akan menghambat aktivitas mikrobia dalam mencerna serat dalam rumen (Church, 1988; Widiyanto dkk., 2007). Menurut Li dkk. (2009), pemberian minyak jagung sumber asam lemak tidak jenuh sebanyak 5% dalam pakan konsentrat dapat meningkatkan kandungan asam lemak tidak jenuh dalam ransum. Penggunaan lemak yang diproteksi tidak mengganggu proses fermentasi serat kasar di dalam rumen dan lemak tersebut dapat menjadi sumber energi yang tidak berpengaruh negatif terhadap pencernaan karbohidrat structural (hemiselulosa,

selulosa dan lignin). Gulati dkk. (2007), asam lemak tidak jenuh yang sampai di usus halus akan terserap dan akan meningkatkan kadar asam lemak tidak jenuh pada susu. Semakin tinggi tambahan sumber asam lemak dalam pakan (hingga 12%) menyebabkan penurunan pencernaan bahan organik dan pencernaan energi dibandingkan penggunaan lemak terproteksi sebanyak 9%, hal ini berakibat pada terganggunya aktivitas mikroba pencerna serat dalam rumen (Sampelayo dkk., 2002; Haryanto, 2012).

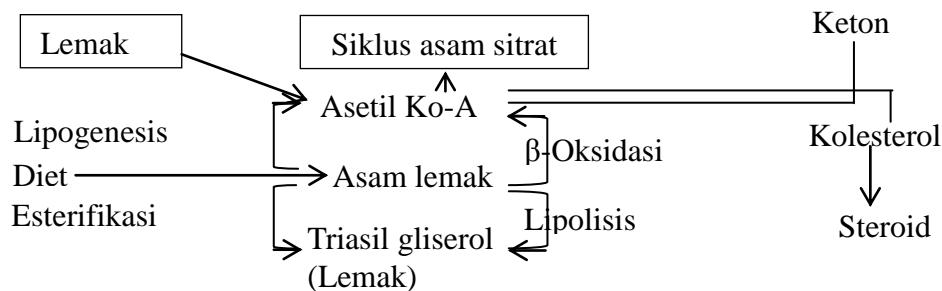
Penggunaan lemak pada ternak perah sampai batas maksimal 5% dari BK ransum tidak berisiko terhadap terjadinya penurunan kadar lemak susu dan gangguan metabolik rumen terbukti dapat meningkatkan produksi susu (Husveth dkk., 2010). Lemak pakan dapat menjadi sumber asam lemak tidak jenuh berupa PUFA (*poly unsaturated fatty acid*) dalam sintesis asam lemak susu (Bauman dan Lock, 2006).

Konsumsi lemak jenuh yang tinggi mengakibatkan produksi kolesterol LDL dalam hati akibatnya terjadi peningkatan kadar kolesterol dalam darah (Kessler dkk., 2014). Konsumsi lemak jenuh pakan dapat meningkatkan kadar kolesterol total dan LDL darah (Sejrsen dkk., 2008). Penggunaan sumber asam lemak tidak jenuh asal minyak zaitun efektif untuk menurunkan kadar kolesterol total darah dan menaikkan kolesterol HDL darah (Djaelani, 2015). Tingkat konsumsi lemak jenuh memungkinkan merangsang produksi kolesterol berlebihan dalam hati atau memudahkan penimbunannya di dalam darah (Hull, 1996). Kolesterol dibentuk di dalam hati dan dari lemak pakan serta prekursor lain dalam pakan yang diserap oleh usus halus dalam bentuk kilomikron (Adipratama, 2014). Peningkatan kadar

kolesterol dalam serum darah antara lain disebabkan oleh terganggunya mekanisme dalam pengubahan kolesterol menjadi asam empedu dalam kondisi ketidaksesuaian nutrisi (Pilliang dan Djojosoebagio, 2000). Kolesterol dalam darah berasal dari usus atau diproduksi oleh jaringan tubuh dari asetat dan ditemui pada semua fraksi lipid darah. Tingginya masukan lemak jenuh, rendahnya perbandingan lemak tidak jenuh dan tingginya masukan kolesterol dalam darah akan meningkatkan kolesterol dalam darah yang berakibat pada peningkatan kadar lemak total pada susu (Herman, 1991).

Pemberian asam lemak berpotensi dalam menghambat fermentasi mikrobial dalam rumen yang berakibat pada penurunan degradabilitas serat (Aharoni dkk., 2004). Proteksi berfungsi untuk mengeliminasi pengaruh negatif tersebut, antara lain dengan jalan saponifikasi melalui pembentukan garam kalsium. Proteksi sumber asam lemak tidak jenuh berfungsi menghambat biohidrogenasi mikrobial, sehingga memungkinkan peningkatan absorpsi asam-asam lemak tidak jenuh yang dikehendaki, yakni asam-asam lemak tak jenuh ganda (Jenkins, 1993; Scot dan Ashes, 1993). Prinsip proteksi lemak pakan adalah supaya lemak tidak jenuh pakan yang dikonsumsi oleh ternak ruminansia tidak mengalami biohidrogenasi di dalam rumen sehingga tidak menjadi lemak jenuh. Beberapa teknologi proteksi lemak yang pernah digunakan adalah KOH dan CaCl_2 (Widiyanto dkk., 2007), susu skim dan formaldehid 37% (Glasser dkk., 2008) atau urea dan formaldehid (Scott dan Ashes, 1993). Penggunaan KOH bertujuan untuk membentuk sabun cair yang bersifat mudah larut dalam air, sedangkan CaCl_2 digunakan untuk mencegah unsur kalium agar tidak mudah

lepas dalam ikatan sabun akibat perubahan pH rumen sehingga tidak melukai ternak. Proteksi lemak terbaik agar meningkatkan produksi susu, meningkatkan produksi susu dalam 4% FCM, BK susu, laktosa susu, kadar lemak susu, produksi lemak susu, protein susu, dan BJ susu adalah dengan menggunakan susu skim dibanding formaldehid sebesar 3:1 dengan proporsi lemak terproteksi dalam ransum sebesar 2% (Hartati, 2014). Metabolisme asam lemak disajikan dalam Ilustrasi 1.

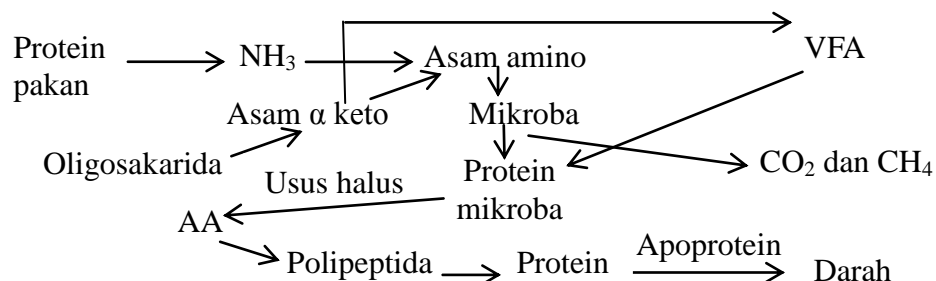


Ilustrasi 1. Metabolisme Lemak (Sampelayo dkk., 2002)

2.3. Urea

Urea adalah suatu senyawa anorganik yang terdiri dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dengan rumus $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Penggunaan urea secara amoniasi dapat meningkatkan nilai nutrisi pakan dari bahan yang berserat tinggi (Basya, 1981). Nitrogen yang berasal dari urea dengan bantuan mikroba dalam rumen dapat disintesis menjadi zat protein yang bermanfaat. Pembentukan NH_3 yang lebih lambat, maka NH_3 didalam rumen dapat dipergunakan untuk pembentukan protein bakteri secara efisien (Anggorodi, 1994).

Penambahan urea dalam pakan dapat digunakan sebagai penyusun protein dalam di darah (Ginting, 2005). Nitrogen yang berasal dari urea dengan bantuan mikroba dalam rumen dapat disintesis menjadi protein. Protein pakan sebagian akan dipecah di dalam rumen oleh mikroba menjadi peptida dan asam amino yang kemudian akan membentuk protein darah antara lain penyusun HDL darah sapi FH (McDonald dkk., 2002). Penggunaan urea dalam ransum sapi sebanyak 0,88-1,96% dari bahan kering meningkatkan kadar protein kasar dari 8,87% menjadi 11,11-14,13% yang akan berdampak pada penurunan kolesterol darah. Penggunaan urea sebesar 3% dari bahan kering konsentrat yang ditambahkan pada pakan mampu meningkatkan pencernaan bahan kering *in vitro* dari 42,5% menjadi 59,76% (Puastuti, 2010). Penggunaan urea sebesar 10 g/ 10 kg berat badan sapi apabila diberikan lebih dari takaran akan mengakibatkan keracunan oleh produksi amonia yang berlebih (Wanapat dan Khampa, 2007). Pemberian urea 3% dari konsentrat dapat meningkatkan protein kasar dan daya cernanya 50% lebih baik, selain itu, perbaikan pada daya cerna serat kasar, bahan kering dan bahan organik (Delima, 2008). Metabolisme urea disajikan dalam Ilustrasi 2.



Ilustrasi 2. Metabolisme NH_3 (McDonald dkk., 2002)

2.4. Lipida Darah

Lipida di dalam plasma darah antara lain kolesterol, trigliserida (TG), fosfolipid dan asam lemak yang tidak larut dalam cairan plasma. Lipida-lipida ini memerlukan modifikasi dengan bantuan protein untuk dapat diangkut dalam sirkulasi darah karena sifatnya yang tidak larut dalam air (Boyer, 2002). Lipoprotein merupakan molekul yang mengandung kolesterol dalam bentuk bebas maupun ester, trigliserida, fosfolipid, yang berikatan dengan protein yang disebut apoprotein. Dalam molekul lipoprotein inilah lipida dapat larut dalam sirkulasi darah sehingga bisa diangkut dari tempat sintesis menuju tempat penggunaannya serta dapat didistribusikan ke jaringan tubuh (Ngili, 2009).

2.4.1. Kolesterol darah

Kolesterol adalah sifatnya menyerupai lemak yang secara alami terdapat di seluruh tubuh. Kolesterol terdapat pada dinding dan membran setiap sel, termasuk sel otak, saraf, otot, kulit, hati, usus dan jantung. Tubuh tidak dapat berfungsi dengan baik tanpa kolesterol (Heslet, 1996). Kolesterol merupakan sterol utama dalam lipida hewan dan dapat menghasilkan sejumlah produk oksidasi di bawah kondisi tertentu. Sejumlah kecil produk oksidasi tersebut terdapat pada daging mentah dan yang telah mengalami proses pemasakan (Zaborowska dkk., 2004). Kolesterol total merupakan gabungan dari kolesterol LDL dan HDL. Kolesterol HDL dan LDL merupakan komponen fraksi lipoprotein yang terbentuk dari komponen lemak dan protein (Schlegel dkk., 2012).

Kolesterol merupakan substansi lipida hasil metabolisme yang banyak

ditemukan di dalam darah serta cairan empedu (Frandsen, 1992). Kolesterol juga terdapat pada hati, daging, otak, kuning telur, usus, ginjal, lemak hewan, darah, jaringan saraf dan kortilis adrenal (Harper dkk., 1979). Menurut Frandsen (1992), kolesterol dalam darah tergantung pada konsumsi makanan, umur, jenis kelamin, dan konsumsi asam lemak tidak jenuh. Fungsi kolesterol dalam tubuh sebagai prekursor asam empedu yang disintesis di dalam hati yang berfungsi untuk menyerap trigliserida dan vitamin yang larut dalam lemak. Kolesterol juga berfungsi sebagai prekursor dari berbagai jenis hormon steroid. Kolesterol dalam keadaan normal dibutuhkan tubuh dalam membentuk membran sel, struktur insulin otak, sistem saraf pusat, dan vitamin D (Murray dkk., 2009).

Sumber kolesterol dapat berasal dari makanan yang disebut eksogen dan biosintesis *de novo* yang dibentuk pada sel tubuh (Guyton, 1996). Kolesterol dari makanan erat kaitannya dengan kolesterol yang berasal dari sel tubuh. Menurut Muchtadi dkk. (1993) jika kolesterol dari makanan mengalami penurunan maka sintesis biosintesis *de novo* akan meningkat sehingga terpenuhinya kebutuhan jaringan dan organ pada tubuh. Sintesis kolesterol yang aktif terjadi di hati, usus halus, kelenjar adrenal dan organ reproduksi. Peningkatan kadar kolesterol dalam serum darah antara lain disebabkan oleh terganggunya mekanisme dalam pengubahan kolesterol menjadi asam empedu dan berbagai senyawa lain yang berfungsi untuk metabolisme. Kolesterol dalam darah berasal dari usus atau diproduksi oleh jaringan tubuh dari asetat dan ditemui pada semua fraksi lipida darah (Pilliang dan Djojosoebagio, 2000).

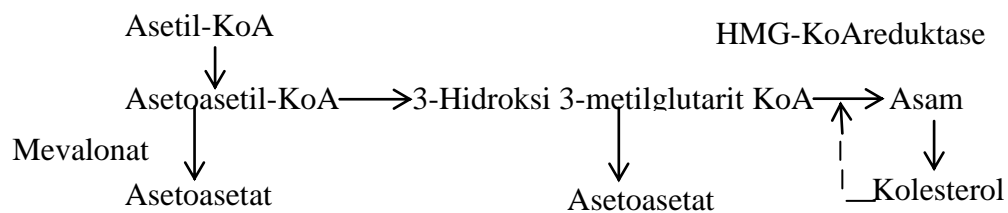
Tingginya masukan lemak jenuh, rendahnya perbandingan lemak tidak jenuh dan tingginya masukan kolesterol dalam darah akan meningkatkan kolesterol dalam darah (Herman, 1991). Konsentrasi kolesterol yang tinggi dalam darah akan menyebabkan pengkristalan. Endapan tersebut terdapat dalam pembuluh darah yang berdampak tersumbatnya pembuluh darah akibat penebalan dinding pembuluh darah (Poedjiadi, 1994).

Kondisi dimana penebalan pembuluh darah yang bisa mengakibatkan penyumbatan bahkan penyempitan pada arteri sehingga dapat berakibat buruk disebut arteroskelosis. Arteroskelosis ini berkaitan erat dengan makanan yang tinggi kadar kolesterol dan lemak jenuhnya (Murray dkk., 2009). Kadar normal kolesterol dalam tubuh adalah 125-200 mg/dl (Swenson, 1984). Faktor yang mempengaruhi kolesterol serum darah antara lain keturunan, umur, musim, serat makanan, dan obat tertentu (Mange dkk., 1974).

Peningkatan kolesterol dalam jaringan dapat terjadi akibat pengambilan lipoprotein yang mengandung kolesterol oleh reseptor LDL atau reseptor *skavenger*, pengambilan kolesterol bebas dari lipoprotein yang kaya kolesterol ke membran sel, sintesis kolesterol dan hidrolisis ester kolesterol oleh enzim ester kolesterol hidrolase, sedangkan penurunan kolesterol jaringan dapat terjadi karena aliran kadar kolesterol dari membran sel ke lipoprotein yang potensial kolesterolnya rendah (Murray dkk., 2009).

Kolesterol terdapat di dalam jaringan dan lipoprotein plasma yang bisa dalam bentuk kolesterol bebas atau gabungan dengan asam lemak rantai panjang sebagai ester kolesterol. Unsur ini disintesis sepenuhnya dari asetil-KoA di banyak

jaringan (Mayes, 2009). Enam molekul asam mevalonat memadat membentuk senyawa antara yang kemudian dihidroksilasi dan diubah menjadi kolesterol. Panah putus-putus menunjukkan penghambatan umpan-balik oleh kolesterol pada HMG-KoA reduktase, enzim yang mengatalisis pembentukan asam mevalonat (Ganong, 2005). Kolesterol yang berlebihan dalam tubuh akan diekskresikan dari hati melalui empedu setelah dikonversi menjadi asam empedu. Metabolisme kolesterol disajikan dalam Ilustrasi 3.



Ilustrasi 3. Metabolisme Kolesterol Darah (Murray dkk., 2009)

2.4.2. Kolesterol lipoprotein

Lipoprotein adalah molekul yang terdiri atas protein dan lipida yang digabungkan dengan ikatan nonkovalen yaitu interaksi hidrofob antara bagian (gugus) non polar dari lipida dengan molekul protein. Ada dua jenis fungsi lipoprotein yaitu sistem lipoprotein pengangkut dan sistem lipoprotein membran (Wirahadikusumah, 1985). Adapun kolesterol lipoprotein dibagi menjadi dua yaitu kolesterol HDL dan kolesterol LDL.

2.4.2.1. Kolesterol HDL. Kolesterol HDL merupakan senyawa lipoprotein yang massa jenisnya tinggi, mengandung lemak total rendah, protein tinggi dan dibuat dari lemak endogenus di hati. Kandungan kolesterol yang lebih rendah dari LDL

dan fungsinya sebagai pembuangan kolesterol maka kolesterol HDL ini sering disebut kolesterol baik. Kolesterol HDL ini digunakan untuk mengangkut kolesterol berlebihan dari seluruh jaringan tubuh untuk dibawa ke hati. Fosfolipida yang merupakan komponen utama HDL ruminansia didominasi oleh fosfatidilkolin (40% dari total fosfolipida). Fosfolipida tersebut mengandung asam linoleat (17-23%) (Mange dkk., 1974).

High density lipoprotein merupakan lipoprotein pembersih kelebihan kolesterol dalam jaringan. Kolesterol yang diangkut ke hati terutama berupa kolesterol yang akan dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan empedu dan hormon. *High density lipoprotein* dalam plasma darah akan mengikat kolesterol bebas maupun ester kolesterol dan mengangkutnya kembali ke hati. Selanjutnya, kolesterol yang terikat akan mengalami perombakan menjadi cadangan kolesterol untuk sintesis *very low density lipoprotein* (VLDL). Tingginya kadar HDL dalam darah akan mempercepat proses pengangkutan kolesterol ke hati, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya penimbunan kolesterol dalam pembuluh darah (Wirahadikusumah, 1985).

High density lipoprotein adalah lipoprotein berdensitas tinggi, terutama mengandung protein, HDL diproduksi di hati dan usus halus, HDL mengambil kolesterol dan fosfolipid yang ada di dalam darah dan menyerahkannya ke lipoprotein lain untuk diangkut kembali atau dikeluarkan dari tubuh (Murray, 2009). *High density lipoprotein* memiliki kandungan protein paling tinggi dari lipoprotein (55% protein dan 45% lipida). Kolesterol HDL adalah lipoprotein yang mengandung banyak protein dan sedikit lemak. Kolesterol HDL sering

disebut sebagai kolesterol baik karena aktivitasnya yang mengeluarkan kolesterol dari dalam tubuh (Boyer, 2002). Peningkatan HDL dapat memperlambat proses aterosklerosis (Zou dkk., 2005). Pengaruh perlindungan terhadap perkembangan aterosklerosis melekat pada HDL berdasarkan peran utama dalam transportasi kolesterol balik (Duchateau dkk., 2000). Kadar normal HDL dalam darah berkisar 40-90 mg/dl (Weatherby dan Ferguson, 2002). Menurut penelitian Hesti dkk. (2015), kadar kolesterol HDL darah sapi berada pada rentang 67-70 mg/dl dengan menggunakan ransum aditif kolin klorida. Faktor yang mempengaruhi kolesterol HDL pada darah antara lain keturunan, umur, musim, serat makanan, dan obat tertentu (Mange dkk., 1974).

Fungsi utama HDL yaitu mengangkut kolesterol bebas yang terdapat dalam endotel jaringan perifer, termasuk pembuluh darah ke reseptor HDL di hati untuk dikeluarkan lewat empedu (Dalimartha, 2003). *High density lipoprotein* memiliki fungsi dalam mengurangi kadar kolesterol total dalam darah yang berlebih. Kolesterol HDL juga berfungsi mengurangi kadar kolesterol ekstra dari sel-sel dan jaringan-jaringan untuk kemudian dibawa ke hati, dan menggunakannya untuk membuat cairan empedu atau mendaur ulangnya (Mason dan Christine, 2008). Kolesterol HDL berperan penting dalam mobilisasi NEFA dari pakan untuk dibawa ke hati. *Non esterified fatty acid* diambil dari pakan untuk diangkut menuju hati dalam bentuk ikatan lipoprotein yaitu HDL. Urea berperan dalam peningkatan protein dalam darah yang berdampak pada peningkatan protein susu. Protein dalam lipida darah sebagai unsur pembentuk lipoprotein darah. Protein dalam darah akan mengubah kolesterol VLDL menjadi LDL yang kemudian akan

diikat pula dari LDL menjadi HDL dalam darah. Kolesterol yang ditranspor ke hati akan dieksresikan ke empedu baik secara langsung maupun tidak langsung setelah konversi menjadi asam empedu (Murray, 2009). Semakin tinggi kadar kolesterol HDL darah maka semakin baik kandungan kolesterol pada susu produksi sapi perah, hal ini dikarenakan prekursor biosintesis nutrisi susu berasal dari dalam darah sehingga kandungan yang ada pada darah akan berakibat pula pada produksi susu (Zou dkk., 2005).

2.4.2.2. Kolesterol LDL. Kolesterol LDL merupakan pengangkut utama kolesterol dalam darah. *Low density lipoprotein* disintesis di dalam hati dan diangkut oleh darah (Boyer, 2002). Kadar kolesterol darah tidak hanya dipengaruhi oleh pakan yang dikonsumsi tetapi juga kecepatan tubuh membentuk dan mengolah kolesterol LDL dari dalam tubuh (Santos dkk., 2003). Kolesterol LDL yang berlebih dalam darah dapat tertimbun dalam dinding arteri dan menyebabkan terbentuknya plak (Zou dkk., 2005). Partikel LDL heterogen dan beragam menurut ukuran, densitas dan komposisi lipida. Perbedaan dalam properti fisikokimia partikel LDL diduga mempengaruhi kemampuannya dalam menekan atau mengembangkan aterosklerosis pada manusia (Vakkilainen dkk., 2002). Konsumsi pakan adalah faktor penentu fungsi dan respon ternak serta penggunaan nutrisi pakan. Absorpsi lemak (trigliserida dan kolesterol) terjadi di usus halus lalu mengikuti aliran darah setelah di dinding usus akan bergabung dengan protein (apoprotein) membentuk lipoprotein (Astuti dkk., 2009).

Low density lipoprotein merupakan senyawa lipoprotein yang berat jenisnya rendah. Lipoprotein ini membawa lemak dan mengandung kolesterol yang sangat

tinggi, dibuat dari lemak endogenus di hati. LDL ini diperlukan tubuh untuk mengangkut kolesterol dari hati ke seluruh jaringan tubuh. LDL berinteraksi dengan reseptor yang sesuai dengan fungsinya pada membran sel membentuk kompleks LDL-reseptor. Kompleks LDL-reseptor masuk ke dalam sel melalui proses yang khas, yaitu dengan pengangkutan aktif atau dengan endositosis.

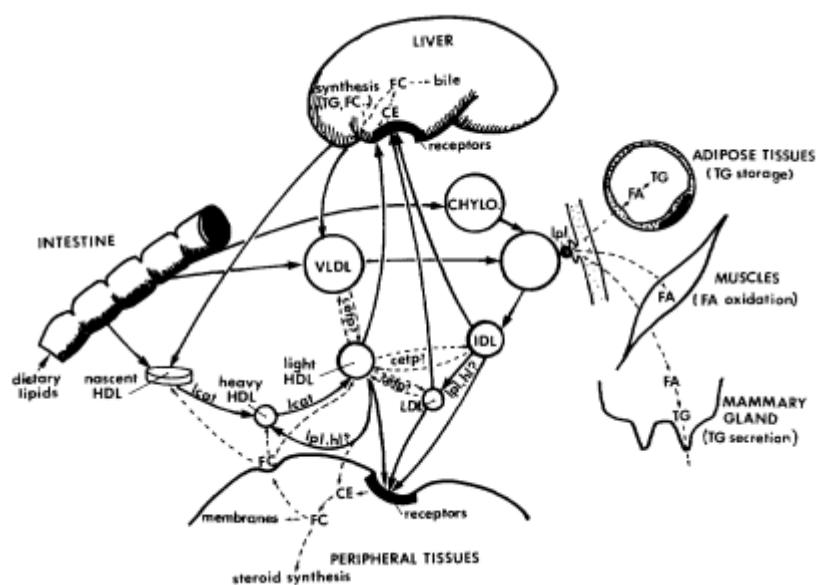
Kolesterol LDL merupakan kolesterol jahat karena memiliki sifat aterogenik yaitu mudah melekat pada dinding sebelah dalam pembuluh darah dan mengurangi pembentukan reseptor LDL. Hal ini akan menyebabkan terjadinya kenaikan kadar kolesterol-LDL. Kelebihan kolesterol dalam pembuluh darah akan dikembalikan oleh HDL ke hati dan mengeluarkannya bersama empedu (Heslet, 1996). Kolesterol LDL berfungsi mengangkut lemak dari hati ke jaringan dan dipengaruhi oleh kadar kolesterol dan konsumsi lemak pakan. *Low density lipoprotein* merupakan lipoprotein densitas rendah yang berfungsi membawa asam lemak dari hati ke jaringan ambing (Hesti dkk., 2015). Kolesterol LDL memiliki fungsi dalam pengangkutan lemak dari hati menuju jaringan yang dipengaruhi oleh kadar kolesterol dan konsumsi lemak pakan. Kadar kenormalan LDL darah pada sapi perah laktasi berkisar antara 60-130 mg/dl dan mengandung 10% trigliserida serta 50% kolesterol (Weatherby and Ferguson, 2002). Asam lemak tidak jenuh berperan sebagai pembentuk asam lemak baik pada tubuh ternak guna mengurangi adanya pembentukan NEFA dan trigliserida dalam bentuk VLDL kemudian menjadi LDL. Kolesterol LDL merupakan prekursor lemak susu, semakin rendahnya LDL dalam darah mengakibatkan rendahnya asam lemak jahat pada produksi susu. Tingginya kadar lemak susu dikarenakan oleh asam lemak

dari darah yang disekresikan melalui VLDL (Xu dkk., 2006).

Tingginya kadar lemak susu dikarenakan oleh asam lemak dari darah yang disekresikan melalui VLDL (Xu dkk., 2006). *Low density lipoprotein* merupakan lipoprotein dengan densitas yang rendah yang memiliki fungsi untuk membawa asam lemak dari hati ke jaringan ambing. Semakin tinggi kadar kolesterol LDL darah, semakin tinggi kandungan kolesterol pada susu hasil produksi sapi FH, hal ini dikarenakan prekursor biosintesis nutrien susu berasal dari dalam darah sehingga kandungan yang ada pada darah akan berakibat pula pada produksi susu (Wu dkk., 2008).

Proses metabolisme kolesterol lipoprotein pada ruminansia sebagian besar terjadi didalam usus halus. Setelah disekresi dari usus, begitu memasuki sirkulasi darah VLDL akan memperoleh apoI dan apoC dari HDL. Trigliserida yang dibawa oleh lipoprotein tersebut selanjutnya dihidrolisis untuk mensuplai asam lemak pada jaringan ekstrahepatik. Hidrolisis TG tersebut dikatalis oleh enzim lipase lipoprotein yang terdapat pada endotel kapiler darah. Enzim tersebut diaktifkan ooleh apo CII sebagai kofaktor yang melekat pada partikel VLDL. ApoC kembali ke HDL dan sisa VLDL menjadi IDL yang selanjutnya dikonversi menjadi LDL (Murray dkk., 2009). Lipoprotein penyusun HDL disekresikan dari usus dan hati berupa HDL *nascent* berbentuk diskoidal (Bauchart, 1993). Partikel HDL berperan penting dalam sistem transport kolesterol dari sel-sel jaringan ekstrahepatik serta dari lipoprotein lain ke hati untuk sekresi empedu dan resistensi VLDL baru (Murray, 2009). Pelepasan kolesterol oleh HDL ke jaringan hati dapat terjadi dengan mediasi oleh reseptor untuk apoAI atau internalisasi

partikel dengan jalan endositosis. Asam empedu yang terbentuk dari kolesterol di dalam hati akan disekresikan kedalam usus untuk digesti lipida. Sejumlah garam empedu akan diserap kembali ke sirkulasi porta, di bawa ke hati dan disekresikan kembali ke dalam empedu. Garam empedu yang tak terserap diekskresikan bersama feses yang merupakan mekanisme ekskresi kolesterol (Piepenbrink dan Overton, 2003). Siklus metabolisme kolesterol lipoprotein ditampilkan dalam Ilustrasi 4.



Ilustrasi 4. Metabolisme Kolesterol Lipoprotein (Bauchart, 1993)