

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Pencernaan Sapi Perah

Sapi perah merupakan hewan pemamah biak atau ruminansia yang memiliki 4 bagian perut, yaitu retikulum, rumen, omasum dan abomasum. Retikulum, rumen dan omasum disebut perut depan (*fore stomach*). Abomasum dikenal dengan lambung sejati karena secara anatomis maupun fisiologis berfungsi sama dengan lambung non-ruminansia. Proses pencernaan ruminansia dibagi menjadi tiga tahap, yaitu pencernaan secara mekanis (di dalam mulut), fermentatif (oleh mikroba di dalam rumen) dan kimiawi (oleh enzim-enzim pencernaan di abomasum dan usus) (Rianto dan Purbowati, 2009).

2.1.1. Pencernaan pakan di mulut dan kerongkongan (esofagus)

Proses pencernaan di dalam mulut sebagian besar adalah pencernaan secara mekanik yang meliputi *prehensi* (pengambilan pakan dengan lidah), *mastikasi* (pengunyahan) dan *deglutisi* (Frandsen, 1996). Organ utama dalam proses *prehensi* adalah lidah. Lidah sapi perah panjang, kuat, lentur, kasar dan dapat melilit hijauan maupun makanan lainnya, yang ditarik di antara gigi seri bawah dan lapisan gigi atas untuk selanjutnya mengalami proses *mastikasi* oleh gigi. Sapi perah dewasa memiliki 8 buah gigi seri pada rahang bawah tetapi tidak terdapat pada rahang bagian atas, namun pada rahang atas terdapat lapisan gigi yang tipis, yaitu lapisan luar zat tanduk. Sapi perah tidak memiliki gigi taring,

tetapi memiliki 6 gigi geraham pada masing-masing rahang atas dan bawah (Prihartini, 2013).

Pakan di dalam mulut juga mengalami pencampuran dengan saliva agar mudah ditelan. Saliva disekresikan ke dalam mulut oleh 3 pasang *glandula saliva*, yaitu *glandula parotid* di depan telinga, *glandula mandibular (submaxillaris)* yang terletak pada rahang bawah dan *glandula sublingual* yang terletak di bawah lidah (Frandsen, 1996). Saliva berperan sangat penting dalam proses pencernaan di dalam rumen, saliva pada sapi mengandung urea, fosfor (P) dan natrium (Na) yang dapat dimanfaatkan oleh mikroba rumen. Saliva juga memiliki kandungan senyawa alkali yang berikatan dengan senyawa karbon yaitu *buffer bicarbonate* yang sangat berguna dalam menjaga pH rumen agar tidak turun terlalu tajam (Hungate, 1966; Rianto dan Purbowati, 2009).

Pakan yang sudah mengalami proses mastikasi dan pencampuran dengan saliva, kemudian mengalami proses *deglutisi* melalui esofagus menuju rumen. Esofagus adalah saluran memanjang dari mulut ke rumen dengan panjang 3,5 kaki (1,07 meter) pada sapi perah dewasa (Prihartini, 2013). Dinding muskular esofagus terdiri dari 2 lapis yang saling melintas miring, kemudian spiral dan akhirnya membentuk suatu sirkuler. Esofagus hewan ruminansia bertugas mengalirkan makanan dari mulut ke rumen dan berfungsi untuk mengalirkan makanan dari rumen menuju mulut untuk mengalami proses *re-mastikasi* (Frandsen, 1996).

2.1.2. Pencernaan pakan di rumen dan retikulum

Rumen merupakan kantong yang besar sebagai tempat penampungan dan pencampuran bahan pakan untuk proses fermentasi oleh mikroorganisme. Fungsi utama rumen adalah tempat untuk mencerna serat kasar dan zat-zat pakan lainnya dengan bantuan mikroba (Rianto dan Purbowati, 2009). Isi rumen dibagi dalam 4 zona, yaitu zona gas, zona apung, zona cairan dan zona padatan. Besar kecilnya zona ini sangat bergantung pada macam pakan yang dikonsumsi (Prihartini, 2013).

Pakan di dalam rumen akan bercampur dengan *ingesta* (cairan rumen) dan menjadi obyek pencernaan oleh mikroba rumen yang terdiri dari bakteri (*Bacteriodes*, *Ruminococcus*, *Butyrivibrio*), protozoa dan fungi dalam jumlah relatif sedikit. Kemampuan bakteri rumen antara lain mendegradasi serat kasar untuk membentuk *volatile fatty acid* (VFA), mensintesis protein, mensintesis vitamin B dan mendegradasi komponen beracun dari berbagai pakan (Murti, 2014). Aktivitas mikroorganisme rumen dapat berlangsung dengan baik pada pH 5,5-7,3 dan kondisi ini akan dipertahankan oleh saliva yang masuk ke dalam rumen yang berfungsi sebagai *buffer* (Hoover dan Miller, 1991). Salah satu faktor yang mempengaruhi pH rumen ialah sifat fisik, jenis dan komposisi kimia pakan yang dikonsumsi, apabila pakan lebih banyak mengandung pati atau karbohidrat yang mudah larut maka pH cenderung rendah (Aswandi dkk., 2012).

Rumen dan retikulum dihubungkan oleh suatu lipatan dari jaringan yang disebut *reticulo-rumen fold* yang memungkinkan *ingesta* dapat berpindah/mengalir dengan leluasa dari rumen ke retikulum atau sebaliknya

(Prihartini, 2013). Letak retikulum yang berada dibawah rumen menyebabkan beberapa benda asing seperti potongan tali, kabel atau lainnya yang termakan di pastura menjadi tertahan di retikulum untuk waktu yang lama tanpa merusaknya (Murti, 2014). Retikulum memiliki fungsi untuk mengatur aliran digesta dari rumen ke omasum (Rianto dan Purbowati, 2009).

2.1.3. Pencernaan pakan di omasum

Omasum merupakan suatu organ seferis yang terisi oleh *laminae muscular* yang turun dari bagian *dorsum* atau bagian atap. Membran mukosa yang menutupi *laminae*, ditebar dengan *papillae* yang pendek dan tumpul yang akan menggiling hijauan atau serat-serat sebelum masuk ke abomasum (Frandsen, 1996). Fungsi omasum adalah untuk digesti, menyaring partikel pakan yang besar, absorpsi dan mengatur arus ingesta ke abomasum (Prihartini, 2013). Partikel yang masih terlalu besar akan dikembalikan ke retikulum dan akan mengalami *regurgitasi* (dikeluarkan kembali ke mulut) untuk mengalami proses *re-mastikasi* (pengunyahan kembali) (Rianto dan Purbowati, 2009).

2.1.4. Pencernaan pakan di abomasum

Abomasum atau perut sejati pada ternak ruminansia (sapi perah) berfungsi seperti perut pada ternak non-ruminansia. Fungsi abomasum adalah mengatur pencernaan secara enzimatik dan kimiawi (Prihartini, 2013). Dinding abomasum memiliki kelenjar-kelenjar pencernaan yang menghasilkan cairan lambung berupa pepsinogen, garam anorganik, mukosa, *asam hidroklorat* (HCl) dan faktor

interistik yang penting untuk absorpsi vitamin B₁₂ secara efisien. Pepsinogen merupakan bentuk inaktif dari enzim pepsin yang nantinya akan diaktifkan dengan kondisi asam di dalam lambung. Enzim pepsin bertugas untuk menghidrolisis protein menjadi polipeptida dan sedikit asam amino. Digesta yang keluar dari abomasum akan memasuki usus halus (Rianto dan Purbowati, 2009).

2.1.5. Pencernaan pakan di usus halus

Usus halus merupakan organ pencernaan yang memiliki fungsi penyerapan zat-zat makanan. Usus halus terdiri atas 3 bagian, yaitu duodenum, jejunum dan ileum (Frandsen, 1996). Digesta yang masuk ke dalam duodenum mengalami pencampuran dengan hasil sekresi dari duodenum itu sendiri, hati dan pankreas. Kelenjar duodenum menghasilkan cairan yang bersifat alkali yang berguna sebagai pelumas dan melindungi dinding duodenum dari *asam hidroklorat* (HCl) dari abomasum. Kelenjar empedu menghasilkan cairan yang berisi garam sodium dan potassium dari asam empedu. Garam-garam empedu berfungsi mengaktifkan enzim-enzim lipase yang dihasilkan oleh pankreas dan mengemulsikan lemak digesta sehingga mudah diserap melalui dinding usus. Kelenjar pankreas menghasilkan cairan yang berfungsi menetralkan *ingesta* asam lambung berupa ion-ion bikarbonat berkonsentrasi tinggi yang disekresikan akibat rangsangan dari asam lambung. Kelenjar pankreas juga mensekresikan proenzim dan enzim seperti trypsinogen, kimotripsinogen, prokarboksipeptidase A dan B, proelastase, α -amilase, lipase, *lecithinase* dan *nuclease*. Enzim-enzim ini bertugas untuk memecah zat-zat nutrisi pakan (karbohidrat, protein dan lemak) menjadi

senyawa sederhana sehingga dapat diserap oleh dinding usus halus (Rianto dan Purbowati, 2009).

2.1.6. Pencernaan pakan di usus besar

Digesta yang masuk ke dalam usus besar merupakan materi yang tidak tercerna di usus halus. Kelenjar mukosa pada usus besar tidak mengeluarkan enzim, pencernaan yang terjadi di usus besar karena adanya enzim dari usus halus yang terbawa bersama digesta serta adanya aktivitas mikroba (Rianto dan Purbowati, 2009). Aktivitas mikroba di dalam usus besar terjadi di *caecum* dan menghasilkan vitamin-vitamin B yang dapat diserap tubuh ternak. Materi yang tidak terserap di usus besar akan dikeluarkan berupa feses melalui rektum (Prihartini, 2013).

2.2. Peran Baking Soda dalam Rumen

Senyawa bikarbonat terdapat dalam air liur sapi dan merupakan senyawa buffer alami yang berguna menjaga nilai pH di dalam rumen. Jenis pakan yang mudah dicerna dapat menyebabkan penurunan pH yang sangat tajam sehingga perlu adanya senyawa buffer tambahan seperti baking soda. Baking soda telah dikenal sebagai buffer alami yang dapat menstabilkan pH rumen (Wester, 2002). Baking Soda (Natrium Bikarbonat) merupakan hasil reaksi dari basa kuat (NaOH) dan asam lemah (H_2CO_3) (Hashemi dkk., 2012). Baking soda memiliki anion dari garam yaitu Na yang memiliki muatan negatif sehingga mampu untuk memelihara serta meningkatkan pH dari tubuh (Bigner dkk., 1997). Buffer akan sangat

bermanfaat pada sapi perah terhadap 8 situasi, yaitu (1) selama awal laktasi; (2) ketika diberi pakan konsentrat terfermentasi; (3) ketika diberi pakan pakan serat terfermentasi; (4) ketika konsentrat dan hijauan diberikan secara terpisah; (5) ketika diberi pakan yang telah mengalami proses mekanik guna memperkecil ukuran partikelnya (seperti pencacahan, penggilingan dan pelleting); (6) ketika pakan ternak berganti dari pakan tinggi serat menjadi pakan tinggi konsentrat; (7) ketika kandungan lemak susu rendah; dan (8) ketika diberi pakan yang cepat terfermentasi (Davis dan Clark, 1983).

Dosis yang direkomendasikan dalam suplementasi baking soda adalah 0,6-0,8 % dari konsumsi BK (NRC, 2001). Baking soda efektif pada ternak dengan pakan 50-60% konsentrat (Staples dan Lough, 1989). Penambahan baking soda dalam pakan dapat menyebabkan peningkatan pH rumen, meningkatkan pencernaan bahan kering (BK), protein kasar (PK) serta serat kasar (SK) (Rogers dkk., 1985). Buffer baking soda dapat meningkatkan asupan air secara tidak langsung, sehingga meningkatkan pengenceran dalam rumen, meningkatkan aliran pati, menyeimbangkan jumlah propionat dan asetat dalam rumen sehingga dapat menurunkan kejadian asidosis (Russel dan Chow. 1993).

2.3. Metabolisme Pakan pada Sapi Perah

Sapi perah membutuhkan nutrien utama, yaitu karbohidrat, protein dan lemak sebagai bahan bakar pembentukan energi untuk memenuhi kebutuhan hidup pokok dan produksi susu (Frandsen, 1996). Karbohidrat yang dimakan sapi perah dapat berupa karbohidrat struktural (pati) dan karbohidrat non-struktural

(selulosa dan hemiselulosa). Sebagian besar karbohidrat yang dikonsumsi mengalami proses fermentasi oleh mikroba di dalam rumen menjadi VFA yang terdiri dari asam asetat (C_2), asam propionat (C_3) dan asam butirat (C_4) (Prihartini, 2013). Sebagian besar VFA diabsorpsi di retikulo-rumen secara pasif melalui dinding rumen, kemudian VFA mengalami metabolisme VFA yang membantu memelihara konsentrasi antara retikulo-rumen dan plasma darah. Asam asetat dan propionat tidak mengalami perubahan dalam dinding rumen, tetapi asam butirat mengalami perubahan menjadi *beta-hidroksibutirat* (BHBA). Asam asetat dan BHBA melawati hati, menuju organ dan jaringan melalui sirkulasi darah sistemis, untuk digunakan sebagai sumber energi atau untuk sintesis asam lemak. Asam propionat dibawa ke hati dan diubah menjadi glukosa, yang dapat disimpan dalam bentuk glikogen, atau diubah menjadi L-gliserol-3-fosfat dan digunakan untuk sintesis trigliserida (Chuhaemi, 2012). Karbohidrat yang tidak terfermentasi akan dicerna di usus halus dengan bantuan enzim-enzim yang dikeluarkan oleh kelenjar pankreas (α -amilase) menjadi glukosa dan diserap melalui mukosa usus halus. Glukosa dibawa ke jaringan untuk dapat digunakan sebagai sumber energi, sumber untuk mereduksi koenzim nikotinamida adenosin dinuklotida fosfat (NADPH) di dalam sintesis asam lemak dan untuk sintesis glikogen (Suwandyastuti dan Rimbawanto, 2015).

Protein pakan yang dikonsumsi sapi perah terbagi menjadi tiga jenis, yaitu ruminal undegradable protein (RUP), ruminal degradable protein (RDP) dan non protein nitrogen (NPN). RDP dan NPN dalam rumen didegradasi oleh mikroba untuk mensintesis sel tubuhnya dan menjadi protein mikroba. RUP disebut juga

sebagai protein *by-pass* karena tidak mengalami degradasi mikroba. RUP dan protein mikroba dicerna di abomasum dengan bantuan enzim pepsin menjadi polipeptida. Polipeptida ini kemudian masuk ke dalam usus halus dan dicerna oleh enzim-enzim yang disekresikan oleh kelenjar pankreas menjadi asam-asam amino (Chuhaemi, 2012). Asam-asam amino yang dihasilkan dari pencernaan dalam usus kemudian mengalami deaminasi. Asam amino yang telah mengalami deaminasi terbagi menjadi dua jalur, pertama mengarah ke asam piruvat dan membentuk karbohidrat, kemudian masuk ke dalam siklus glikolisis, membantu dalam menyediakan glukosa dan yang kedua mengarah ke asam asetoasetat dan asetil koenzim A, kemudian masuk ke dalam siklus asam sitrat (Frandsen, 1996).

Lemak makanan dalam rumen mengalami proses (1) lipolisis/hidrolisis, yaitu melepaskan asam lemak dari ikatan ester, melepaskan galaktose dari ester galaktosil gliseril dari asam lemak terutama linoleat, (2) fermentasi gliserol dan galaktose yang dilepas dari proses hidrolisis rumen, menjadi VFA, (3) hidrogenasi asam lemak tak jenuh oleh mikroorganisme rumen menjadi asam lemak jenuh (Parakkasi, 1999). Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses hidrolisis lemak dalam rumen adalah pH rumen rendah serta *ionophores* yang dapat menghambat aktivitas dan pertumbuhan bakteri rumen (Lock dkk., 2006).

Pencernaan lemak kemudian dilanjutkan di usus halus, lemak yang masuk dalam usus halus mengalami pencampuran dengan empedu dan cairan pankreas untuk diemulsifikasi guna memperluas permukaan supaya pencernaan trigliserida oleh lipase pankreas dapat berjalan efisien (Chuhaemi, 2012). Lipase bertugas

untuk memecah lemak dan trigliserida menjadi digliserida, monogliserida, gliserol dan asam lemak bebas (Isnaeni, 2006).

Absorpsi lemak dapat terjadi dengan cara difusi pasif yang terjadi dalam usus halus dalam bentuk monogliserida dan *Non Esterified Fatty Acid* (NEFA) kemudian membentuk misel (Adipratama, 2014). Residu lipid terdifusi ke dalam epitel mukosa kemudian dikonversi kembali menjadi trigliserida-trigliserida dan terinkorporasi ke dalam butir lemak yang besar diselimuti oleh fosfolipid yang amfifilik dan protein yang disebut kilomikron (Parakkasi, 1999). Kilomikron-kilomikron dibebaskan ke dalam pembuluh limfa dan masuk ke dalam sirkulasi vena melalui saluran toraks (Chuzaemi, 2012).

2.4. Profil Lemak Darah

Kandungan lemak darah sangat dipengaruhi oleh kadar lemak pakan, pakan ternak ruminansia biasanya mengandung kadar lemak yang rendah, kadar lemak yang terlalu tinggi akan menyebabkan pH rumen menurun dan akan mengganggu mikroba rumen untuk melakukan proses fermentasi di dalam rumen (Chuzaemi, 2012). Pakan ternak ruminansia mengandung tiga bentuk lemak utama, yaitu: gliserida, terutama trigliserida (triasilgliserol), fosfolipida dan sterol. Lemak terdiri dari karbon (C) dan hidrogen (H) yang dapat menyebabkan hidrofobik dan hampir semuanya tidak dapat bergabung dengan air (Linder, 1992)

2.4.1. Trigliserida

Trigliserida merupakan lemak netral, yaitu suatu ester gliserol yang terbentuk dari tiga asam lemak dan gliserol. Lemak dalam tubuh terutama disimpan dalam bentuk trigliserida. Trigliserida tidak hanya berasal dari lemak pakan (asam lemak jenuh dan tidak jenuh), tetapi juga berasal dari pakan yang mengandung karbohidrat (sederhana dan kompleks) (Soehardi, 2004). Fungsi utama trigliserida adalah sebagai bahan bakar pembentukan energi (Ngili, 2009). Pembentukan trigliserida diregulasi oleh hormon insulin, proses ini dikenal sebagai lipogenesis yang terjadi akibat masukan energi melebihi keluaran energi. Apabila sel membutuhkan energi atau masukan energi lebih rendah dibanding energi yang keluar, enzim lipase dalam sel lemak akan memecah trigliserida menjadi gliserol dan asam lemak serta melepaskannya ke dalam pembuluh darah, proses ini disebut lipolisis (Champe dkk., 2005). Kadar trigliserida darah pada sapi perah dikatakan normal apabila kurang dari 150 mg/dl dan dikatakan sangat tinggi apabila melebihi 500 mg/dl (Petkova dkk., 2008). Kadar trigliserida yang tinggi dapat berisiko terkena *aterosklerosis* (Weatherby dan Ferguson, 2002)

2.4.2. Kolesterol

Kolesterol merupakan komponen struktural dari membran sel zat yang termasuk golongan lipida dengan rumus molekul $C_{27}H_{45}OH$ dan dapat dinyatakan sebagai 3 hidroksi-5,6 kolesten (Mayes, 1996). Kolesterol terutama disintesis dalam hati dan sebagian kecil di sel epitel usus yang berasal dari lemak pakan (Ngili, 2009). Biosintesis kolesterol terutama terjadi di dalam jaringan hati, 33%

berasal dari makanan dan 67% disintesis dalam tubuh (Rettersol dkk., 1998). Prekursor pembentukan kolesterol adalah asetil KoA yang diperoleh dari sitoplasma. Asetil KoA dihasilkan dari glukosa dan asam lemak di mitokondria serta katabolisme asam amino (Marks dkk., 2000). Kolesterol berfungsi sebagai bahan baku pembentuk hormon steroid yang menjadi bagian dari mekanisme pertahanan tubuh melawan infeksi yang dibutuhkan untuk memproduksi hormon korteks adrenal, hormon reproduksi, hormon kelenjar anak ginjal dan untuk memproduksi garam empedu (Soehardi, 2004).

Kadar normal kolesterol dalam darah sapi adalah 130-252 mg/dl (Turk dkk., 2004). Kolesterol darah sangat bergantung pada kandungan lemak pakan. Lemak pakan seperti asam lemak jenuh seperti laurat, miristat dan palmitat dapat meningkatkan kadar total kolesterol dalam darah. (Serjsen *et al.*, 2008).

2.4.3. Lipoprotein

Lipoprotein merupakan molekul kompleks yang besar tersusun dari gabungan fisik protein dan lipid. Lipoprotein memiliki struktur misel dengan lipid nonpolar terkandung dalam pusat hidrofobik yang dikelilingi oleh lipid amfipatik dan protein. Protein hidrofilik dan komponen lipid bertugas mengangkut lipid nonpolar melalui lingkungan berair (Montgomery dkk., 1993). Lipoprotein dalam darah terbagi menjadi 5 jenis, yaitu kilomikron, lipoprotein dengan densitas sangat rendah (*Very Low Density Lipoprotein*) densitasnya 0,94-1,006 g/ml, lipoprotein dengan densitas menengah (*Intermediate Density Lipoprotein*)

densitasnya 1,006-1,019 g/ml, lipoprotein dengan densitas rendah (*Low Density Lipoprotein*) densitasnya 1,019-1,063 g/ml dan lipoprotein dengan densitas tinggi (*High Density Lipoprotein*) densitasnya 1,063-1,21 g/ml (McGilvery dan Goldstein, 1996). Kilomikron dan VLDL terutama mengandung trigliserida, sedangkan LDL dan HDL terutama mengandung ester kolesterol (Chuhaemi, 2012).

2.4.3.1. Kilomikron, disintesis di mukosa usus yang tersusun atas fosfolipid, trigliserida dan sedikit ester kolesterol yang bersumber dari hasil pencernaan lemak pakan. Kilomikron juga mengandung apoprotein B (apo B) (Montgomery dkk., 1993). Kilomikron disekresikan ke dalam saluran limfa dan memasuki darah melalui saluran toraks. Kilomikron dalam darah kemudian mendapat tambahan apoprotein dari *high density lipoprotein* (HDL), yaitu apo C dan apo E (McGilvery dan Goldstein, 1996).

Kilomikron bertugas membawa trigliserida dari usus halus untuk diedarkan dalam jaringan sebagai bahan bakar energi (Lehninger, 2008). Pelepasan trigliserida dari kilomikron di jaringan dibantu oleh enzim lipoprotein lipase (LPL) yang telah diaktifkan oleh apo C. Kilomikron yang telah kehilangan trigliserida disebut dengan kilomikron *remnant*, diangkut menuju hati dan mengalami metabolisme sehingga dihasilkan kolesterol bebas yang disimpan di hati (McGilvery dan Goldstein, 1996).

2.4.3.2. Very Low Density Lipoprotein (VLDL), disintesis di hati dan memiliki struktur dan yang hampir sama dengan kilomikron. VLDL juga memiliki tugas

yang sama dengan kilomikron, yaitu mengedarkan trigliserida ke jaringan tubuh. VLDL yang telah kehilangan trigliserida, disebut dengan VLDL *remnant* atau *intermediate density lipoprotein* (IDL) yang kemudian akan berubah menjadi *low density lipoprotein* (LDL) (Montgomery dkk., 1993).

2.4.3.1. Low density lipoprotein (LDL), merupakan produk akhir degradasi intravaskular VLDL melalui IDL dan terlibat dalam distribusi kolesterol untuk jaringan. Partikel LDL sapi merupakan partikel besar, dengan tingkat flotasi dari 4,4-5,3 dan diameter 189-260 Å terdapat dalam plasma pada interval kepadatan 1,026-1,076 g/ml (Bouchart, 1993). LDL berperan dalam menyediakan kolesterol dalam jaringan tubuh karena merupakan *carrier* utama untuk kolesterol dari hati ke jaringan tubuh, LDL membawa kolesterol dari hati menuju jaringan dan sel-sel yang mengandung reseptor LDL guna dimanfaatkan sel tersebut serta untuk sintesis membran dan hormon steroid (Weatherby dan Ferguson, 2002). Faktor-faktor yang mempengaruhi kadar LDL antara lain kadar kolesterol, konsumsi dan kandungan lemak jenuh pakan, tingkat kecepatan sintesis, kecepatan produksi dan eliminasi serta kandungan VLDL (Montgomery dkk., 1993).

Kadar normal LDL dalam darah sapi perah adalah 44-141 mg/dl (Turk dkk., 2004). Kelebihan LDL berpotensi *aterosklerosis* pada dinding arteri yang dapat menghambat aliran darah (Weatherby dan Ferguson, 2002). Lemak yang tinggi dalam pakan akan mengakibatkan terjadinya kenaikan kadar *Low density lipoprotein* (LDL) dalam darah yang merupakan lipoprotein yang kaya akan kolesterol, dan dapat menyebabkan peningkatan kolesterol dalam darah (Syahrir dkk., 2010).

2.4.3.2. High density lipoprotein (HDL), disintesis dan disekresi oleh hati sebagai partikel *discoidal* yang menjadi bulat selama pembentukan ester kolesterol dengan bantuan enzim LCAT (*lecithin:cholesterol acyltransferase*). Partikel-partikel ini adalah partikel utama yang terlibat dalam *reverse cholesterol transport system* atau sistem transportasi kolesterol terbalik yang mengembalikan kelebihan kolesterol dari sel-sel perifer ke hati untuk ekskresi empedu dan resintesis partikel VLDL baru (Bouchart, 1993). HDL menjaga keseimbangan kolesterol agar tidak menumpuk di dalam sel, keseimbangan dikelola oleh pengangkatan sterol dari membran pada tingkat yang sama dengan jumlah kolesterol yang disintesis menuju hati (Hasanudin dkk., 2013). HDL juga berfungsi sumber cadangan (*reservoir*) lipid dan beberapa apoprotein selama proses metabolisme kilomikron dan VLDL (McGilvery dan Goldstein, 1996).

Kadar normal HDL dalam darah sapi perah adalah 93,44-111,58 mg/dl (Petkova dkk., 2008). HDL mengandung rantai panjang asam lemak tidak jenuh dan trigliserida kilomikron lebih tinggi dibanding LDL, rendahnya kadar HDL dapat menyebabkan *atherogenic*, tingginya kadar HDL dapat melindungi jantung (Weatherby dan Ferguson, 2002).