



ASAM LEMAK LINOLEAT TERKONJUGASI



F. M. Suhartati

ASAM LEMAK LINOLEAT TERKONJUGASI

F. M. Suhartati

Universitas Jenderal Soedirman
Purwokerto
2013

Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan
ASAM LEMAK LINOLEAT TERKONJUGASI

© UPT. Percetakan dan Penerbitan Unsoed

Cetakan Pertama, 2013
Hak Cipta dilindungi Undang-undang
All Right Reserved

Penulis : F. M. Suhartati
Perancang Sampul : F. M. Suhartati
Penata Letak : Tim UPT. Percetakan dan Penerbitan Unsoed
Pracetak dan Produksi : Tim UPT. Percetakan dan Penerbitan Unsoed

Penerbit



UPT. PERCETAKAN DAN PENERBITAN
Universitas Jenderal Soedirman
Kampus UNSOED Grendeng
Jl. Prof. dr. HR. Bunyamin No. 708, Purwokerto 53122
Telp. (0281) 635292 Pes. 227
e-Mail: unsoedpress@yahoo.com

ISBN: 978-979-9204-68-4
xi + 118 hal, 15,5 cm x 23 cm

Dilarang keras memfotokopi atau memperbanyak sebagian atau
seluruh buku ini tanpa seizin tertulis dari penerbit

PRAKATA

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang selalu memberikan anugerah dan pencerahan sehingga penyusunan buku ini dapat diselesaikan. Buku yang berjudul *Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi* disusun berdasarkan hasil penelitian yang telah penulis lakukan dari 2006 sampai dengan 2012, ditambah teori-teori yang relevan dengan penelitian yang dikaji, yang disitir dari berbagai jurnal. Penelitian tentang asam lemak linoleat terkonjugasi pertamakali penulis lakukan dengan biaya dari Bogasari Nugraha pada 2006, selanjutnya dari Penelitian Fundamental DIKTI (2008), Strategi Nasional Tahun Anggaran I (2009), Proyek I-MHERE (2010), Penelitian Unggulan tahun pertama (2011) dan tahun kedua (2012). Penelitian berawal dari percobaan *in vitro*, yang selanjutnya diujicobakan pada ternak, juga pada tikus putih sebagai hewan model, pada tahun 2012 diujicobakan pada wanita yang berusia 40-60 tahun. Hasil penelitian tersebut dimasukkan ke dalam bahasan, sesuai dengan aspek yang dibahas.

Berbagai penelitian tentang asam lemak linoleat terkonjugasi dilakukan karena ada permasalahan kesehatan pada manusia yang perlu segera dipecahkan. Permasalahan tersebut antara lain obesitas, tingginya kolesterol darah, *atherosclerosis*, penyakit jantung koroner, kanker dan lain-lain. Sebagai insan yang berkecimpung dalam dunia peternakan, penulis berkeinginan mengambil bagian untuk mengatasi permasalahan tersebut. Sesuai dengan bidang studi yang penulis ampu, yaitu Ilmu Nutrisi dan Produk Ternak Fungsional dan Terapeutik, maka penulis melakukan berbagai penelitian rekayasa pakan untuk meningkatkan asam lemak linoleat terkonjugasi yang mempunyai peran dalam mengatasi permasalahan kesehatan manusia.

Pengetahuan tentang asam lemak linoleat terkonjugasi (*conjugated linoleic acid* yang disingkat CLA) sangat menarik untuk dikaji. Hal tersebut karena CLA sangat bermanfaat bagi umat manusia,

antara lain berfungsi sebagai *lean body mass promotan* dan *antidiabetic, antioksidative, cholesterol-depressing* dan *growth promoting*, mengurangi *atherosclerosis*, menurunkan lemak adipose dan *Low Density Lipoprotein (LDL)*; meningkatkan *High Density Lipoprotein (HDL)* plasma darah.

Berbagai rekayasa pakan untuk meningkatkan CLA dalam air susu dan daging telah diuji. Berdasarkan hasil yang diperoleh, ternyata pakan yang diuji lebih berpengaruh terhadap peningkatan CLA air susu jika dibandingkan pada daging. CLA air susu dapat meningkat 158% jika dibandingkan dengan pakan tradisional yang biasa diberikan oleh peternak dan sapi diperah empat jam setelah diberi pakan rumput. Air susu tersebut telah diujicobakan pada tikus putih betina galur Wistar. Kesimpulannya adalah bahwa air susu yang kaya CLA dapat memperlambat pertambahan bobot badan tikus-tikus yang sudah hiperlipidemia, menurunkan kandungan kolesterol total dan *Low Density Lipoprotein (LDL)* serta meningkatkan *High Density Lipoprotein (HDL)*. Selain pada tikus putih, air susu hasil rekayasa pakan juga sudah diuji cobakan kepada manusia, yaitu wanita penderita dislipidemia. Hasil penelitian membuktikan bahwa susu dengan kandungan CLA yang tinggi memberikan dampak positif terhadap kimia darah.

Buku yang berjudul *Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi* dapat disusun karena adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Unsoed, yang telah membuka peluang bagi penulis untuk mendapatkan dana penelitian dari berbagai skim.
2. Dekan Fakultas Peternakan Unsoed yang telah berkenan memberi persetujuan terhadap usulan dan laporan penelitian.

3. Bogasari Nugraha yang telah mendanai penelitian yang menjadi pijakan dan rangsangan bagi penelitian selanjutnya.
4. Proyek I-MHERE Sub Komponen B.1 Batch III Universitas Jenderal Soedirman yang telah mendanai penelitian dan hasilnya dapat menjadi sumber acuan buku referensi.
5. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah memberikan dana penelitian melalui skim Fundamental, Strategi Nasional dan Unggulan Perguruan Tinggi kepada penulis sehingga dapat memperbanyak sumber acuan dalam penulisan buku ini.
6. Bapak Soewarto, BA., Ketua Kelompok Peternak Sapi Perah "Margo Mulyo", Desa Kemutug Lor, Kecamatan Baturaden, Kabupaten Banyumas atas kerjasamanya yang baik dan selalu mengizinkan ternaknya sebagai materi penelitian.
7. Prof. Dr. Ir. Ali Agus, DAA., DEA., Guru Besar Fakultas Peternakan Universitas Gajah Mada Yogyakarta dan Drs. Subandi, M.Pd., dosen Bahasa Indonesia, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Jurusan Bahasa, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto yang telah berkenan menjadi reviewer.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyusunan buku ini.

Penulis menyadari bahwa isi buku ini masih jauh dari sempurna. Namun demikian penulis tetap berharap semoga buku ini dapat menjadi referensi bagi yang membutuhkan. Demi perbaikan isi dan sebagai bahan revisi, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan penerbitan yang akan datang.

Purwokerto, Mei 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Landasan Teori	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Metode Pemecahan Masalah	3
BAB 2. ASAM LEMAK	5
2.1. Klasifikasi Asam Lemak	7
2.1.1. Klasifikasi Asam Lemak Berdasarkan Panjang Rantai Karbon	7
2.1.2. Klasifikasi Asam Lemak Berdasarkan Derajat Ketidak Jenuhan atau Banyaknya Ikatan Rangkap	7
2.2. Peran Asam Lemak	13
2.3. Asam Lemak Susu	16
BAB 3. ASAM LEMAK LINOLEAT TERKONJUGASI	21
BAB 4. PERAN ASAM LEMAK LINOLEAT TERKONJUGASI ...	29
4.1. Antikarsinogenik	31
4.2. Menurunkan Pertambahan Bobot Badan	35
4.3. Menurunkan Lemak Tubuh	38
4.4. Menurunkan Kholesterol dan LDL dan Meningkatkan HDL Darah	39
BAB 5. BIOHIDROGENASI ASAM LEMAK DI DALAM RUMEN	47
5.1. Jalur Biohidrogenasi	47
5.2. Mikroorganisme yang Terlibat dalam Proses Biohidrogenasi	50
5.2.1. Peran Bakteri	52
5.2.2. Peran <i>Ciliate protozoa</i>	55
5.2.3. Peran Fungi Anaerob	57

BAB 6. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KANDUNGAN CLA LEMAK RUMINANSIA	59
6.1. Faktor Makanan	60
6.2. pH Rumen	73
BAB 7. ASAM LEMAK LINOLEAT TERKONJUGASI DALAM DAGING, PRODUK DAGING, SUSU DAN MANUSIA ...	79
7.1. Konsentrasi Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi (CLA) dalam Daging	81
7.2. Konsentrasi Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi (CLA) dalam Produk Daging	84
7.3. Konsentrasi Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi (CLA) dalam Air Susu	85
7.4. Asam lemak Linoleat Terkonjugasi pada Manusia	87
KESIMPULAN	89
DAFTAR PUSTAKA	91

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Beberapa Asam Lemak <i>cis mono unsaturated</i> yang Umum dalam Lemak dan Minyak	8
2. Famili Asam Lemak n-6 PUFA	9
3. Famili Asam Lemak n-3 PUFA	10
4. Asam Lemak Jenuh yang Umum Terdapat Dalam Lemak Makanan dan Minyak	11
5. Komposisi Asam Lemak Suplemen	17
6. Komposisi Susu Sapi	18
7. Komposisi Asam lemak Susu Sapi Parah (g/100 g lemak)	19
8. Populasi Bakteri, Protozoa dan Zoospora Fungi dalam Rumen Sapi dan Kerbau Dibawah Sistem Tradisional di Thailand Timur Laut	51
9. Pengaruh Pakan Terhadap Perubahan Proporsi CLA Asam Lemak Intramuskular	64
10. Kandungan Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi dalam Berbagai Macam Daging	82
11. Kandungan Asam lemak Linoleat Terkonjugasi Produk Daging	
.....	
.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Dua Jenis Asam Lemak yang Umum Dijumpai, Diperlihatkan Sebagai Rumus Struktur dan Sebagai Model Ruang (Sumber: Lehninger, 1995)	5
2. Struktur Asam Lemak Cis dan Trans (Sumber : Mozaffarian <i>et al.</i> , 2006)	12
3. Pola Produksi Susu Temporal (Sumber: Han <i>et al.</i> , 2012)	18
4. Isomer <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11, dan <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12-octadecadienoic acid (Sumber: Christie <i>et al.</i> , 2001)	22
5. Struktur Kimia Isomer Conjugated Linoleic Acid dan Asam Linoleat. Asam Lemak <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12 octadecadienoic (A), <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11 octadecadienoic acid (B) dan <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12 octadecadienoic acid (Asam Linoleat) (C) (Sumber: Bauma <i>et al.</i> , 1999) ..	25
6. Hubungan antara Taraf Pemberian Air Susu dengan Pertambahan Bobot Badan Tikus (Sumber: Suhartati <i>et al.</i> , 2011)	38
7. Hubungan antara Taraf Pemberian Air Susu Sapi dengan Penurunan Kolesterol Darah Tikus (Sumber: Suhartati <i>et al.</i> , 2011)	41
8. Hubungan antara Taraf Pemberian Air Susu Sapi dengan Penurunan LDL Darah	42
9. Hubungan antara Taraf Pemberian Air Susu Sapi dengan Peningkatan HDL Darah	43
10. Jalur Biohidrogenasi A) α -linolenic, (B) linoleic, and (C) asam lemak oleat (Sumber: Harfoot and Hazlewood, 1988)	48
11. Peran Biohidrogenasi Rumen dan Δ^9 -desaturase jaringan dalam Produk-si <i>cis</i> -9, <i>trans</i> 11 Asam Lemak inoleat Terkonjugasi dalam Lemak Ruminansia (Sumber: Bauma <i>et al.</i> , 1999)	49

-
12. Pembentukan Senyawa Intermedier *Trans*-11C18:1 (Sumber: Keeney, 1970 yang telah dimodifikasi) 50
 13. Pohon Filogenetik Berdasarkan 16S rRNA urutan Analisis Bakteri Rumen Hubungannya dengan *Butyrivibrio*, Metabolisme Asam Linoleat, dan Sensitivitasnya terhadap Hambatan Pertumbuhan oleh Asam Linoleat (Sumber: Jenkins *et al.*, 2008) ... 53
 14. Peran *Butirivibrio* spp pada Umumnya, *B. proteoclasticum* dan *P. acnes* dalam Metabolisme dari Diet Asam Lemak Tak Jenuh (Asam Linoleat dan Oleat) dan Produknya (Sumber: McKain *et al.* 2010) 54
 15. Komposisi Utama Lemak Tak Jenuh C18 dari Campuran Protozoa Rumen dan Bakteri yang Diisolasi dari Rumen Domba 1 Jam Sebelum dan 6 Jam Setelah Pemberian Pakan. (A) asam Lemak Tak Jenuh Tunggal C18, (B) *polyunsaturated fatty acid* C18 (Sumber: Devillard *et al.*, 2006) 56
 16. Aliran *trans*-11 vaccenic acid (C18:1*trans*-11) dan Isomer CLA *cis*-9, *trans*-11 ke Duodenum (Sumber: Duckett and Gillis, 2010) 67
 17. Pengaruh pH Terhadap (a) Produk Biohidrogenasi dan (b) Sisa Asam Linoleat (LA) pada Inkubasi Bakteri Rumen yang Berasal dari Sapi yang Diberi Pakan Tinggi Hijauan (Lingkaran Tertutup) atau Tinggi Konsentrat (Lingkaran Terbuka) (Sumber: Choi *et al.*, 2005) 76
 18. Pengaruh pH Terhadap Distribusi Isomer CLA (a) *cis*-9, *trans*-11 dan (b) *trans*-10, *cis*-12 pada Inkubasi Bakteri Rumen yang Berasal dari Sapi yang Diberi Pakan Tinggi Hijauan (Lingkaran Tertutup) atau Tinggi Konsentrat (Lingkaran Terbuka) (Sumber: Choi *et al.*, 2005) 77
 19. Pengaruh Infusi Abomasal Asam Sterculic Terhadap Kandungan of *cis*-9, *trans*-11 CLA (lingkaran tertutup) dan *trans*-11 C18:1 Lemak Susu (Lingkaran terbuka) (Sumber: Griinari *et al.*, 2000) 86
-

BAB 1.

PENDAHULUAN

1.1. Landasan Teori

Tingginya kolesterol dalam tubuh merupakan salah satu penyebab penyakit jantung koroner (PJK). Penyakit jantung dewasa ini merupakan penyebab paling utama keadaan sakit dan kematian di Negara-negara industri maju. Di negara-negara berkembang, kecenderungan perubahan pola makan masyarakat yang didominasi oleh makanan berlemak tinggi dan rendah serat (*junkfood*), gaya hidup merokok, dan kurang gerak merupakan penyebab timbulnya berbagai penyakit yang berhubungan dengan kolesterol (Ariantari *et al.*, 2010).

Secara normal, kolesterol dapat diproduksi oleh tubuh sesuai dengan kebutuhan, namun dapat meningkat karena mengonsumsi makanan yang mengandung kolesterol. Kolesterol yang berlebihan dapat menumpuk di pembuluh darah dan dapat menimbulkan penyempitan pembuluh darah, dan dapat menyebabkan seseorang terserang stroke dan gagal jantung.

Kolesterol diangkut oleh lipoprotein menuju sel-sel yang membutuhkan termasuk jantung dan otak, sedangkan kelebihan kolesterol diangkut oleh HDL (*High Density Lipoprotein*) menuju hati yang kemudian diurai dan masuk ke kantong empedu sebagai asam empedu. LDL memiliki kandungan lemak yang lebih banyak dibandingkan dengan HDL. LDL dianggap lemak yang jahat karena dapat menempel pada dinding pembuluh darah sedangkan HDL dianggap lemak yang baik karena ia membawa lemak yang berlebih

menuju ke hati. LDL yang menempel pada pembuluh darah karena mengalami oksidasi akan masuk ke lapisan dinding pembuluh darah yang lebih dalam (intima) sehingga membentuk LDL yang teroksidasi. LDL yang teroksidasi akan menghasilkan zat yang mengubah monosit menjadi makrofag, LDL tersebut akan mengalami oksidasi kedua menjadi LDL teroksidasi sempurna yang mampu mengubah makrofag menjadi sel busa. Sel busa yang saling berikatan akan membentuk gumpalan yang semakin lama semakin besar sehingga menimbulkan benjolan yang mengakibatkan penyempitan lumen pembuluh darah. Kondisi tersebut akan bertambah parah karena LDL teroksidasi sempurna juga dapat merangsang otot-otot lapisan pembuluh darah yang paling dalam (media) untuk masuk ke intima kemudian membelah diri sehingga jumlahnya semakin banyak. Plak pada kolesterol bersifat rapuh dan mudah pecah, dan apabila terjadi luka pada dinding pembuluh darah dapat memicu pembentukan bekuan darah. Karena pembuluh darah sudah tersendat oleh kolesterol maka keberadaan bekuan darah dapat menyumbat sepenuhnya aliran darah. Kondisi ini disebut arterosklerosis dan dapat terjadi di arteri pada jantung, otak, ginjal atau organ vital lainnya (National Cardiovascular Center Harapan Kita, 2008).

Masalah tersebut dapat diatasi dengan berbagai cara, antara lain mengkonsumsi makanan yang berasal dari hewan ruminansia yaitu daging, susu, dan produk-produknya. Bahan makanan tersebut kaya asam lemak linoleat terkonjugasi (*Conjugated linoleic acids* yang disingkat CLA) yang berperan sebagai *lean body mass promotan* dan *antidiabetic* (Gulati *et al.*, 2000), antioksidatif, *cholesterol-depressing* dan *growth promoting*, mengurangi *atherosclerosis*; menurunkan lemak adipose (Gillis, 2004); meningkatkan *High Density Lipoprotein* (HDL) plasma darah (Choi *et al.*, 2006). Berbagai manfaat yang telah diuraikan tersebut menunjukkan bahwa CLA sangat dibutuhkan untuk kesehatan manusia.

Kandungan CLA dalam air susu dapat ditingkatkan melalui rekayasa pakan, antara lain fermentasi menggunakan ragi (Suhartati *et al.*, 2006), melalui suplai C18:2 yang terdapat dalam minyak nabati (Chantaprasarn dan Wanapat, 2004; Suhartati dan Batta, 2008), dan

imbangan hijauan:konsentrat (Suhartati *et al.*, 2006). Telah dibuktikan bahwa *pasture-based diet* menghasilkan asam lemak tak jenuh berantai panjang, termasuk CLA yang lebih banyak dibanding dengan pakan komplit (Schroeder *et al.*, 2004). Manipulasi pakan dapat memengaruhi komposisi asam lemak produk peternakan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan landasan teori yang telah diuraikan, permasalahan yang harus dipecahkan yaitu:

- a. Apakah fermentasi dedak padi dan onggok menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dapat meningkatkan kandungan CLA rumen?
- b. Apakah imbalanced hijauan: konsentrat berpengaruh terhadap kandungan CLA rumen?
- c. Apakah jenis minyak nabati berpengaruh terhadap kandungan CLA rumen ?
- d. Apakah taraf penambahan minyak nabati berpengaruh terhadap kandungan CLA rumen ?
- e. Apakah formula pakan dan waktu pemerahan berpengaruh terhadap kandungan CLA air susu sapi perah?
- f. Apakah air susu sapi perah yang kaya CLA dapat menurunkan kolesterol total, LDL-kolesterol, dan meningkatkan HDL-kolesterol pada tikus putih dan manusia?

1.3. Metode Pemecahan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, maka dilakukan berbagai macam penelitian baik secara *in vitro* maupun *in vivo*. Penelitian dilakukan mulai 2006 sampai dengan 2012 dengan rincian sebagai berikut :

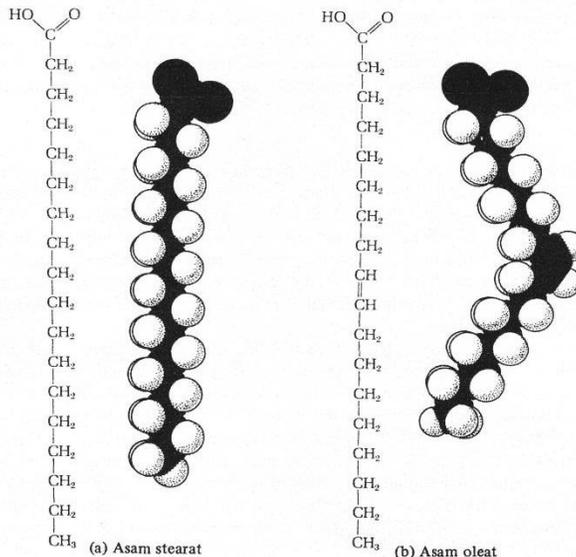
- a. Untuk mengkaji pengaruh fermentasi dedak padi dan onggok digunakan *Saccharomyces cerevisiae* terhadap kandungan CLA rumen dilakukan percobaan *in vitro* pada tahun 2006.
- b. Untuk mengkaji pengaruhimbangan hijauan: konsentrat terhadap kandungan CLA rumen, dilakukan percobaan *in vitro* pada 2006 dan 2008.
- c. Untuk mengkaji pengaruh jenis minyak nabati terhadap kandungan CLA rumen, dilakukan percobaan *in vitro* pada 2008.
- d. Untuk mengkaji taraf minyak nabati terhadap kandungan CLA rumen, dilakukan percobaan *in vitro* pada 2008.
- e. Untuk mengkaji pengaruh formula pakan dan waktu pemerahan terhadap kandungan CLA air susu, dilakukan percobaan *in vivo* menggunakan sapi perah pada 2010.
- f. Untuk mengkaji kemampuan air susu sapi perah yang kaya CLA untuk menurunkan kolesterol total, LDL-kolesterol, dan maningkatkan HDL-kolesterol dilakukan percobaan *in vivo* menggunakan tikus putih pada 2011 dan pada manusia pada 2012.

Hasil penelitian yang telah diperoleh diuraikan dalam bab yang berkaitan. Agar pengetahuan tentang asam lemak linoleat terkonjugasi (*Conjugated linoleic acids* yang disingkat CLA) dapat lebih mendalam, maka dalam buku ini juga dilakukan kajian teori tentang asam lemak, CLA, dan berbagai aspek yang berkaitan dengan CLA.

Aspek yang dimaksud antara lain penjelasan tentang asam lemak secara umum, asam lemak linoleat terkonjugasi, peranan asam lemak linoleat terkonjugasi, biohidrogenasi asam lemak di dalam rumen, faktor-faktor yang memengaruhi kandungan CLA lemak ruminansia, dan CLA dalam daging, produk daging, susu dan manusia.

BAB 2. ASAM LEMAK

Asam lemak adalah asam organik berantai panjang yang mempunyai atom karbon dari 4 sampai 24; memiliki gugus karboksil tunggal dan ekor hidrokarbon nonpolar yang panjang (Gambar 1), yang menyebabkan kebanyakan lipid bersifat tidak larut di dalam air dan tampak berminyak atau berlemak (Lehniger, 1995).



Gambar 1. Dua Jenis Asam Lemak yang Umum Dijumpai, Diperlihatkan sebagai Rumus Struktur dan Sebagai Model Ruang (Sumber: Lehninger, 995)

Nama asam lemak secara sistematis berasal dari nama hidrokarbon induknya dengan mensubstitusikan *oat* untuk a terakhir. Misalnya, asam lemak jenuh C_{18} disebut asam *oktadekanoat* sebab hidrokarbon induknya adalah oktadekana. Simbol C diikuti angka menunjukkan banyaknya atom C yang menyusunnya; angka di belakang titik dua menunjukkan banyaknya ikatan ganda di antara rantai C-nya. Contoh: $C_{18}:1$ berarti asam lemak berantai C sebanyak 18 dengan satu ikatan ganda. Lambang omega (ω) menunjukkan posisi ikatan ganda dihitung dari ujung (atom C gugus metil). Ketika ketidakjenuhan terjadi, satu atau lebih atom hidrogen dilepas dan ikatan ganda antara dua atom karbon dibentuk ($C=C$). Sebagai contoh, $C_{16}:1$ menunjukkan asam lemak tak jenuh tunggal (*monounsaturated fatty acid*) yang terdiri atas 16 atom karbon dengan 1 ketidakjenuhan (melepas 2 atom hydrogen). $C_{18}:3$ menunjukkan asam lemak tak jenuh majemuk (*polyunsaturated*) yang terdiri atas 18 atom karbon dengan 3 ketidakjenuhan (melepas 6 atom hydrogen) (Whetsell *et al.*, 2003).

Hampir semua asam lemak di alam memiliki jumlah atom karbon yang genap. Sebagian besar terdiri atas atom-atom karbon linier, tetapi beberapa memiliki rantai bercabang. Asam lemak dalam keadaan bebas terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit. Kebanyakan asam lemak ditemukan dalam keadaan teresterifikasi sebagai komponen dari lipid lainnya (Ngili, 2010). Asam lemak dengan 16 dan 18 karbon adalah yang paling dominan. Ekor hidrokarbon yang panjang mungkin jenuh sepenuhnya, yaitu hanya mengandung ikatan tunggal, atau bagian ini mungkin bersifat tidak jenuh dengan satu atau lebih ikatan ganda. Pada umumnya jumlah asam lemak tidak jenuh dua kali lebih banyak dibandingkan dengan asam lemak jenuh pada kedua lipida hewan dan tumbuhan. Pada kebanyakan asam lemak tidak jenuh terdapat ikatan ganda (ditunjukkan oleh Δ^9) di antara atom karbon nomor 9 dan 10. Jika terdapat ikatan ganda tambahan, ikatan tersebut biasanya terdapat di antara ikatan ganda Δ^9 dan rantai ujung terminal-metil. Pada asam lemak yang mengandung dua atau lebih ikatan ganda, ikatan tersebut tidak pernah terkonjugasi ($-CH=CH-CH=CH-$), tetapi terpisah oleh gugus metilen : $-CH=CH-CH_2-CH=CH-$ (Lehninger, 1995)

Ikatan ganda pada hampir semua asam lemak tidak jenuh yang ada di alam berada dalam konfigurasi geometric *cis*, yang menghasilkan suatu lekukan kaku pada rantai alifatik (Gambar 1). Asam lemak dengan ikatan ganda banyak, misalnya asam arakhidonat dengan empat ikatan ganda, memiliki suatu belokan dan relatif kaku dibandingkan dengan asam lemak jenuh, yang karena kebebasan gerak mengelilingi ikatan tunggalnya bersifat lebih fleksibel dan memanjang. Asam lemak jenuh dari C12 sampai C24 bersifat padat, berkonsistensi lilin. Sebaliknya, asam lemak tidak jenuh, bersifat cairan berminyak pada suhu tubuh (Lehninger, 1995)

2.1. Klasifikasi Asam Lemak

Klasifikasi asam lemak dapat dibedakan berdasarkan 1) panjang rantai karbon, dan 2) derajat ketidakjenuhan atau banyaknya ikatan rangkap.

2.1.1. Klasifikasi Asam Lemak Berdasarkan Panjang Rantai Karbon

Klasifikasi asam lemak berdasarkan pada panjang rantai karbon dibedakan menjadi tiga, yaitu 1) asam lemak rantai pendek, jumlah atom karbon 2 sampai 4; 2) asam lemak rantai sedang, jumlah atom karbon 6-10; 3) asam lemak rantai panjang, jumlah atom 12 sampai 26. Asam lemak C₁ sampai C₆ berada dalam bentuk bebas. Asam lemak dengan rantai karbon yang lebih panjang dapat berada dalam bentuk bebas atau diesterifikasi sebagai trigliserida. Asam lemak yang terdapat di dalam jaringan adipose ruminansia sebagian besar sebagai trigliserida, utamanya asam lemak C16 dan C18 (Whetsell *et al.*, 2003).

2.1.2. Klasifikasi Asam Lemak Berdasarkan Derajat Ketidakjenuhan atau Banyaknya Ikatan Rangkap

Berdasarkan banyaknya ikatan rangkap, asam lemak diklasifikasikan sebagai asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Asam lemak jenuh merupakan asam lemak yang

tidak mempunyai ikatan rangkap, hanya mengandung ikatan tunggal pada rantai hidrokarbonnya, dan membawa atom hidrogen dalam jumlah yang maksimum (Herlina dan Ginting 2002), sedangkan asam lemak tidak jenuh adalah asam lemak yang mempunyai satu atau lebih ikatan rangkap (Muda, 1994)

Berdasarkan banyaknya ikatan rangkap, asam lemak dibedakan menjadi tiga yaitu ikatan rangkap tunggal, ikatan rangkap majemuk dan tanpa ikatan rangkap.

1) Ikatan rangkap tunggal (*mono unsaturated fatty acid, monoethenoid*) adalah lemak yang mempunyai satu ikatan rangkap, contoh: palmitoleat (C16:1), oleat (C18:1). Lebih dari 100 *cis mono unsaturated fatty acid* (MUFA) terjadi di alam, namun sebagian besar merupakan senyawa yang sangat langka. Asam oleat merupakan MUFA yang paling umum dan berada dalam jumlah yang cukup dalam hewan maupun tanaman. Tabel 1. memuat daftar MUFA makanan yang paling umum

Tabel 1. Beberapa Asam Lemak *cis mono unsaturated* yang Umum dalam Lemak dan Minyak

Common name	Systematic name	Delta abbreviation	Typical sources
palmitoleic	<i>cis</i> -9-hexadecenoic	16:1Δ9c (9c-16:1)	marine oils, macadamia oil, most animal and vegetable oils.
oleic	<i>cis</i> -9-octadecenoic	18:1Δ9c (9c-18:1) (OA)	all fats and oils, especially olive oil, canola oil and high-oleic sunflower and safflower oil
<i>cis</i> -vaccenic	<i>cis</i> -11-octadecenoic	18:1Δ11c (11c-18:1)	most vegetable oils
gadoleic	<i>cis</i> -9-eicosenoic	20:1Δ9c (9c-20:1)	marine oils
	<i>cis</i> -11-eicosenoic	20:1Δ11c (11c-20:1)	marine oils
erucic acid	<i>cis</i> -13-docosenoic	22:1Δ13c (13c-22:1)	mustard seed oil, high erucic rapeseed oil
nervonic	<i>cis</i> -15-tetracosenoic	24:1Δ15c (15c-24:1)	marine oils

Sumber: FAO (2010)

2). Ikatan rangkap majemuk (*poly unsaturated fatty acid = PUFA, polyethenoid*) adalah asam lemak yang mempunyai lebih dari satu ikatan rangkap, contoh: Linoleat (C18:2), linolenat (C18:3), arakhidonat (C20:4).

Menurut FAO (2010), secara alamiah PUFA dengan gugus penyela metilen pada ikatan rangkap dan semuanya dalam konfigurasi *cis* dapat dibedakan kedalam 12 famili, yaitu berkisar dari ikatan rangkap pada posisi n-1 sampai pada posisi n-12. Yang paling penting bagi kesehatan manusia dan nutrisi adalah famili n-6 dan n-3. Anggota dari kedua famili tersebut tercantum dalam tabel 2. dan 3.

Tabel 2. Famili Asam Lemak n-6 PUFA

Common name	Systematic name	N minus abbreviation	Typical sources
linoleic acid	<i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12-octadecadienoic	18:2n-6 (LA)	most vegetable oils
γ -linolenic acid	<i>cis</i> -6, <i>cis</i> -9, <i>cis</i> -12-octadecatrienoic acid	18:3n-6 (GLA)	evening primrose, borage and blackcurrant seed oils
dihomo- γ -linolenic acid	<i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14-eicosatrienoic acid	20:3n-6 (DHGLA)	very minor component in animal tissues
arachidonic acid	<i>cis</i> -5, <i>cis</i> -8, <i>cis</i> -11, <i>cis</i> -14-eicosatetraenoic acid	20:4n-6 (AA)	animal fats, liver, egg lipids, fish
docosatetraenoic acid	<i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16-docosatetraenoic acid	22:4n-6	very minor component in animal tissues
docosapentaenoic acid	<i>cis</i> -4, <i>cis</i> -7, <i>cis</i> -10, <i>cis</i> -13, <i>cis</i> -16-docosapentaenoic acid	22:5n-6	very minor component in animal tissues

Sumber: FAO (2010)

Asam linoleat adalah asam lemak dasar dari famili n-6, yang mempunyai 18 atom karbon dengan dua ikatan rangkap dan ikatan rangkap pertama pada atom karbon nomer 6 dari gugus metil akhir rantai asam lemak. Oleh karena itu asam lemak tersebut disebut n-6. Asam linoleat dapat didesaturasi dan diperpanjang dalam tubuh manusia membentuk seri n-6 PUFA (Tabel 2). Asam α -linolenat adalah asam lemak dasar dari famili n-3. Asam lemak tersebut juga mempunyai 18 atom karbon, tetapi mempunyai tiga ikatan rangkap. Adapun asam linoleat memiliki ikatan rangkap pertama asam linolenat pada atom karbon nomor 3 dari gugus metil akhir rantai asam lemak sehingga disebut n-3. Seperti halnya asam linoleat, Asam α -linolenat juga dapat didesaturasi dan diperpanjang membentuk seri n-3 PUFA (Tabel 3).

Tabel 3. Famili Asam Lemak n-3 PUFA

Common name	Systematic name	N minus abbreviation	Typical sources
α -linolenic	<i>cis-9,cis-12-cis-15</i> -octadecatrienoic acid	18:3n-3 (ALA)	flaxseed oil, perilla oil, canola oil, soybean oil
stearidonic acid	<i>cis-6,cis-9,cis-12,cis-15</i> -octadecatetraenoic acid	18:4n-3 (SDA)	fish oils, genetically enhanced soybean oil, blackcurrant seed oil, hemp oil
	<i>cis-8,cis-11,cis-14,cis-17</i> -eicosatetraenoic acid	20:4n-3	very minor component in animal tissues
eicosapentaenoic acid	<i>cis-5, cis-8,cis-11,cis-14,cis-17</i> -eicosapentaenoic acid	20:5n-3 (EPA)	fish, especially oily fish (salmon, herring, anchovy, smelt and mackerel)
docosapentaenoic acid	<i>cis-7,cis-10,cis-13,cis-16, cis-19</i> -docosapentaenoic acid	22:5n-3 (n-3 DPA)	fish, especially oily fish (salmon, herring, anchovy, smelt and mackerel)
docosahexaenoic acid	<i>cis-4,cis-7,cis-10,cis-13,cis-16,cis-19</i> -docosahexaenoic acid	22:6n-3 (DHA)	fish, especially oily fish (salmon, herring, anchovy, smelt and mackerel)

Sumber: FAO (2010)

Asam linoleat dan Asam α -linolenat terjadi pada hampir semua lemak makanan dan mencapai proporsi terbesar pada minyak nabati (White, 2008). Asam α -linolenat terutama terdapat dalam tanaman dengan konsentrasi yang tinggi pada beberapa biji-bijian, kacang-kacangan, dan juga pada minyak nabati, tetapi pada makanan konvensional keberadaannya lebih rendah daripada asam linoleat. Asam arachidonat (AA) merupakan asam n-6 PUFA yang terpenting dari semua asam lemak n-6 karena merupakan precursor utama untuk n-6 *derived eicosanoids*. AA berada dalam level yang rendah pada daging, telur, ikan dan tanaman air lainnya (Wood *et al.*, 2008). *Eicosapentaenoic acid* (EPA) and *docosahexaenoic acid* (DHA) merupakan asam lemak n-3 yang penting untuk nutrisi manusia. EPA dan DHA adalah komponen lemak ikan laut. Ikan laut seperti mackerel, salmon, sardine, dan herring merupakan sumber EPA dan DHA (Ackman, 2008)

3). Tanpa ikatan rangkap (*saturated fatty acid*) :

Menurut FAO (2010) Asam lemak jenuh mempunyai formula umum R-COOH, dan diklasifikasikan ke dalam empat subkelas berdasarkan panjang rantai, yaitu pendek, medium, panjang, dan sangat panjang.

- (1) Asam lemak rantai pendek adalah asam lemak dengan 3 sampai 7 atom karbon.
- (2) Asam lemak rantai medium adalah asam lemak dengan 8 sampai 13 atom karbon.
- (3) Asam lemak rantai panjang adalah asam lemak dengan 14 sampai 20 atom karbon.
- (4) Asam lemak rantai sangat panjang: adalah asam lemak dengan 21 atau lebih atom karbon.

Tabel 4 memuat beberapa asam lemak jenuh makanan yang paling umum, terutama yang dihasilkan oleh hewan utamanya lemak susu ruminansia. Level yang cukup juga ada dalam beberapa minyak tropis , utamanya minyak sawit dan minyak kelapa .

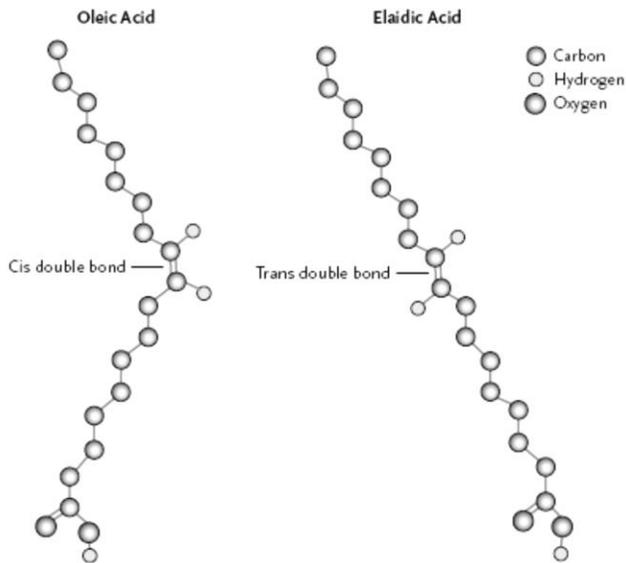
Tabel 4. Asam Lemak Jenuh yang Umum Terdapat dalam Lemak Makanan dan Minyak

<i>Trivial name</i>	<i>Systematic name</i>	<i>Abbreviation</i>	<i>Typical source</i>
Butyric	Butanoic	C4:0	Dairy fat
Caproic	Hexanoic	C6:0	Dairy fat
Caprylic	Octanoic	C8:0	Dairy fat, coconut and palm kernel oil
Capric	Decanoic	C10:0	Dairy fat, coconut and palm kernel oil
Lauric	Dodecanoic	C12:0	Coconut oil, palmkernel oil
Myristic	Tetradecanoic	C14:0	Dairy fat, coconut and palm kernel oil
Palmitic	Hexadecanoic	C16:0	Most fats and oil
Stearic	Octadecanoic	C18:0	Most fats and oil
Arachidic	Eicosanoic	C20:0	Peanut oil
Behenik	Docosanoic	C22:0	Peanut oil
Lignoserik	Tetracosanoic	C24:0	Peanut oil

Sumber: FAO (2010)

Asam lemak jenuh bersifat lebih stabil (tidak mudah bereaksi) daripada asam lemak tak jenuh. Ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh mudah bereaksi dengan oksigen (mudah teroksidasi). Oleh karena itu, dikenal istilah bilangan oksidasi bagi asam lemak. Keberadaan ikatan ganda pada asam lemak tak jenuh menjadikannya memiliki dua bentuk yaitu *cis* dan *trans*.

Asam lemak bentuk *trans* (*trans fatty acid*, dilambangkan dengan "E") hanya diproduksi oleh sisa metabolisme hewan atau dibuat secara sintetis. Akibat polarisasi atom H, asam lemak *cis* memiliki rantai yang melengkung. Asam lemak *trans* karena atom H-nya berseberangan tidak mengalami efek polarisasi yang kuat dan rantainya tetap relatif lurus (Herlina dan Ginting, 2002). Perbedaan bentuk antara struktur *cis* dan *trans* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Asam Lemak Cis dan Trans (Sumber : Mozaffarian *et al.*, 2006)

2.2. Peran Asam Lemak

Asam lemak memiliki empat peran utama. Pertama, asam lemak merupakan unit penyusun fosfolipid dan glikolipid. Molekul-molekul amfipatik ini merupakan komponen penting bagi membran biologi. Kedua, banyak protein dimodifikasi oleh ikatan kovalen asam lemak, yang menempatkan protein-protein tersebut ke lokasi-lokasinya pada membran. Ketiga, asam lemak merupakan molekul bahan bakar. Asam lemak disimpan dalam bentuk triasilgliserol yang merupakan ester gliserol yang tidak bermuatan. Triasilgliserol disebut juga lemak netral atau trigliserida. Keempat, derivat asam lemak berperan sebagai hormon dan cakra intrasel (Rusdiana, 2004). Meskipun asam lemak mempunyai peran yang sangat penting, namun persepsi yang populer tentang lemak sangat berlawanan dengan peran tersebut yaitu tidak hanya menyebabkan kegemukan, tetapi juga meningkatkan resiko problem kesehatan seperti penyakit jantung, stroke, diabet, dan beberapa kanker, meskipun lemak esensial penting untuk kesehatan manusia (Whetsell *et al.*, 2003).

Selain sebagai sumber energi, asam lemak memiliki berbagai fungsi fisiologis. Beberapa asam lemak dapat diproduksi secara endogenous, tetapi asam lemak tidak jenuh n-3 dan n-6 adalah asam lemak esensial yang harus disediakan dalam makanan. Asam lemak esensial rantai panjang dibutuhkan untuk fungsi membrane seluler dan produksi eicosanoid yang berperan dalam reaksi inflamasi dan kontrol tekanan darah. Asam lemak esensial juga memengaruhi regulasi gen, misalnya bertindak sebagai ligan dari *peroxisome proliferator-activated receptors*, yang terlibat dalam pertumbuhan dan perkembangan. Asam lemak rantai panjang n-3 *eicosapentaenoic* (20:5n-3; EPA) dan *docosahexaenoic acid* (22:6n-3; DHA) berlimpah dalam minyak ikan. Oleh karena itu asam lemak tersebut juga disebut sebagai asam lemak laut (Magdalena *et al.*, 2005). Meskipun bekerjanya tidak sepenuhnya dipahami, berdasarkan hasil studi epidemiologi asam lemak tersebut menjelaskan hubungan terbalik antara konsumsi ikan dengan perkembangan penyakit jantung koroner dan stroke (Hu *et al.*, 2003). Terlepas dari kemungkinan efek yang *cardioprotective*, DHA dengan asam arakidonat adalah satu dari

dua asam lemak tak jenuh jamak yang paling lazim di dalam phospholipid otak dan retinal dan memainkan peran dalam neurotransmisi normal dan fungsi visual (Magdalena *et al.*, 2005). Sumber utama EPA dan DHA adalah makanan laut, tetapi dapat juga ditemukan dalam daging merah tanpa lemak, daging organ dalam seperti hati dan otak, dan telur (Meyer *et al.*, 2003), dan jumlah yang sangat kecil ditemukan dalam produk susu. Akibatnya, vegetarian, yang tidak makan daging atau ikan, memiliki asupan EPA dan DHA yang sangat rendah. Namun demikian, vegetarian memiliki asupan asam linoleat (18:2 n-6, LA) relatif tinggi yang sebagian besar berasal dari sumber tanaman (Davis and Kris-Etherton, 2003). EPA dan DHA dapat juga disintesis dalam tubuh dari asam linolenat (18:3 n-3), namun, pada manusia konversinya terbatas (Muskiel *et al.*, 2004), dan mungkin lebih banyak pada pria dibandingkan pada wanita (Burdge *et al.*, 2002).

Lemak makanan terbukti menguntungkan sistem reproduksi sapi perah. Komposisi asam lemak dalam suplemen berperan dalam menentukan pengaruhnya terhadap reproduksi (Mattos *et al.*, 2000; Lucy 2001). Asam lemak tidak jenuh berpengaruh positif terhadap fungsi ovarium sapi perah meskipun mekanismenya tidak diketahui (Robinson *et al.*, 2002). Suplementasi asam lemak tak jenuh jamak *bypass* rumen pada domba betina meningkatkan jumlah follikel dan *oosit* dalam ovarium dan meningkatkan jumlah *oosit* yang berkualitas tinggi (Zeron *et al.* 2002). Diet asam linolenat (C18: 3) telah terbukti meningkatkan diameter folikel dan meningkatkan konsentrasi estradiol (E2) plasma selama fase folikular (Robinson *et al.* 2002). Hasil tersebut menunjukkan bahwa asam lemak tak jenuh memiliki peran penting dalam modulasi perkembangan folikuler, sekresi PGs, dan *steroidogenesis*. Percobaan telah menunjukkan bahwa suplemen asam lemak linoleat meningkatkan EPA and *docosapentaenoic acid* (22:5n-3; DPA) tetapi memiliki pengaruh yang kecil terhadap DHA (Fokkema *et al.*, 2004).

Komposisi asam lemak dalam lemak imbuhan memiliki peran penting dalam reproduksi (Mattos *et al.* 2000, Lucy 2001). Telah ditunjukkan oleh Elmes *et al.* (2004) pada domba bunting bahwa

peningkatan konsumsi asam linoleat (C18: 2) meningkatkan proporsi asam arakidonat (C20:4) pada plasma induk bunting dan jaringan fetus dan meningkatkan produksi PGs placenta.

Biasanya, lemak diberikan untuk meningkatkan densitas energi makanan (NRC, 2001), namun suplementasi lemak memiliki manfaat potensial lainnya, misalnya meningkatkan kandungan asam lemak tak jenuh lemak susu (Osborne *et al.*, 2008). Secara konvensional, penggunaan minyak ikan pada *total mixed ration* (TMR) menghasilkan biohidrogenasi asam lemak minyak tersebut dalam rumen menjadi ekstensif (Bauman dan Griinari, 2003). Osborne *et al* (2007) melakukan penelitian pada sapi perah Holstein. Sebagai perlakuan yaitu pemberian 10 g/kg DM minyak ikan menhaden pada TMR (FOT) dan 2 g minyak ikan menhaden dalam setiap satu liter air minum (FOW) diberikan selama lima minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan asam lemak tak jenuh rantai pendek 7:0, 8:0, 9:0, 10:0, dan 12:0 dalam lemak susu sapi perah yang diberi perlakuan FOT lebih rendah ($P < 0,05$) dari pada lemak susu sapi yang diberi perlakuan FOW. Asam lemak rantai pendek merupakan produk sintesis *de novo* dalam kelenjar *mammary* menggunakan asam asetat precursor. Kandungan C18:1 *trans*-12; C18:1 *trans*-13 and 14; C18:1 *trans*-16; dan *trans*-9, *trans*-11 dan *trans*-10, *trans*-12 CLA lebih besar pada FOT daripada FOW

Asam lemak tidak jenuh merupakan komponen penting dalam semua membran sel dan perbedaan proporsinya dalam jaringan saluran reproduksi merupakan cerminan konsumsi makanan. Asam lemak tak jenuh dapat memengaruhi proses reproduksi melalui berbagai mekanisme, sebagai precursor untuk sintesis prostaglandin (PGs); dan dapat memodulasi pola ekspresi banyak enzim kunci yang terlibat dalam metabolisme PGs dan metabolisme steroid (Wathes *et al.*, 2007). Telah dibuktikan oleh Elmes *et al.* (2004) pada domba betina yang sedang bunting bahwa meningkatnya konsumsi asam linoleat (C_{18:2}) meningkatkan proporsi asam arachidonat (C_{20:4}) dalam plasma induk dan jaringan janin dan meningkatkan produksi PG plasenta.

Begitu pula halnya dengan asam lemak jenuh, Leroy *et al* (2005) membuktikan bahwa asam lemak jenuh palmitat (C16:0) dan stearat (C18:0) mereduksi laju pembelahan dan laju perkembangan *blastocysts* secara *in vitro*.

2.3. Asam Lemak Susu

Lemak susu terutama tersusun dari trigliserida ($\pm 98\%$) dan merupakan komponen energi utama dalam air susu. Diestimasi bahwa lemak susu sapi perah berisi lebih dari 400 asam lemak yang berbeda (Jensen, 2002). Namun demikian hanya sekitar satu lusin asam lemak yang mempunyai rantai karbon berkisar dari 4 sampai dengan 8 dalam jumlah lebih dari 90% dari total asam lemak, sedangkan lainnya dalam jumlah yang sedikit. Asam lemak susu berasal dari dua sumber yaitu sintesis *de novo* dalam kelenjar susu dan berasal dari penyerapan asam lemak rantai panjang dari sirkulasi (Bauman and Davis, 1974). Asam lemak dengan panjang rantai C4 sampai C14 sebagian disintesis oleh kelenjar susu menggunakan asetat dan pada tingkat yang lebih rendah, β -hydroxybutyrate sebagai sumber karbon. C16 dan semua asam lemak rantai panjang diambil dari peredaran asam lemak yang diserap dari saluran pencernaan atau berasal dari mobilisasi cadangan lemak tubuh. Lemak merupakan suatu senyawa yang penting bagi kualitas organoleptik susu dan produk susu (Perfield and Bauman, 2005).

Lemak susu dipengaruhi oleh faktor fisiologis dan faktor lingkungan (Doreau *et al*, 1999). Nutrisi merupakan faktor lingkungan yang dominan yang mempengaruhi lemak susu dan mengubah hasil dan komposisinya. Salah satu contoh yang mencolok pengaruh nutrisi terhadap lemak susu yaitu sindrom lemak susu rendah, biasanya disebut *milk fat depression* (MFD). Pakan yang menyebabkan MFD merupakan masalah yang melibatkan keterkaitan antara proses pencernaan di dalam rumen dan sintesis lemak susu oleh kelenjar susu. Pada kejadian MFD, produksi lemak dapat berkurang 50% atau lebih dengan sedikit atau tanpa perubahan produksi susu, atau produksi laktosa dan protein (Perfield and Bauman, 2005). Dalam banyak penelitian, penambahan asam lemak

linoleat terkonjugasi (CLA) mempunyai pengaruh penghambatan yang spesifik terhadap kadar lemak susu (Bauman dan Griinari, 2003). Infusi abomasal (Baumgard *et al*, 2001); intravena (Viswanadha *et al*, 2003); suplementasi dietary CLA (Giesy *et al*, 2002) mengurangi lemak susu tanpa memengaruhi laktosa, protein atau produksi. Beberapa mekanisme telah diselidiki penyebab CLA terhadap MFD, terutama pada tingkat ekspresi gen. Pada kelenjar susu sapi perah laktasi, CLA menurunkan ekspresi gen yang berhubungan dengan sintesis *de novo* asam lemak, desaturasi, pembentukan *triacylglycerol* dan regulasi transkripsi (Gervis *et al*, 2009).

Han *et al.* (2012) melakukan penelitian pada sapi perah Holstein umur 8 tahun pertengahan laktasi. Sapi pada kelompok kontrol menerima 200g/hari garam Ca dalam asam lemak minyak kelapa sawit, sedangkan sapi pada kelompok perlakuan menerima 200g/hari Ca-CLA. Komposisi asam lemak dari suplemen tercantum pada tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Asam Lemak Suplemen

Asam lemak	Kontrol	Ca-CLA
C14:0	2,3	<0,1
C16:0	43,2	6,2
C18:0	3,6	2,0
C18:1	40,3	10,6
C18:2	8,6	1,6
CLA	-	79,6
Cis-9,trans-11 CLA	-	38,15
Trans-10,cis-12 CLA	-	36,85
Isomer CLA Lainnya	-	4,60
Lainnya	2,0	<0,1

Keterangan : CLA = *conjugated linoleic acid* (asam lemak linoleat terkonjugasi)

Sumber : Han *et al.* (2012)

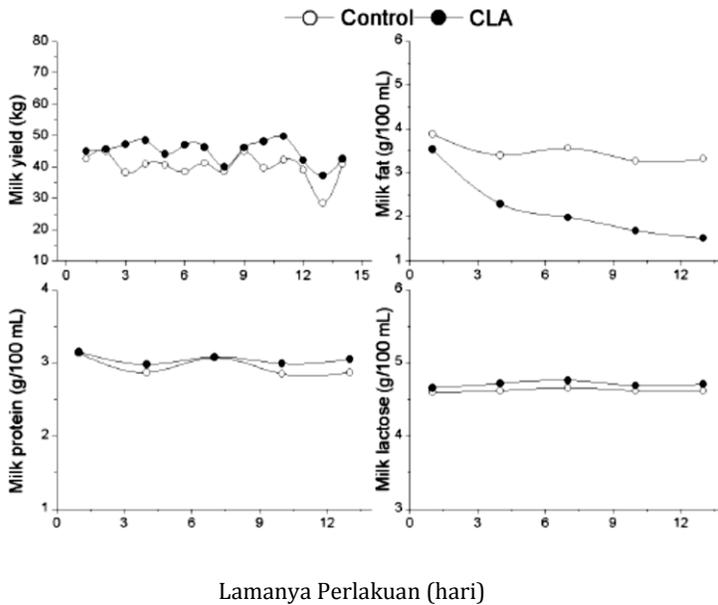
Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa rataan produksi susu setelah dua minggu mendapat perlakuan, protein dan kandungan laktosa susu tidak dipengaruhi oleh CLA. Sebaliknya, Lemak susu menurun 36% pada perlakuan Ca-CLA (Tabel 6)

Tabel 6. Komposisi Susu Sapi

	Kontrol	CLA
Produksi susu (kg/hari)	40,04	44,95
Kandungan lemak susu (g/100 ml)	3,49	2,21
Kandunga protein susu (g/100 ml)	2,96	3,05
Kandungan laktosa susu (g/100 ml)	4,63	4,71

Sumber : Han *et al.* (2012)

Pola produksi temporal, kandungan protein dan laktosa hampir sama setelah mendapat perlakuan lebih dari dua minggu, mendekati antara perlakuan dan kontrol (Gambar 3).



Gambar 3. Pola Produksi Susu Temporal (Sumber: Han *et al.*, 2012)

Komposisi asam lemak berubah oleh perlakuan Ca-CLA (Tabel 7). Suplementasi Ca-CLA menurunkan kandungan C6:0, C8:0, C10:0, dan C16:0, dan meningkatkan kandungan C18:0, C18:1, dan C18:2 lemak susu sapi dibandingkan dengan yang mengonsumsi pakan kontrol ($P < 0,05$). Tidak ada perbedaan kandungan C4:0, C12:0, C14:0, C14:1, C15:0, atau C16:1 dalam lemak susu sapi perah antara kelompok kontrol dan perlakuan meskipun sebagian besar asam lemak pada kelompok yang mendapat CLA cenderung menurun. Han *et al.* (2002) memberi Ca-CLA pada sapi perah laktasi untuk menampakkan pengaruh garam tersebut terhadap pembentukan lemak susu. Oleh karena CLA dapat dimetabolis oleh biohidrogenasi rumen, maka Han *et al.* (2012) menggunakan proteksi, untuk mengurangi interaksi lemak dan populasi mikroba dalam rumen.

Tabel 7. Komposisi Asam Lemak Susu Sapi Perah (g/100 g lemak)

Fatty acids	Control	CLA
C4:0	1.20 ± 0.20	0.88 ± 0.36
C6:0	1.38 ± 0.19	0.84 ± 0.25
C8:0	0.92 ± 0.15	0.49 ± 0.16
C10:0	2.07 ± 0.44	1.21 ± 0.32
C12:0	2.48 ± 0.46	1.82 ± 0.38
C14:0	9.86 ± 1.15	8.80 ± 1.81
C14:1	0.93 ± 0.27	0.58 ± 0.34
C15:0	1.14 ± 0.13	1.05 ± 0.08
C16:0	30.65 ± 1.41	26.69 ± 2.81
C16:1	1.74 ± 0.30	1.59 ± 0.09
C17:0	0.65 ± 0.07	0.68 ± 0.09
C18:0	12.26 ± 1.78	17.25 ± 2.58
C18:1	28.22 ± 3.42	29.27 ± 2.73
C18:2	4.29 ± 0.25	5.52 ± 0.45
Cis-9, trans-11 CLA	1.07 ± 0.15	1.27 ± 0.19
Trans-10, cis-12 CLA	<0.01	<0.01
C20:0	0.29 ± 0.03	0.27 ± 0.04

Sumber: Han *et al.* (2012)

Menurut Bauman dan Griinari (2003) sintesis lemak di ambing dihambat oleh asam lemak *trans* yang spesifik sebagai hasil perubahan biohidrogenasi asam lemak tak jenuh rantai jamak

(*polyunsaturated fatty acid* = PUFA) dalam rumen. Hal yang mendukung adalah ditemukan bahwa MFD berkaitan dengan kenaikan *trans*-10 C18:1 yang spesifik. Loort *et al.* (2005) menyatakan bahwa terdapat korelasi antara kenaikan persentase C18:1 dalam lemak susu dengan penurunan produksi lemak susu (koefisien determinasi 0,84). Hasil tersebut menggambarkan bahwa produksi lemak susu dipengaruhi oleh C18:1 sebanyak 84%. Infusi isomer CLA murni pada duodenum menunjukkan bahwa *trans*-10, *cis*-12 CLA menghambat sintesis lemak susu, sedangkan *cis*-9, *trans*-11 CLA tidak berpengaruh (Baumgard *et al.*, 2000).

Penutup

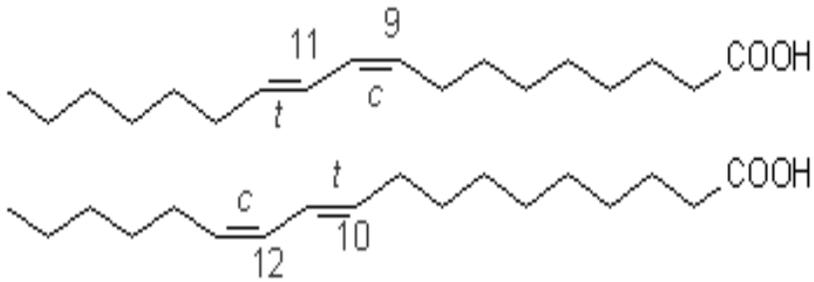
Asam lemak tak jenuh mempunyai peranan yang sangat penting dalam memelihara organ reproduksi. Ternak memperoleh sumber asam lemak berasal dari pakan, oleh karena itu perlu adanya rekayasa pakan yang dapat meningkatkan pasokan asam lemak tak jenuh antara lain melalui peningkatan asupan asam lemak linoleat dan linolenat yang berasal dari minyak tanaman dan minyak ikan, atau suplementasi asam lemak tak jenuh jamak *bypass*. Untuk memperoleh susu sapi dengan kandungan lemak yang rendah, tanpa memengaruhi kandungan laktosa dan protein ataupun produksinya dapat dilakukan dengan suplementasi Ca-CLA.

BAB 3.

ASAM LEMAK LINOLEAT TERKONJUGASI

Asam lemak linoleat terkonjugasi (*Conjugated linoleic acid* yang disingkat CLA) merupakan istilah untuk campuran posisi dan geometri isomer asam linoleat ($c9,c12-C_{18:2n-6}$) dengan dua ikatan rangkapnya terkonjugasi (Ecker *et al.*, 2010, Tricon *et al.*, 2006, Kelly *et al.*, 2007). Dapat pula diartikan sebagai nama generik dari campuran posisi dan geometri isomer asam linoleat, yang terutama terdapat dalam produk ternak ruminansia (Desroches *et al.*, 2005), yaitu daging, lemak susu, dan produk olahan susu hewan ruminansia (Battacharya *et al.*, 2006, Kim *et al.*, 2007, Tricon *et al.*, 2006, Meng *et al.*, 2008). Terjadi peningkatan minat terhadap *conjugated linoleic acid* (CLA) karena sifat potensi terapeutik yang dimilikinya (Christie *et al.*, 2001).

Asam lemak linoleat terkonjugasi (CLA) merupakan produk alami tetapi jumlahnya hanya sedikit. Di alam, isomer yang paling melimpah adalah *cis-9, trans-11* ($c9, t11$) (Whigham *et al.*, 2007). CLA juga diproduksi secara sintesis, campuran *trans-10, cis-12* CLA ($t10, c12$ -CLA), dan $c9 t11$ -CLA saat ini tersedia sebagai suplemen kesehatan (Meng *et al.*, 2008). CLA komersial diproduksi melalui isomerisasi alkaline dari minyak yang kaya asam linoleat, seperti minyak biji bunga matahari, dan cenderung mengandung campuran equimolar dari *cis-9, trans-11*, dan *trans-10, cis-12-octadecadienoic acid* (Gambar 4), bersama-sama dengan jumlah yang bervariasi (sampai 30%) dari kedua isomer geometri dan posisi (Christie *et al.*, 2001).



Gambar 4. Isomer *cis*-9, *trans*-11, dan *trans*-10, *cis*-12-octadecadienoic acid (Sumber: Christie *et al.*, 2001)

Selain itu, isomer bisa memanjang dan mengalami desaturasi dalam jaringan hewan oleh enzim yang terlibat dalam biosintesis asam arakidonat untuk menghasilkan analog terkonjugasi yang bahkan mungkin bertanggung jawab untuk aktivitas biologis CLA (Sébédio *et al.*, 1998).

Konsentrasi CLA dalam produk ruminansia lebih tinggi daripada daging non ruminansia (Lawson *et al.*, 2001) karena CLA dibentuk di dalam rumen dari asam linoleat pakan. Oleh karena tanaman tidak mensintesis CLA, lemak susu dan daging ruminansia merupakan sumber utama CLA bagi manusia. *Cis*-9, *trans*-11-CLA merupakan *health-promoting* CLA untuk manusia (Pariza, 2004), dibentuk sebagai senyawa antara selama biohidrogenasi asam linoleat oleh bakteri rumen dan dengan demikian sumber isomer tersebut secara alamiah adalah air susu dan lemak yang berasal dari ruminansia. Isomer CLA utama dalam lemak adalah *cis*-9, *trans*-11 CLA, yaitu sekitar 80-90% dari CLA total lemak susu, sedangkan isomer *t*10, *c*12 CLA hanya sekitar 1% (Jensen, 2002).

Bergantung pada posisi dan geometri ikatan rangkap, beberapa isomer CLA telah diidentifikasi (Kelly dan Erickson, 2003). Sebagian besar studi yang dipublikasi menggunakan isomer campuran dengan dua bentuk utama, yaitu *cis*9 *trans*11-CLA (*c*9, *t*11-CLA) dan *trans*10, *cis*12-CLA (*t*10, *c*12-CLA), dan sejumlah isomer minor (*t*7, *t*9-CLA; *c*9, *c*11-CLA; *t*9, *t*11-CLA; *c*10,*c*12-CLA; *t*10, *t*12-

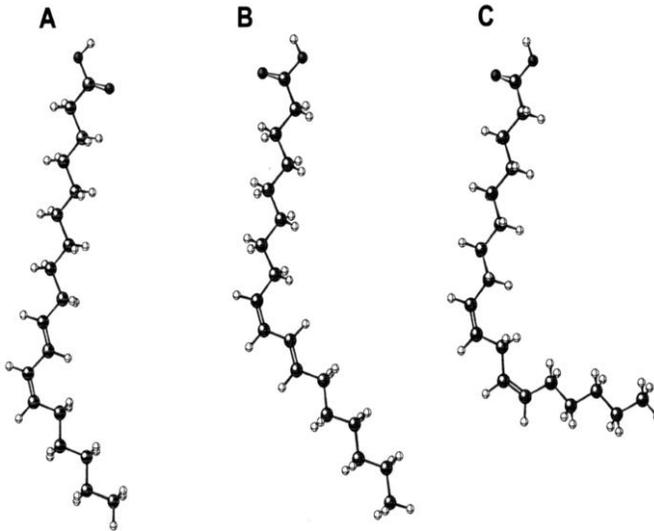
CLA; *t11*, *t13*-CLA; dan *c11*, *c13*-CLA) (Kelly *et al.*, 2007). Secara teoretis, sejumlah isomer CLA mungkin berbeda dalam posisi pasangan ikatan rangkap, misalnya 7-9, 8-10, 9-11, 10-12, dan sebagainya. Perbedaan dapat terjadi dalam konfigurasi ikatan ganda sehingga *cis-trans*, *trans-cis*, *cis-cis*, atau konfigurasi *trans-trans* semuanya mungkin.

Aktivitas biologi CLA berhubungan dengan isomer *cis*-9, *trans*-11 CLA (*c9*, *t11* CLA) dan *trans*-10, *cis*-12 CLA (*t10*, *c12* CLA) termasuk *anti-atherosclerotic*, *anti-diabetic* dan mempertinggi kekebalan, serta berpengaruh positif terhadap komposisi tubuh dan pembentukan tulang (Belury, 2002; Pariza *et al.*, 2000). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa isomer *t10*, *c12* CLA potensial untuk mencegah proliferasi sel dan induksi apoptosis dalam sel kanker (Cho *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2002; Ochoa *et al.*, 2004). Asam lemak linoleat terkonjugasi juga mempunyai efek antikarsinogenik yang berkaitan dengan isomer *cis*-9, *trans*-11 CLA, sebagaimana tercermin dari tumor *mammary* dalam model tikus (Bauma *et al.*, 2000). Lebih jauh, isomer tersebut mempunyai kemampuan untuk mengubah komposisi tubuh dengan cara mengurangi kandungan lemak dan meningkatkan lean jaringan tubuh pada hewan model, dan juga beberapa penelitian pada manusia (Smedman & Vessby, 2001; Blankson *et al.*, 2000; Thom *et al.*, 2001).

Asam lemak linoleat terkonjugasi disintesis baik di rumen sebagai hasil biohidrogenasi tak lengkap asam linoleat maupun di jaringan melalui Δ^9 -desaturasi *vaccenic acid* (VA;18:1 *trans*-11) (Or-Rashid *et al.*, 2007, Desroches *et al.*, 2005). Rataan kandungan CLA dalam air susu bervariasi antara 0,3 sampai dengan 0,6% dari total asam lemak (Dhiman *et al.*, 2000). Oleh karena level CLA dalam makanan sangat sedikit, berbagai penelitian menggunakan sumber CLA sebagai pakan tambahan telah dilakukan untuk menghasilkan produk hewani yang kaya CLA (Hwangbo *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2007).

Isomer utama CLA dalam lemak susu adalah *cis-9, trans-11* yang merupakan 80-90% dari total CLA (Sehat *et al*, 1998). Dalam kondisi pakan tertentu proporsi isomer *trans-10,cis-12* CLA meningkat. Jadi, faktor pakan juga mengubah arah jalur biohidrogenasi dalam rumen. Rendahnya proporsi isomer *cis-9, trans 11* dalam lemak daging dibandingkan dengan lemak susu mungkin berhubungan dengan diet rendah serat. Rumput kaya akan C18:3 dan konversi *trans-11* C18:1 menjadi C18:0 merupakan tahapan dengan kecepatan yang terbatas dalam biohidrogenasi, maka sejumlah substansi *trans 11* C18:1 diabsorpsi *postruminally* pada hewan yang diberi pakan rumput. *Trans-11* C18:1 dapat didesaturasi menjadi CLA oleh enzim jaringan yang berbeda, sebagai contoh adalah Δ^9 -*desaturase* dalam kelenjar *mammary*. Hal tersebut menyebabkan tingginya level CLA yang terdapat dalam air susu sapi yang diberi pakan *pasture-based diet* (Chilliard *et al.*, 2001). Berbeda dengan rumput, pakan konsentrat tinggi menyebabkan rendahnya CLA. Berdasarkan penelitian Silva *et al* (2002) diperoleh hasil bahwa kandungan CLA dalam jaringan intramuskular domba yang hidup dalam *pasture* lebih tinggi daripada domba yang diberi pakan konsentrat.

Struktur kimia isomer *conjugated linoleic acid* dan asam linoleat, asam lemak *trans-10,cis-12 octadecadienoic, cis-9,trans-11 octadecadienoic acid*, dan *cis-9, cis-12 octadecadienoic acid* (Asam Linoleat) tercantum dalam Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Kimia Isomer Conjugated Linoleic Acid dan Asam Linoleat. Asam Lemak *trans*-10,*cis*-12 octadecadienoic (A), *cis*-9,*trans*-11 octadecadienoic acid (B) dan *cis*-9, *cis*-12 octadecadienoic acid (Asam Linoleat) (C) (Sumber: Bauma *et al.*, 1999).

Analisis terhadap produk keju komersial menunjukkan bahwa *cis*-9, *trans*-11 adalah isomer dominan (78-84%). Selain itu, telah diidentifikasi bahwa isomer asam lemak linoleat terkonjugasi dipecah menjadi tujuh *trans-trans* (5 hingga 9%), tiga *cis / trans* (*cis-trans* atau *trans-cis*) (10 sampai 13%), dan lima *cis, cis* (<1%) isomer (Sehat *et al.*, 1998). Sejumlah penelitian telah meneliti efek dari pengolahan dan praktik penyimpanan terhadap konsentrasi asam lemak linoleat terkonjugasi dalam produk makanan yang berasal dari ruminansia. Secara umum, hasil menunjukkan bahwa pengolahan dan penyimpanan memiliki efek minimal. Hal tersebut menunjukkan bahwa asam lemak linoleat terkonjugasi relatif stabil (Banni dan Martin, 1998). Dengan demikian, isi asam lemak linoleat terkonjugasi dalam makanan sebagian besar bergantung pada konsentrasi asam lemak linoleat terkonjugasi dalam produk mentah. Konsentrasi asam lemak linoleat terkonjugasi umumnya dinyatakan dalam hubungannya dengan total lemak.

Hasil penelitian yang dilakukan pada ruminansia yang sedang tumbuh, adalah bahwa, konsentrasi asam lemak linoleat terkonjugasi dalam lemak daging sapi potong yang dibesarkan di Australia dan Jerman sekitar dua-tiga kali lipat lebih besar daripada yang ditemukan pada sapi Amerika Serikat (Fritsche dan Steinhart, 1998). Perbedaan ini muncul terutama terkait dengan pakan, namun penelitian dengan sapi perah menyusui menunjukkan bahwa di kawanan di mana semua sapi dikelola dengan cara yang sama dan diberi pakan yang sama pula, namun demikian masih terdapat variasi tiga kali lipat kandungan asam lemak linoleat terkonjugasi dalam lemak susu (Jiang *et al.*, 1996).

Asam lemak linoleat terkonjugasi yang ditemukan dalam susu dan lemak daging ruminansia berasal dari dua sumber (Griinari dan Bauman, 1999). Salah satu sumber adalah asam lemak linoleat terkonjugasi yang terbentuk selama proses biohidrogenasi asam linoleat dalam rumen. Sumber kedua adalah asam lemak linoleat terkonjugasi yang disintesis oleh jaringan hewan itu sendiri dari *trans*-11 C18:1, sebagai senyawa intermedier lain dalam biohidrogenasi asam lemak tak jenuh. Dengan demikian, keunikan asam lemak linoleat terkonjugasi dalam produk makanan yang berasal dari ruminansia berkaitan dengan biohidrogenasi tak lengkap dari asam lemak tak jenuh dalam pakan ternak. Ironisnya, biohidrogenasi lemak makanan dalam rumen bertanggung jawab terhadap tingginya asam lemak jenuh dalam lemak ruminansia yang tidak dikehendaki dalam beberapa aspek kesehatan manusia. Namun demikian, lemak ruminansia juga mengandung asam lemak linoleat terkonjugasi yang mempunyai efek menguntungkan bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu rekayasa pakan untuk menurunkan jumlah asam lemak jenuh dan meningkatkan jumlah asam lemak tak jenuh, utamanya CLA dalam produk susu dan daging ruminansia, sangat diperlukan (Bauman *et al.*, 2000). Berbeda dengan asam lemak lainnya, yang biasanya berada dalam jumlah gram, CLA yang ada hanya dalam jumlah miligram dalam daging dan produk susu. Keberadaan CLA dalam lemak susu muncul secara langsung dari CLA yang diserap dari saluran pencernaan setelah diproduksi dalam rumen sebagai senyawa antara dalam biohidrogenasi asam linoleat (Bauman *et al.*, 2003).

Penutup

Meskipun CLA merupakan produk alami tetapi jumlahnya sangat sedikit. Perlu adanya rekayasa pakan untuk menurunkan jumlah asam lemak jenuh dan meningkatkan jumlah asam lemak tak jenuh, utamanya CLA dalam produk susu dan daging ruminansia. Mengingat ketersediaan CLA di alam sangat terbatas maka untuk memenuhi kebutuhan sebagai suplemen kesehatan diperlukan memproduksi CLA secara sintetis dari isomer-isomernya.

BAB 4.

PERAN ASAM LEMAK LINOLEAT TERKONJUGASI

Nutrisi berperan penting dalam perkembangan penyakit kronis pada populasi manusia, termasuk kanker, penyakit cardiovascular, resistensi insulin, dan kegemukan. Hasil penelitian klinis dan biomedik membuktikan bahwa asupan asam lemak jenuh secara berlebihan meningkatkan risiko penyakit cardiovascular (*World Health Organization*, 2003; Mensink *et al.*, 2003) dan menyebabkan rendahnya sensitivitas insulin, yang merupakan faktor kunci dalam perkembangan sindrom metabolik (Nugent, 2004). Sebagian besar C12:0 dan C14:0 dan C16:0 dalam jumlah yang signifikan dalam diet manusia berasal dari ruminansia dan makanan produk ruminansia. Oleh karena itu sangat menarik untuk mengubah komposisi lemak susu untuk mencegah dan mengurangi terjadinya penyakit kronis, baik dari segi ekonomi maupun pengaruh sosial (McKain *et al.*, 2010).

Lemak susu dan daging hewan ruminansia memainkan peranan penting dalam gizi manusia (Parodi, 2004). Beberapa tahun terakhir, telah ada upaya untuk meningkatkan jumlah asam rumenik, isomer CLA *cis*-9, *trans*-11 dan asam vaccenic (VA, 18:1 *trans*-11) dalam lemak ruminansia karena bermanfaat bagi kesehatan (Lock and Bauman, 2004).

Metabolisme asam lemak di dalam rumen adalah faktor utama yang memengaruhi komposisi asam lemak dalam daging dan susu ruminansia. Asam lemak tak jenuh termasuk asam α -linolenat

(*cis*-9, *cis*-12, *cis*-15-18:3) dan asam linoleat (*cis*-9, *cis*-12-18:2) sangat banyak terdapat dalam rumput dan bahan pakan tertentu untuk ruminansia, tetapi terdapat dalam konsentrasi yang rendah dalam daging dan susu (Jenkins *et al.*, 2008). Mengonsumsi produk susu dan daging ruminansia sering dikaitkan dengan peningkatan kejadian penyakit jantung koroner pada manusia. Meskipun demikian, produk ruminansia juga mengandung asam lemak linoleat terkonjugasi yang sangat potensial untuk kesehatan, terutama *cis*-9,*trans*-11- CLA. Mengonsumsi asam lemak linoleat terkonjugasi pada beberapa hewan percobaan berperan dalam mencegah kanker, menurunkan *atherosclerosis*, dan meningkatkan respons imun, mengubah metabolisme protein dan energi (Belury, 2002; Pariza, 2004; Palmquist *et al.*, 2005). CLA mempunyai berbagai macam efek fisiologis, mengurangi lemak tubuh, regulasi produksi immunoglobulin dan efek antiobesitas dengan aktivitas *hypolipidemic* (Yeung *et al.*, 2000), antikarsinogenik, yang berkaitan dengan isomer *cis*-9, *trans*-11 CLA, sebagaimana tercermin dari tumor *mammary* dalam model tikus (Bauma *et al.*, 2000). Sejumlah penelitian telah menunjukkan kemanjuran CLA dalam diet yaitu, menghambat karsinogenesis pada lokasi organ yang berbeda (Ip *et al.*, 2003).

Pengaruh CLA terhadap berat badan bergantung pada jumlah dan komposisi campuran isomer CLA. Suatu penelitian menunjukkan bahwa CLA, khususnya *trans*-10, *cis*-12-isomer, dapat mengurangi deposisi jaringan lemak dan kandungan lemak tubuh, tetapi tampaknya menginduksi resistensi insulin, lemak hati dan limpa pada berbagai hewan (Wang and Jones, 2004). Antiobesitas, antiatherogenik, dan efek antidiabetes CLA didukung oleh penelitian pada hewan yang menyebabkan penggunaan CLA secara luas di Amerika Serikat dan Eropa, terutama di kalangan penderita obesitas. Beberapa kajian menunjukkan bahwa pemberian isomer CLA campuran dalam pakan menghambat pertumbuhan berbagai jenis tumor (Belury, 2002; Wahle *et al.*, 2004)

4.1. Antikarsinogenik

Studi *in vitro* dan percobaan eksperimental menggunakan hewan memperkuat pengaruh CLA sebagai anti karsinogenik, baik isomer *cis-9 trans-11* maupun *trans-10 cis-12*, pada bagian yang berbeda termasuk glandula mammaria, colon, prostat, kulit dan perut depan (Bhattacharya *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2005a; Wahle *et al.*, 2004 dan Ip *et al.*, 2002). Dalam berbagai sel kanker pada manusia, CLA telah terbukti dapat mengurangi pertumbuhan sel kanker, sedangkan asam linoleat menghambat pertumbuhan tumor, bergantung pada jenis sel dan derajat keganasannya (Bhattacharya *et al.*, 2006; Wahle *et al.*, 2004). Hasil penelitian Chinnadurai *et al.* (2008) menunjukkan bahwa CLA tidak hanya menghambat tumor tipe tidak berbahaya, tetapi juga tipe yang berbahaya.

Pada tikus, suplementasi CLA dalam pakan dengan taraf berkisar 0,05-0,5% dari berat badan menunjukkan bahwa CLA mempunyai potensi sebagai antikanker (Ip *et al.*, 1994). Juga ketika CLA diberikan pada tikus selama masa pubertas, masa perkembangan morfologi yang cepat dari kelenjar susu dan jaringan payudara menjadi kurang rentan terhadap kanker di kemudian hari (Ip *et al.*, 1995). Temuan tersebut menunjukkan bahwa mengonsumsi CLA dalam jumlah yang mencukupi pada awal kehidupan akan memiliki efek jangka panjang yang menguntungkan terhadap risiko kanker.

Kebanyakan penelitian menggunakan campuran isomer CLA. Namun, isomer CLA murni, *cis-9 trans-11* dan *trans-10, cis-12*, dan derivat CLA ruminansia (mentega dengan kandungan CLA yang tinggi), yang didominasi oleh isomer *cis-9, trans-11* isomer, juga telah terbukti mengurangi kanker payudara tikus laboratorium (Ip, 1999). *Cis-9 trans-11* CLA yang berasal secara endogenous dari *vaccenic acid* oleh Δ^9 -desaturase mempunyai efek anti-karsinogenik pada tikus. Pada tikus yang diberi pakan yang diperkaya dengan *vaccenic acid*, CLA terakumulasi dalam lemak susu dan risiko terhadap *mammary tumorigenesis* menurun (Corl *et al.*, 2003; Lock *et al.*, 2004).

Suatu penelitian eksperimental menggunakan hewan menunjukkan bahwa isomer CLA *cis*-9, *trans*-10 ; *trans*-10, *cis* 12 dan campuran, mengurangi penyebaran kanker *mamme* (Hubbard *et al.*, 2000). Penemuan baru menunjukkan bahwa tipe lemak pakan memengaruhi efektifitas CLA pakan dalam menurunkan penyebaran tumor *mammae*. Pada tikus yang diinjeksi sel tumor *mammae* dan diberi pakan dengan tipe lemak yang berbeda, penyebaran tumor secara signifikan berkurang jika lemak sapi (*beef tallow*) setengahnya diganti lemak sayuran (Hubbard *et al.*, 2006). Hasil studi *in vitro* menunjukkan bahwa asam lemak sapi lebih mengurangi proliferasi sel kanker pada manusia (payudara, colon, melanoma, dan ovarium) daripada CLA murni (De La Torre *et al.*, 2006). Mekanisme pengurangan kanker *mammae* (atau yang lain) oleh CLA telah ditemukan. Penemuan memberikan kesan bahwa CLA mengurangi proliferasi sel, menghambat pembentukan *eicosanoid*, menyebabkan *apoptosis*, menghambat *angiogenesis*, meregulasi ekspresi gene dan mempunyai efek antioksidan (Bhattacharya *et al.*, 2006 dan Belury, 2002). Ada beberapa kejadian bahwa pengaruh *anti-carcinogenic* dari isomer *cis* 9, *trans* 11 CLA dan *trans* 10, *cis* 12 CLA bertindak melalui mekanisme yang berbeda karena memiliki efek yang berbeda pada metabolisme lipid. Isomer *cis* 9, *trans* 11 CLA menghambat pertumbuhan tumor melalui jalur siklooksigenase-2 dan isomer *trans* 10, *cis* 12 CLA menghambat pertumbuhan tumor melalui jalur *lipooxygenase*. *Trans* 10, *cis* 12 CLA menginduksi ekspresi gen apoptosis, sedangkan isomer *cis* 9, *trans* 11 CLA tidak meningkatkan apoptosis (Kelly *et al.*, 2007).

Apoptosis adalah mekanisme biologi yang merupakan salah satu jenis kematian sel terprogram. Dorland (2002) menjelaskan bahwa apoptosis berasal dari bahasa Yunani yang artinya “menjadi mati”, berasal dari kata apo “mati”, ptosis “jatuh”. Selanjutnya dijelaskan bahwa apoptosis adalah pola morfologis kematian sel pada setiap sel yang ditandai dengan pengerutan sel, kondensasi kromatin, pembentukan bleb - bleb sitoplasma, dan fragmentasi sel menjadi badan-badan apoptotik yang terkait pada membran dan dieliminasi dengan fagositosis. Hal tersebut merupakan sebuah

mekanisme pembuangan sel dalam pengaturan populasi sel, seperti pembuangan limfosit B dan T setelah kehabisan sitokin. Sering secara sinonim digunakan untuk menggantikan *programmed cell death*.

Peneliti dari Wisconsin menemukan bahwa CLA menghambat beberapa tipe kanker hewan percobaan, dan hasil studi *in vitro* juga mendukung kemampuan CLA untuk membunuh kanker kulit pada manusia, kanker *colorectal*, dan sel-sel kanker payudara. Lemak susu bovine kaya CLA, terutama isomer *cis-9, trans-11*, yang menghambat pertumbuhan sel kanker payudara manusia, dan meningkatkan sistem pertahanan antioksidan: *superoxidase dismutase, catalase, glutathione peroxidase*. Asam lemak linoleat terkonjugasi (CLA) juga menghambat *1,2-dimethyl hydrazine* yang menyebabkan *colon carcinogenesis* pada tikus percobaan. Tikus yang mengonsumsi mentega yang berasal dari susu yang mengandung CLA dengan level yang tinggi dapat mengurangi kejadian dan jumlah tumor (*National Cattlemen's Beef Association, 2007*).

Beberapa kajian menunjukkan bahwa pemberian isomer CLA campuran dalam pakan menghambat pertumbuhan berbagai jenis tumor (Belury, 2002; Wahle *et al.*, 2004). Pemberian campuran isomer CLA menghambat secara kimiawi induksi tumor kelenjar susu, kulit, usus besar, dan di *forestomach* beberapa model hewan. Penghambatan tumorigenesis bergantung pada konsentrasi campuran CLA dalam makanan yang bervariasi dari 0,05-1% dari diet (berat: berat). Pada manusia, konsentrasi dalam makanan akan diperoleh melalui asupan makanan yang kaya CLA. Dalam studi, tingkat dan jenis lemak dalam makanan basal tidak memengaruhi efek penghambatan CLA. Waktu dan lamanya pemberian CLA memengaruhi efektivitas CLA dalam mencegah *tumorigenesis*. Jika pakan yang mengandung CLA diberikan pada tikus sebelum pubertas, penghambatan *tumorigenesis* dilanjutkan setelah penghentian pemberian CLA. Kedua *inisiasi* dan *promosi* tumor yang disebabkan oleh *methylnitrosourea* (MNU) diberikan pada tikus yang berumur 56 hari akan dihambat ketika hewan-hewan tersebut diberi pakan yang mengandung campuran isomer CLA selama *postweaning* awal dan periode prapubertas (Ip *et al.*, 1995). Sebaliknya, makanan

yang mengandung CLA untuk tikus *pascapubertas* diperlukan asupan CLA yang terus menerus untuk mencegah karsinogen penyebab *tumorigenesis* (Ip dan Scimeca, 1997). Diet CLA, 1% (berat: berat) diberikan selama 30 minggu pada tikus yang berumur 6 minggu, secara signifikan menurunkan kejadian kanker usus besar yang disebabkan oleh 1,2 *dimethylhydrazine* (Park *et al.*, 2001). Penelitian lain, membandingkan efek pakan yang mengandung CLA atau asam lemak linoleat 3,3% (berat:berat) pada perkembangan tumor pancreas yang disebabkan oleh *N-nitrosobis-2-oxopropylamine* dan penyebaran *hepatic metastasis* pada hamster Syria jantan. Hasil penelitian membuktikan bahwa jumlah tumor pankreas tidak berbeda antara hamster yang diberi CLA dan asam linoleat, namun *hepatic metastasis* secara signifikan lebih besar pada kelompok yang diberi CLA daripada kelompok yang diberi asam linoleat (Kilian *et al.*, 2002).

Studi epidemiologi pada manusia meneliti hubungan antara asupan CLA atau konsentrasi CLA pada kulit dan kejadian tumor. Namun penelitian tersebut hasilnya kurang meyakinkan dibandingkan studi pada hewan. Dalam studi pertama Voorrips *et al.* (2002), sebagai subjek adalah wanita usia 55-69 tahun, diperoleh hasil bahwa 941 dari 62.573 wanita dilaporkan menderita kanker payudara. Studi tersebut menunjukkan adanya hubungan positif yang lemah antara kejadian kanker payudara dengan asupan CLA. Level CLA di dalam serum jaringan adipose payudara digunakan untuk menganalisis hubungan antara kanker payudara dan CLA. Dalam sebuah penelitian terhadap wanita menopause, level pada serum dan CLA makanan sangat nyata lebih rendah pada pasien yang menderita kanker payudara daripada subjek kontrol (Aro *et al.*, 2000). Sebaliknya, konsentrasi CLA pada jaringan adipose payudara tidak berkorelasi langsung pada wanita dengan dan tanpa kanker payudara (Chajes *et al.*, 2002). Jadi, pada penelitian yang terbatas tidak dapat dipungkiri apakah CLA dapat memberikan perlindungan pada manusia untuk melawan kanker. Berdasarkan jumlah kebutuhan CLA untuk mengurangi kanker pada hewan percobaan, manusia membutuhkan peningkatan *intake* CLA dari 0,2 g/hari menjadi 0,6 g/hari untuk memperoleh efek pencegahan (Ritzenthaler, *et al.*, 2001).

Efek *anticarcinogenic* dari sintesis *endogenous cis-9, trans-11-octadecadienoic (rumenic acid* yang disingkat RA) dikatalisis oleh Δ^9 -*desaturase* pertama kali ditemukan oleh Banni *et al.* (2001) yang dalam penelitiannya menggunakan tikus yang diekspose dengan *chemical carcinogen*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mengonsumsi makanan dengan 2% VA diikuti pengurangan 50% *pre-malignant lesions* kelenjar susu tikus. Efek positif tersebut diperkuat oleh Lock dan Bauman (2004) yang menunjukkan bahwa jika aktivitas Δ^9 -*desaturase* dihambat, efek antikarsinogenik dari VA dihalangi. Peneliti menduga bahwa antikanker yang dimiliki VA disebabkan oleh konversi VA ke RA. Banyak manfaat kesehatan telah dipelajari pada biakan sel tumor manusia yang diinkubasi dengan VA. Hasilnya menunjukkan hambatan pertumbuhan dan induksi apoptosis kanker payudara dan kanker colon manusia (Miller *et al.*, 2003) dan perubahan komposisi lipid selular dalam *Caco-2 cell line*, suatu model *epithelial colorectal adenocarcinoma* pada manusia (Reynolds *et al.*, 2008).

4.2. Menurunkan Pertambahan Bobot Badan

Suhartati dkk. (2011) telah melakukan uji coba air susu yang mengandung CLA menggunakan tikus putih betina, (*Rattus norvegicus*) strain Wistar berumur 8 minggu. Perlakuan yang diuji yaitu P₁= pakan *high fat* mengandung 27,66% lemak (HF), P₂= HF + 5 ml air susu/ekor/hari, P₃ = HF + 10 ml air susu/ekor/hari, P₄ = pakan *low fat* yang mengandung 5% lemak (LF). Setiap perlakuan diulang 5 kali sehingga terdapat 20 unit percobaan, setiap unit percobaan terdiri atas dua ekor tikus putih sehingga diperlukan 40 ekor tikus. Tikus dibuat hiperkholesterol terlebih dahulu dengan memberi pakan *high fat* yang terdiri atas pakan BR 2, kuning telur, minyak babi, dan otak sapi. Kuning telur dan minyak babi diberikan melalui spuit dan tikus menjilatnya sampai habis. Setiap dua minggu sekali darah diambil untuk diketahui kadar kholesterolnya. Untuk mencapai hiperkholesterol dibutuhkan waktu satu bulan. Tikus dimasukkan ke dalam kandang individu yang terbuat dari kawat. Setiap pagi tikus diberi pakan sesuai perlakuan. Pakan perlakuan

diberikan selama dua bulan. Air susu diberikan melalui *neaple* dan ditunggu sampai air susu habis diminum. Untuk mengetahui pertambahan bobot badan, setiap minggu tikus ditimbang dan diulang sampai akhir penelitian. Pada akhir penelitian darah diambil melalui sinus orbital (Menggunakan metode Gurr, 2006), disentrifuse untuk diambil serumnya, kemudian dianalisis kadar kholesterol total, LDL-kholesterol, dan HDL-kholesterol.

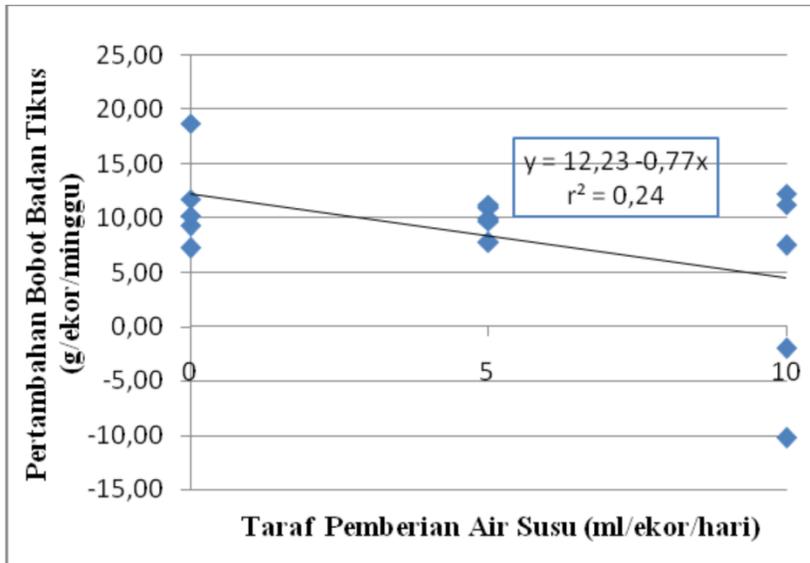
Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertambahan bobot badan paling tinggi dicapai oleh tikus-tikus yang telah mengalami hiperkholesterol, diberi pakan lemak tinggi tanpa diberi air susu sapi ($11,45 \pm 4,40$ g/ekor/minggu), sedangkan yang paling rendah dicapai oleh tikus yang telah mengalami hiperkholesterol, diberi pakan lemak tinggi dan ditambah 10 ml air susu sapi per ekor per hari ($3,75 \pm 9,64$ g/ekor/minggu). Pertambahan bobot badan tersebut lebih rendah daripada tikus-tikus kontrol negatif yaitu yang diberi pakan rendah lemak, tanpa diberi air susu ($5,15 \pm 5,85$ g/ekor/minggu). Pertambahan bobot badan tikus hiperkholesterol, yang diberi pakan tinggi lemak dan 5 ml air susu sapi/ekor/hari sebesar $9,95 \pm 1,39$ g/ekor/minggu.

Bila dilihat dari konsumsi pakannya, sudah sewajarnya jika tikus hiperkholesterol yang diberi pakan tinggi lemak tanpa air susu sapi pertambahan bobot badannya juga paling tinggi karena konsumsi pakannya juga paling banyak, yaitu $13,34 \pm 0,99$ g/ekor/hari. Namun, pertambahan bobot badan tikus hiperkholesterol yang diberi pakan tinggi lemak dan 10 ml air susu/ekor/hari paling rendah, meskipun konsumsi pakan hariannya juga tinggi, yaitu $12,42 \pm 1,31$ g/ekor/hari. Hasil tersebut memberikan gambaran bahwa air susu sapi mampu menghambat laju pertambahan bobot badan. Konsumsi pakan tikus hiperkholesterol yang diberi pakan tinggi lemak dan 5 ml air susu adalah $11,40 \pm 0,75$ g/ekor/hari, sedangkan tikus yang diberi pakan rendah lemak konsumsi pakannya $12,49 \pm 0,75$ g/ekor/hari. Tikus putih yang telah mengalami hiperkolestrol, baik yang diberi tambahan air susu maupun tidak, pertambahan bobot badannya tidak berbeda secara nyata dengan tikus kontrol negatif (tidak hiperkholesterol). Hal tersebut semakin membuktikan bahwa air susu dapat mempertahankan bobot badan tikus hiperkholesterol.

Hasil penelitian memberikan kenyataan bahwa bagi tikus yang telah mengalami hiperkholesterol, mengonsumsi 10 ml air susu /ekor/hari mampu menghambat pertambahan bobot badan sampai 67% jika dibandingkan dengan tikus hiperkholesterol yang tidak mengonsumsi air susu. Tikus yang telah mengalami hiperkholesterol, mengonsumsi air susu 5 ml/ekor/hari dapat menghambat pertambahan bobot badannya sebesar 13%. Pada tikus putih yang diberi 10 ml air susu/ekor/hari, tidak hanya terjadi hambatan pertambahan bobot badan, tetapi terdapat 40% tikus yang mengalami penurunan bobot badan.

Penambahan air susu memberikan respons linier negatif ($p < 0,01$) terhadap pertambahan bobot badan tikus dengan persamaan $Y = 12,23 - 0,77 x$, koefisien determinasi (r^2) 0,24 (Gambar 6). Meskipun pertambahan bobot badan hanya 24% dipengaruhi oleh penambahan air susu, namun pengaruh tersebut sangat bermakna ($P < 0,01$).

Kandungan CLA lemak tubuh dapat meningkat melalui suplementasi CLA (Bauman *et al.*, 2000). Feeding CLA pada non ruminansia menghasilkan peningkatan level CLA pada otot dan jaringan lemak (Boles *et al.*, 2005). Beberapa studi menggunakan hewan untuk menyelidiki efek CLA pada komposisi tubuh. Meskipun hasilnya bervariasi menurut spesies, tetapi sebagian besar menemukan bahwa CLA mengurangi lemak tubuh (Whigham *et al.*, 2007). Menurut Bauman *et al.* (2000), isomer *cis-9*, *trans-11* adalah isomer utama, yaitu 80-90% dari total CLA lemak susu. Dalam kondisi pakan tertentu proporsi isomer *trans-10*, *cis-12* CLA meningkat.



Gambar 6. Hubungan antara Taraf Pemberian Air Susu kaya CLA dengan Pertambahan Bobot Badan Tikus (Sumber: Suhartati dkk., 2011)

Jadi, faktor pakan juga mengubah arah jalur biohidrogenasi dalam rumen. Dengan demikian pemberian air susu sapi pada tikus penelitian meningkatkan pasokan isomer *cis-9*, *trans-11*, dan *trans-10,cis-12* CLA berperan dalam menurunkan lemak tubuh. Oleh karena lemak tubuh mengalami penurunan, maka pertambahan bobot badannya pun mengalami penurunan. Berdasarkan hasil penelitian Larsen *et al* (2006) disimpulkan bahwa suplementasi isomer CLA pada individu obese, setelah mengalami penurunan bobot badan akibat delapan minggu pemberian *low calorie diet*, secara aman mencegah kembalinya bobot tubuh dan lemak tubuh dibandingkan dengan *placebo*.

4.3. Menurunkan Lemak Tubuh

Hasil penelitian menggunakan tikus menunjukkan bahwa *intake* CLA menurunkan masa lemak tubuh dan meningkatkan *lean* masa tubuh. Penelitian dengan menggunakan berbagai hewan model,

pemberian isomer CLA *cis* 9 – *trans* 11 dan *trans* 10 – *cis* 12, hasil yang sangat dramatis terjadi pada tikus, yaitu bahwa tikus merupakan hewan yang sensitif terhadap CLA dalam kehilangan masa lemak (Whale *et al.*, 2004; Wang and Jones., 2004 dan Reiner *et al.*, 2004). Studi menggunakan *purified isomer* atau CLA yang kaya isomer *cis* 9 – *trans* 11 dan *trans* 10 – *cis* 12 menunjukkan bahwa *trans* 10 – *cis* 12 merupakan isomer yang terutama terlibat dalam mengurangi masa lemak (Bhattacharya *et al.*, 2006). CLA mengurangi depot lemak individu sebanyak 88% dibandingkan dengan kontrol yaitu 61% pada lemak retroperitoneal dan epididimis dalam suatu penelitian dan 50% pada masing-masing depot dalam penelitian lain (West *et al.*, 2000).

Meskipun CLA berguna untuk mengontrol lemak tubuh dan penambahan bobot badan (Pariza, 2002), tetapi penelitian pada manusia menunjukkan bahwa CLA mempunyai pengaruh negatif terhadap sensitivitas insulin (Riserus *et al.*, 2004). Meskipun studi pada hewan merupakan sesuatu yang optimis dan studi pada beberapa manusia juga menunjukkan pengaruh CLA yang positif terhadap lemak tubuh, namun studi terhadap manusia (selama 6 bulan) hanya sedikit berpengaruh terhadap bobot badan dan komposisi tubuh (Larsen *et al.*, 2003). Tampaknya ketidaksesuaian antara studi pada manusia dan hewan terjadi karena CLA diberikan pada dosis yang rendah per kilogram bobot tubuh, perlakuan yang terlalu singkat pada manusia, dan mungkin CLA hanya efektif selama akumulasi lemak, kualitas dan reliabilitas metode pengukuran (Larsen *et al.*, 2006).

4.4. Menurunkan Kolesterol dan LDL dan Meningkatkan HDL Darah

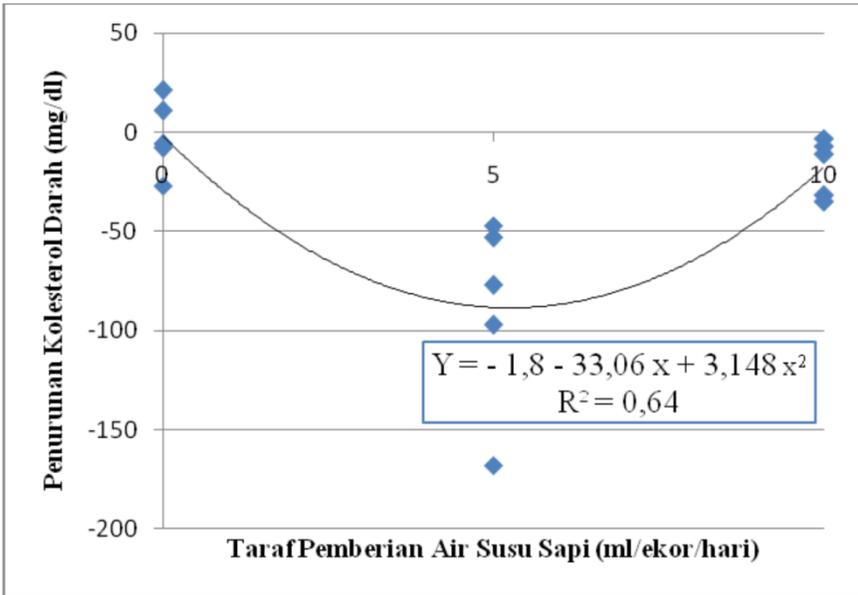
Selain mengukur penambahan bobot badan, Suhartati dkk. (2011) juga mengukur kolesterol total, LDL-kolesterol, dan HDL-kolesterol. Rataan penurunan kolesterol tertinggi ($88,4 \pm 48,75$ mg/dl) dicapai oleh tikus hiperkolesterol yang diberi pakan tinggi lemak dan 5 ml air susu/ekor/hari; terendah dicapai oleh tikus hiperkolesterol yang diberi pakan tinggi lemak, tanpa diberi air

susu, yaitu $1,8 \pm 18,54$ mg/dl (standar deviasi lebih tinggi daripada nilai rata-rata karena selain ada tikus yang mengalami penurunan juga ada yang mengalami kenaikan kolesterol). Tikus yang telah mengalami hiperkolesterol yang diberi pakan tinggi lemak dan 10 ml air susu/ekor/hari, rata-rata kolesterolnya mengalami penurunan $17,6 \pm 14,83$ mg/dl, sedangkan tikus kontrol negatif kolesterolnya mengalami peningkatan dengan rata-rata $4,6 \pm 20,85$ mg/dl.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kolesterol darah tikus putih yang telah mengalami hiperkolesterol, baik yang diberi tambahan air susu maupun tidak, lebih tinggi dari pada penurunan kolesterol darah tikus yang diberi pakan kontrol negatif (rendah lemak) ($p < 0,01$), bahkan kolesterol darah tikus yang diberi pakan kontrol negatif mengalami peningkatan. Hasil tersebut selaras dengan hasil penelitian di Afrika Timur yang dikemukakan oleh Gurr (2009), yaitu bahwa mengonsumsi susu dalam jumlah yang banyak dapat mempertahankan plasma kolesterol dalam level yang sangat rendah. Selain hal tersebut, Gurr (2009) juga menyatakan bahwa sintesis kolesterol dalam hati di bawah kontrol *feedback* dari kolesterol yang masuk bersama makanan. Jika kolesterol dalam diet berlebihan, biosintesis kolesterol dalam hati berhenti. Sebaliknya, jika kolesterol dalam diet rendah, aktivitas enzim yang berperan dalam biosintesis kolesterol meningkat untuk mempertahankan suplai kolesterol pada struktur membran, sintesis asam empedu dan hormon steroid. Pada *intake* kolesterol yang tinggi, absorpsinya akan menurun cenderung pada absorpsi limit. Kolesterol relatif kurang diserap, hanya sekitar setengah bagian yang ada dalam makanan diserap ke dalam darah. Namun demikian terjadi perbedaan kapasitas yang sangat besar antara individu untuk menyerap dan memetabolis kolesterol. Kapasitas beberapa individu untuk regulasi metabolisme kolesterol sangat tidak sempurna yang menyebabkan terjadinya over produksi.

Penambahan air susu kaya CLA 5 ml/ekor/hari mampu menurunkan kolesterol lima kali dibandingkan yang diberi air susu 10 ml/ekor/hari. Air susu memberikan respons kuadratik terhadap penurunan kolesterol darah, dengan persamaan $Y = -18 - 33,06 x +$

3,148 x² koefisien determinasi (R²) = 0,64 dengan titik P (5,25;-8,5) yang artinya bahwa penurunan kholesterol tertinggi yaitu 8,5 mg/dl dicapai pada pemberian air susu 5,25 ml/ekor/hari (Gambar 7).

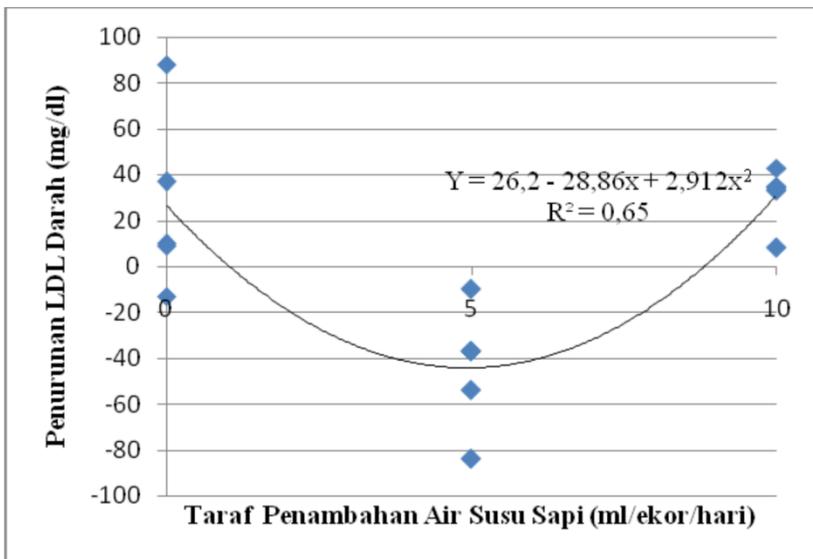


Gambar 7. Hubungan antara Taraf Pemberian Air Susu Sapi Kaya CLA dengan Penurunan Kholesterol Darah Tikus (Sumber : Suhartati dkk., 2011)

Kenaikan LDL-kholesterol darah tikus yang mendapat pakan rendah lemak (kontrol negatif) sangat nyata lebih tinggi ($p < 0,01$) daripada kenaikan LDL-kholesterol tikus hiperkholesterol. Pemberian air susu berpengaruh secara kuadrater ($p < 0,01$) terhadap penurunan LDL-kholesterol darah dengan persamaan $Y = 26,2 - 28,86x + 2,91x^2$, koefisien determinasi (R²) = 0,65, dengan titik P (5; -45,35) (Gambar 8). Titik tersebut menggambarkan bahwa penurunan LDL tertinggi, yaitu turun 45,35 mg/dl terjadi pada pemberian air susu 5 ml/ekor/hari. Gambar 6 dan 7 mendeskripsikan bahwa penurunan LDL-kholesterol selaras dengan penurunan kholesterol total. Gurr (2009) menyebutkan bahwa total kholesterol dapat digunakan secara sah sebagai pengganti LDL kholesterol.

Berdasarkan pernyataan tersebut sudah selayaknya jika kurva keduanya selaras dan penurunan paling tinggi, baik kholesterol total maupun LDL-kholesterol pada pemberian air susu sekitar 5 mg/ekor/hari.

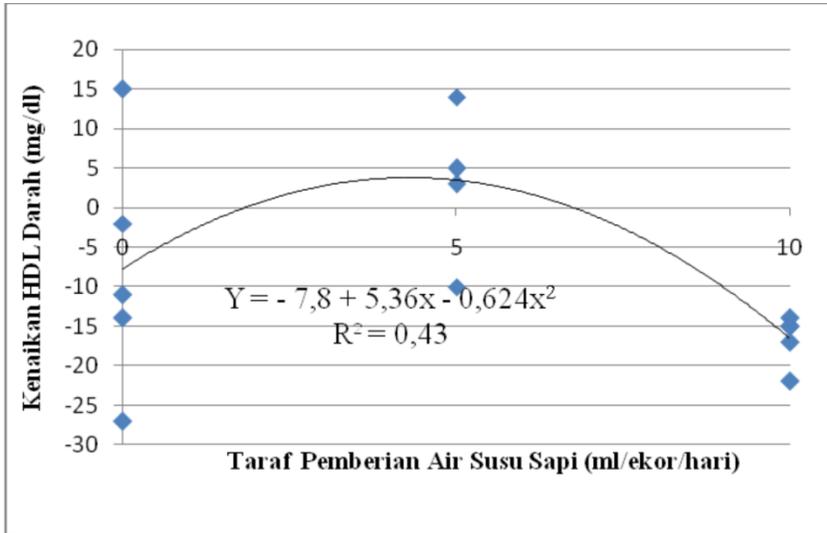
HDL-kholesterol tikus yang hiperkholesterol diberi pakan tinggi lemak dan ditambah 5 ml air susu (meningkat $3,4 \pm 8,62$ mg/dl) sangat nyata ($p < 0,01$) lebih tinggi daripada HDL-kholesterol tikus yang diberi air susu 10 ml/ekor/hari (turun $16,6 \pm 3,21$ mg/dl). Seperti telah diuraikan sebelumnya bahwa jika kholesterol dalam diet rendah, aktivitas enzim yang berperan dalam biosintesis kholesterol meningkat untuk mempertahankan suplai kholesterol pada struktur membran, sintesis asam empedu, dan hormon steroid.



Gambar 8. Hubungan antara Taraf Pemberian Air Susu Sapi dengan Penurunan LDL Darah Tikus (Sumber: Suhartati dkk., 2011)

Pada intake kholesterol yang tinggi, maka absorpsinya akan menurun cenderung pada absorpsi limit. Dengan demikian, pada pakan hiperkholesterol kandungan kholesterolnya mengalami sedikit penurunan. Secara matematis, oleh karena HDL-kholesterol merupakan selisih antara Kholesterol total dengan LDL-kholesterol, maka respons yang diberikan merupakan kebalikan atau berbanding terbalik dengan respons LDL-kholesterol

Uji orthogonal polinomial pengaruh pemberian air susu sapi kaya CLA terhadap peningkatan HDL darah memberikan hasil bahwa air susu memberikan respons kuadratik dengan persamaan $Y = -7,8 + 5,36x - 0,624x^2$, koefisien determinasi (R^2) = 0,43; titik tertinggi P (4,3; 3,71) (Gambar 9).



Gambar 9. Hubungan antara Taraf Pemberian Air Susu Sapi dengan Peningkatan HDL Darah (Sumber: Suhartati dkk., 2011)

Suhartati dkk. (2012) mengaplikasikan hasil percobaan tersebut kepada manusia. Air susu yang diproduksi menggunakan formula pakan yang mampu meningkatkan kandungan asam lemak linoleat terkonjugasi, diujicobakan pada wanita usia 40-60 tahun yang menderita dislipidemia. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental semu dan rancangan dasarnya adalah Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan yang diuji yaitu P₁ = penderita dislipidemia yang diberi obat simvastatin 10 mg/orang/hari. P₂ = penderita dislipidemia yang diberi obat simvastatin 10 mg/orang/hari, dan minum 300 ml air susu sapi/orang/hari. P₃ = penderita dislipidemia yang minum 300 ml air susu sapi/orang/hari. P₄ = kadar kholesterol normal yang minum 300 ml air susu sapi/orang/hari. P₅ = kadar kholesterol normal, tanpa obat dan tanpa minum air susu (sebagai

kontrol negatif). Setiap perlakuan diulang 5 kali. Sebelum responden menerima perlakuan, dilakukan pengambilan darah terlebih dahulu. Kimia darah yang dianalisis meliputi kadar glukosa sewaktu, kolesterol total, LDL-kolesterol, HDL-kolesterol, dan trigliserida. Pemberian simvastatin dan air susu dilaksanakan selama satu bulan. Jumlah air susu 300 ml ditentukan berdasarkan hasil penelitian pada tikus putih, yaitu bahwa dosis efektif untuk menurunkan kolesterol total, LDL-kolesterol, dan meningkatkan HDL-kolesterol darah tikus yang telah mengalami hiperkolesterol diperlukan 5 ml air susu sapi /ekor/hari. Dosis tersebut dikonversi ke manusia menurut petunjuk Laurence *et al.* (1997), diperoleh hasil 300 ml/orang/hari.

Selama penelitian berlangsung dilakukan wawancara dengan responden dan diperoleh hasil bahwa setelah mengonsumsi air susu, buang air besar menjadi lancar, perut rasanya lega, pegal-pegal yang dirasakan menjadi hilang, yang biasanya mudah masuk angin, setelah mengonsumsi air susu menjadi sehat. Ada juga responden yang sebelumnya merasa kesemutan, setelah mengonsumsi air susu, rasa kesemutan menjadi hilang, tidur lebih nyenyak. Pada akhir penelitian dilakukan pengambilan darah kembali untuk dianalisis seperti sebelum menerima perlakuan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kolesterol darah responden yang mengalami dislipidemia, mengonsumsi simvastatin 10 mg/orang/hari dan air susu 300 ml/orang/hari ($16 \pm 24,65$ mg/dl) sangat nyata lebih tinggi ($P < 0,01$) daripada responden dengan kandungan kolesterol normal, yang justru kolesterolnya mengalami peningkatan ($7,67 \pm 23,81$ mg/dl). Penderita dislipidemia yang diberi obat simvastatin (P_1) dan simvastatin + 300 ml air susu/hari (P_2) penurunan kolesterolnya lebih tinggi ($35,75 \pm 42, 25$ mg/dl) daripada responden yang hanya mengonsumsi air susu 300 ml/hari, baik yang menderita dislipidemia (P_3) maupun tidak menderita dislipidemia (P_4) (meningkat $4,75 \pm 17,36$ mg/dl). Kolesterol darah penderita dislipidemia yang diberi obat simvastatin 10 mg/hari ditambah air susu 300 mg/orang/ hari (P_2) sangat nyata lebih tinggi ($P < 0.01$) daripada yang hanya mengonsumsi simvastatin 10 mg/orang/hari (P_1). Hasil tersebut

membuktikan bahwa simvastatin dan air susu sapi dapat menurunkan kolesterol penderita dislipidemia. Menurut Ellison (2006) bahwa statin merupakan obat penurun kolesterol dengan cara menghambat enzim yang dikenal sebagai HMG-CoA *Reduktase*.

Hasil penelitian ini selaras dengan hasil penelitian Suhartati dkk. (2011), menggunakan tikus putih betina gallur Wistar, yaitu bahwa penurunan kolesterol darah tikus putih yang telah mengalami hiperkholestrol, baik yang diberi tambahan air susu maupun tidak, lebih tinggi dari pada penurunan kolesterol darah tikus yang diberi pakan kontrol negatif (rendah lemak) ($p < 0,01$), bahkan kolesterol darah tikus yang diberi pakan kontrol negatif, yang seharusnya menurunkan kadar kolesterol justru kadar kolesterolnya meningkat.

Penderita dislipidemia yang diberi air susu kaya CLA 300 ml/orang/hari, tanpa simvastatin (P_3) peningkatan trigliseridanya (meningkat 178 mg/dl) sangat nyata lebih tinggi ($P < 0,01$) daripada responden dengan kadar kolesterol normal, minum 300 ml air susu/hari (P_4), yaitu turun 16 mg/dl. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dalam upaya penurunan trigliserida, air susu lebih mampu berperan bagi responden yang kadar kolesterolnya normal.

Penderita dislipidemia yang diberi obat simvastatin 10 mg/orang/hari (P_1) dan simvastatin + 300 ml air susu/orang/hari (P_2) penurunan LDL-kolesterolnya lebih tinggi ($26,53 \pm 26,85$ mg/dl) daripada responden yang hanya mengonsumsi air susu 300 ml/orang/hari baik yang menderita dislipidemia (P_3) maupun tidak menderita dislipidemia (P_4) (meningkat $4,14 \pm 21,20$ mg/dl). Hasil tersebut menjelaskan bahwa kerjasama antara simvastatin dan air susu mampu menurunkan LDL-kolesterol. Penurunan LDL-kolesterol selaras dengan penurunan kolesterol. Penderita dislipidemia yang diberi obat simvastatin 10 mg/orang/hari dan air susu 300 ml/orang/hari (P_{1234}) mengalami peningkatan HDL-kolesterol $5,04 \pm 8,99$ mg/dl nyata lebih tinggi ($P < 0,01$) daripada responden dengan kadar kolesterol normal tanpa mengonsumsi air susu 300 ml/orang/hari maupun simvastatin 10 mg/orang/hari (P_5), yang justru mengalami penurunan HDL-kolesterol $2,92 \pm 3,54$ mg/dl.

Penutup

Bagi penderita dislipidemia, mengonsumsi 300 ml air susu sapi yang kaya CLA dapat menurunkan glukosa, trigliserida, dan kolesterol LDL; meningkatkan kolesterol HDL. Hasil penelitian Suhartati dan Mulyanto (2012) membuktikan bahwa air susu yang dikombinasi dengan simvastatin mampu menurunkan kolesterol, trigliserida, LDL, dan meningkatkan kolesterol HDL.

BAB 5.

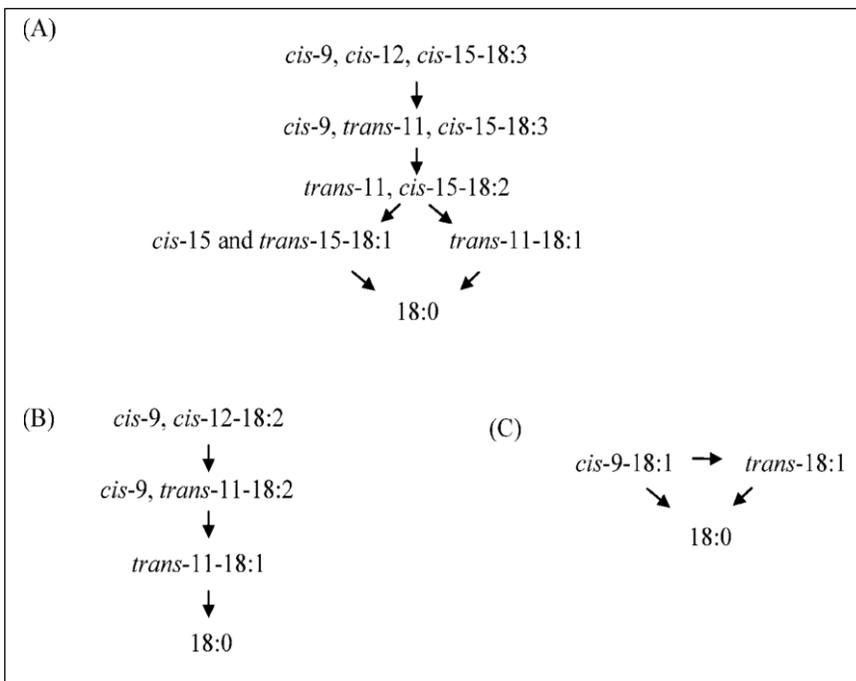
BIOHIDROGENASI ASAM LEMAK DI DALAM RUMEN

5.1. Jalur Biohidrogenasi

Materi pakan yang masuk ke dalam rumen akan mengalami perubahan bentuk kimia oleh populasi mikrobial. Lipid diubah secara ekstensif di dalam rumen menghasilkan perbedaan antara profil asam lemak yang berasal dari makanan (sebagian besar asam lemak tak jenuh) dengan lipid yang ada di dalam rumen (sebagian besar asam lemak jenuh) (Jenkins *et al.*, 2008). Mikroba rumen mengubah bentuk lipid yang masuk ke dalam rumen melalui dua proses utama yaitu lipolisis dan biohidrogenasi (Jenkins *et al.*, 2008). Transformasi awal adalah hidrolisis ikatan ester yang dikatalisis oleh lipase mikrobial, menyebabkan lepasnya asam lemak. Langkah ini merupakan prasyarat untuk transformasi kedua, yaitu biohidrogenasi asam lemak tak jenuh oleh mikroba rumen (Dawson *et al.*, 1977).

Proses tersebut (Gambar 10) mengonversi asam lemak tak jenuh menjadi asam lemak jenuh melalui isomerisasi asam lemak intermedier *trans*, diikuti biohidrogenasi ikatan rangkap. Kecepatan lipolisis dan biohidrogenasi bergantung pada tipe dan jumlah lemak yang masuk ke dalam rumen (Beam *et al.*, 2000) dan pH rumen (Van Nevel and Demeyer, 1996). Tipe utama lemak pakan yang masuk ke dalam rumen adalah trigliserida, phospholipid, dan galaktolipid. Enzim mikroba secara cepat menghidrolisis trigliserida.

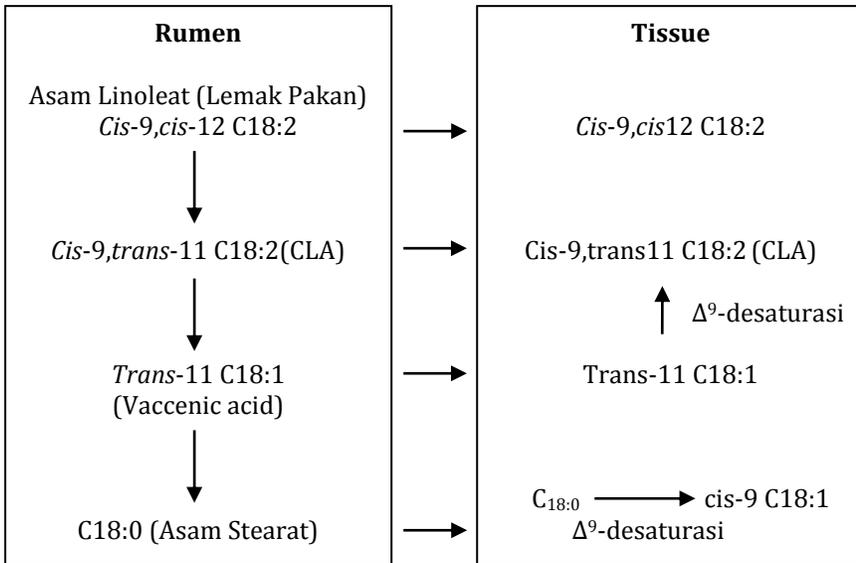
Biohidrogenasi asam lemak tak jenuh melibatkan beberapa langkah biokimia. Penyelidikan dengan kultur murni menunjukkan bahwa tidak ada spesies tunggal bakteri rumen mengkatalisis urutan biohidrogenasi lengkap. Menurut Kemp dan Lander (1984) bakteri dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan reaksi dan produk akhir biohidrogenasi. Bakteri grup A yang mampu menghidrogenasi asam linoleat dan asam α -linolenat, sebagai produk akhir yang utama adalah *trans*-11 C18:1. Bakteri grup B menggunakan *trans*-11 C18:1 sebagai salah satu substrat utama dengan produk akhir asam stearat. Bakteri sebagian besar bertanggung jawab untuk biohidrogenasi asam lemak tak jenuh dalam rumen, protozoa tampaknya hanya sedikit berperan (Harfoot dan Hazlewood, 1988). Isomerisasi ikatan *cis*-12 ganda merupakan langkah awal (reaksi pertama) selama biohidrogenasi asam lemak yang mengandung *cis*-9, *cis*-12 sistem ikatan rangkap.



Gambar 10. Jalur Biohidrogenasi A) α -linolenic, (B) linoleic, and (C) asam lemak oleat (Sumber: Harfoot and Hazlewood, 1988).

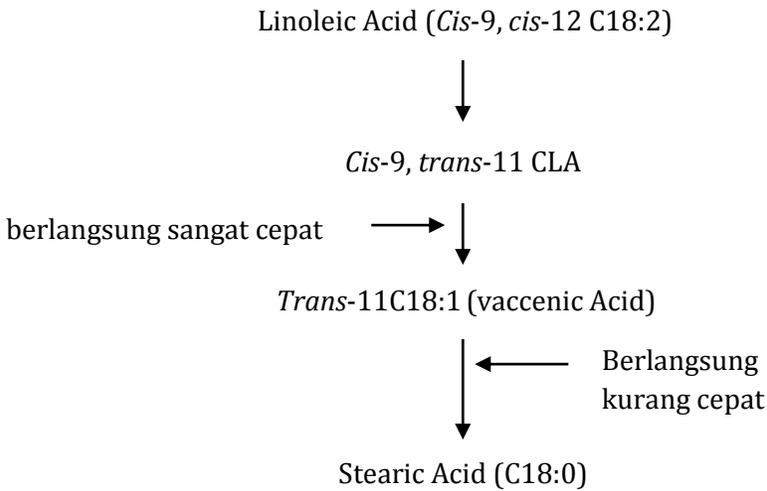
Linoleate isomerase (EC 5.2.1.5) adalah enzim yang bertanggung jawab untuk membentuk ikatan rangkap terkonjugasi dari *cis*-9, struktur ikatan rangkap *cis*-12 dari asam linoleat serta α - dan asam γ -linolenat. Langkah berikutnya (reaksi kedua) adalah hidrogenasi: *cis*-9, *trans*-11 C18:2 oleh bakteri grup A, sebagai produk: *trans*-11 C18:1 (Gambar 11)

Studi *in vitro* menggunakan asam linoleat berlabel yang diinkubasi dengan isi rumen menunjukkan bahwa isomerisasi ikatan rangkap *cis*-12 diikuti dengan *conversi cis*-9, *trans*-11 CLA ke *trans*-11 *octadecenoic acid* secara cepat. Hidrogenasi *trans*-11 C18:1 terjadinya kurang cepat sehingga terjadi peningkatan konsentrasi (Singh and Hawke, 1979).



Gambar 11. Peran Biohidrogenasi Rumen dan Δ^9 -desaturase jaringan dalam Produksi *cis*-9, *trans* 11 Asam Lemak inoleat Terkonjugasi dalam Lemak Ruminansia (Sumber: Bauma *et al.*, 1999)

Akibatnya senyawa intermediate biohidrogenasi *trans*-11 C18:1 terakumulasi dalam rumen (Keeney, 1970), sehingga lebih tersedia untuk absorpsi (Gambar 12).



Gambar 12. Pembentukan Senyawa Intermedier *Trans*-11C18:1 (Sumber: Keeney, 1970 yang telah dimodifikasi)

Asam lemak C_{18:3} yang utama dalam bahan makanan adalah asam α -linolenic (*cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 *octadecatrienoic acid*). Biohidrogenasi asam α -linolenic di dalam rumen memproduksi *cis*-9, *trans*-11, *cis*-15 *octadecatrienoic acid* terkonjugasi sebagai produk utama isomerisasi awal dan diikuti pengurangan ikatan rangkap *cis*. Akibatnya asam *trans*-11 *octadecenoic* merupakan senyawa intermedier yang umum dalam biohidrogenasi asam linoleat dan linolenat. Selain itu, biohidrogenasi asam γ -linolenat, *cis*-6, *cis*-9, *cis*-12 asam *octadecatrienoic*, adalah juga hasil dalam pembentukan *trans*-11 C_{18:1}. Keberadaan CLA dalam lemak susu langsung dari CLA yang diabsorpsi dari saluran pencernaan setelah diproduksi di dalam rumen sebagai senyawa intermedier biohidrogenasi asam linoleat (Sophie *et al.*, 2005)

5.2. Mikroorganisme yang Terlibat dalam Proses Biohidrogenasi

Mikroba rumen dapat dianggap sebagai teman hewan ruminansia yang terbaik karena tanpa mikroba sistem pencernaan akan berhenti dan hewan inang akan mati kelaparan. Terjalin kerjasama yang baik antara hewan ruminansia dan mikroba rumen.

Mikroba rumen melakukan pencernaan, sebagai sumber protein, sumber asam lemak volatil bagi hewan ruminansia. Di sisi lain, sapi menyediakan makanan, air, kehangatan, mengunyah makanan dan memberikan kondisi anaerob bagi mikroba rumen (USDA-Agricultural Research Service, 2007).

Populasi mikroba di dalam rumen terutama terdiri atas *ciliate protozoa*, *anaerobic bacteria*, dan *anaerobic fungi*. Bakteri secara genetik sangat beragam, berasal dari beberapa asal yang berbeda (Tajima *et al.*, 2000, Edwards *et al.*, 2004). Bakteri sebagian besar mencerna gula, pati, dan protein; protozoa menelan dan mencerna bakteri, pati, dan beberapa serat; fungi hanya merupakan sebagian kecil dari populasi mikroba rumen, tetapi mempunyai peran yang sangat penting, yaitu memecah serat tanaman sehingga bakteri lebih mudah mencernanya. Setiap hewan ruminansia memiliki populasi bakteri rumen yang bervariasi. Variasi tersebut lebih banyak di antara hewan daripada di antara pakan pada hewan yang sama (USDA-Agricultural Research Service, 2007). Populasi bakteri pada rumen kerbau lebih banyak daripada populasinya pada rumen sapi (Tabel 8).

Tabel 8. Populasi Bakteri, Protozoa dan Zoospora Fungi dalam Rumen Sapi dan Kerbau Dibawah Sisten Tradisional di Thailand Timur Laut

Item	Cattle	Buffaloes
Rumen pH	6.58 ± 0.12	6.60 ± 0.07
Microbial population, total direct count		
Bacteria, × 10 ⁸ cells/ ml	1.36 ± 0.14	1.61 ± 0.12
Coccus, × 10 ⁵ cells/ml	1.07 ± 0.70	1.28 ± 0.23
Oval*	<	>
Rod*	<	>
Protozoa, × 10 ⁵ cells/ml	3.82 ± 0.88	2.15 ± 0.41
Holotrich	2.52 ± 0.70	1.80 ± 0.36
Entodiniomorph	1.30 ± 0.34 ^a	0.35 ± 0.13 ^b
Fungal zoospore, × 10 ⁶ cells/ml	3.78 ± 0.78 ^a	7.30 ± 0.93 ^b

^{ab} Superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan adanya perbedaan (P<0,05)

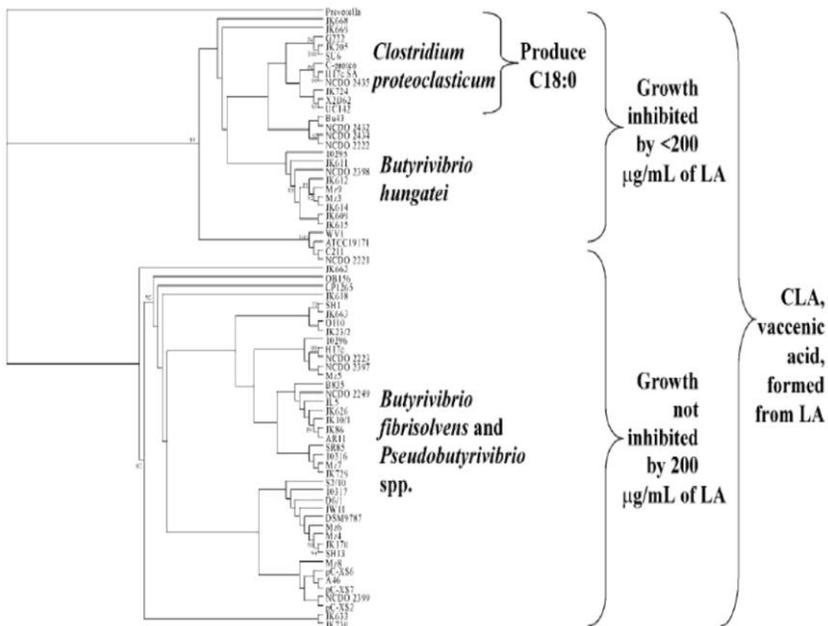
Sumber : Wanapat *et al.* (2000).

5.2.1. Peran Bakteri

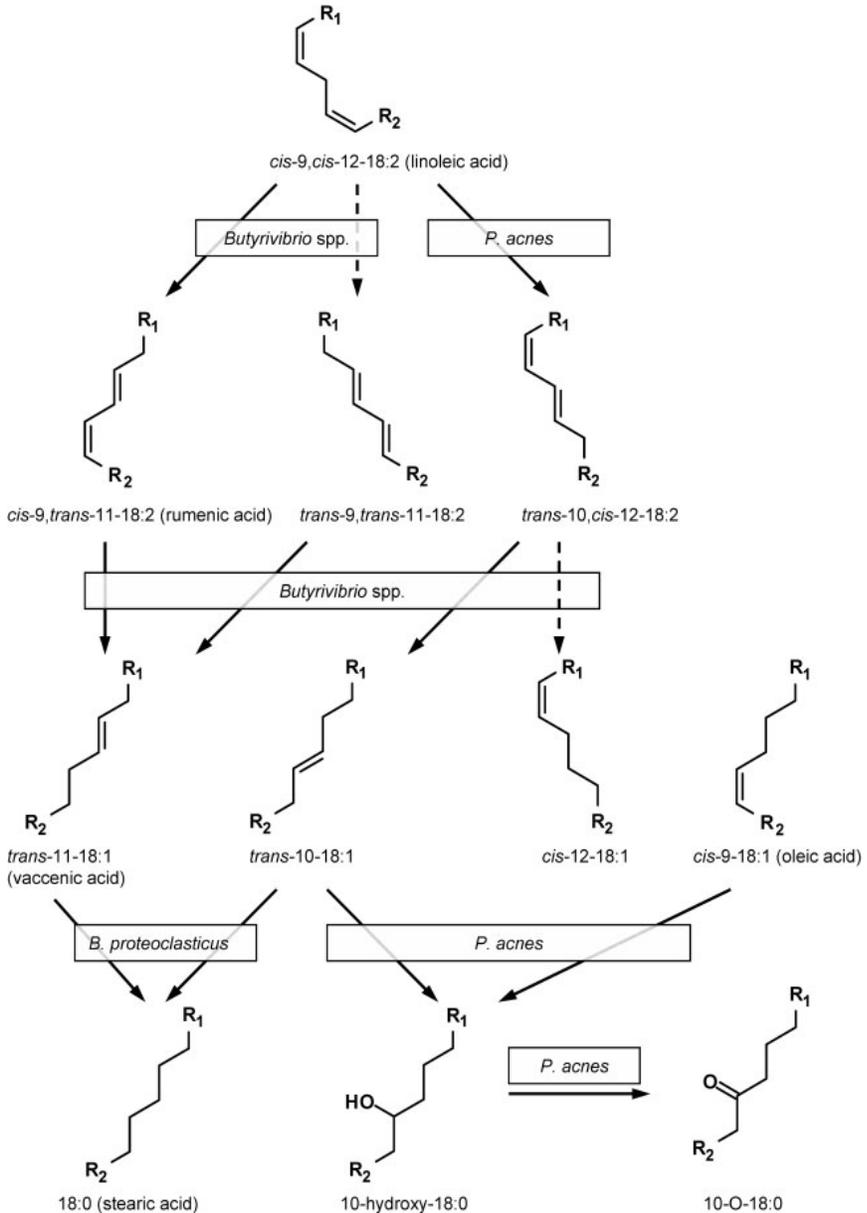
Butyrivibrio fibrisolvens diidentifikasi melakukan biohidrogenasi asam lemak dan membentuk CLA dan *trans*-11-C_{18:1} sebagai senyawa intermedier dalam proses biohidrogenasi asam linoleat. Asam stearat tidak dibentuk dari asam linoleat oleh *Butyrivibrio fibrisolvens*, namun hasil penelitian telah mengidentifikasi bakteri lain yang mampu melakukan biohidrogenasi, tetapi mereka tidak memberikan banyak informasi tentang aktivitas relatif. Bakteri yang melakukan pembentukan stearat (kelompok B) diidentifikasi sebagai *Fusocillus spp.* (Kemp *et al.*, 1975). Van de Vossenbergh dan Joblin (2003) mengisolasi bakteri dari sapi yang merumput, ternyata juga dapat membentuk stearat dari linoleat. Fenotipiknya mirip dengan *Fusocillus*, dan hasil analisisnya menunjukkan bahwa secara filogenetis dekat dengan *Butyrivibrio hungatei*.

Penyelidikan di *Rowett Research Institute* telah berusaha untuk mengevaluasi signifikansi jumlah spesies bakteri yang berbeda dalam proses biohidrogenasi dan mengidentifikasi bakteri yang paling berperan untuk konversi *trans*-11- C_{18:1} menjadi asam stearat. Penyelidikan tersebut menilai sifat-sifat bakteri yang berbeda yang berasal dari koleksi biakan (Maia *et al.*, 2006). Sebelas dari 26 spesies bakteri utama di dalam rumen yang memetabolis asam linoleat tampaknya melalui beberapa rute. Produk yang paling umum adalah *trans*-11- C_{18:1}, diproduksi oleh 3 strain *Butyrivibrio* dan 2 strain *Clostridium proteoclasticum*. Hanya *Clostridium proteoclasticum* yang memproduksi C_{18:0}. Karena *trans*-11-C_{18:1} dibentuk melalui *cis*-9, *trans*-11-CLA sebagai senyawa intermedier, bakteri yang membentuk *trans*-11-C_{18:1} mungkin juga memproduksi *cis*-9, *trans*-11-CLA. *Clostridium proteoclasticum* berhubungan erat dengan *Butyrivibrio* (Kopečný *et al.*, 2003; Paillard *et al.*, 2007). Wallace *et al.* (2006) berhasil menskirning 400 isolat segar dari rumen domba yang mempunyai kemampuan untuk memetabolisme asam linoleat. Semua bakteri yang memproduksi *cis*-9 *trans*-11-CLA, *trans*-11-C_{18:1}, atau keduanya dari asam linoleat adalah produsen butirat. Tidak semua produsen butirat membentuk

cis-9, trans-11-CLA atau *trans-11-C18:1* , namun hanya bakteri yang berada dalam kelompok *B. fibrisolvens* membentuk *cis-9, trans-11-CLA* atau *trans-11-C18:1* . Bakteri *Eubacterium* dan *Clostridium spp* penghasil butirrat tidak membentuk *cis-9, trans-11-CLA* atau *trans-11-C18:1* . Beberapa bakteri yang membentuk *trans-11-C18:1* CLA, juga membentuk asam stearat. Morfologi dan sifat metabolisme produsen stearat serupa dengan *Fusocillus spp*. Analisis filogenetik berdasarkan 16S rRNA urutan analisis (Gambar 13) menunjukkan bahwa produsen stearat berkelompok pada suatu cabang dengan *C. proteoclasticum*, yang juga ditemukan sebagai pembentuk stearat. McKain *et al.* (2010) memberikan ringkasan peran *Butirivibrio spp* pada umumnya, *B. proteoclasticum* dan *P. acnes* dalam metabolisme diet asam lemak tak jenuh (asam linoleat dan oleat) dan produknya pada Gambar 14



Gambar 13. Pohon Filogenetik Berdasarkan 16S rRNA Urutan Analisis Bakteri Rumen Hubungannya dengan *Butyrivibrio*, Metabolisme Asam Linoleat, dan Sensitivitasnya Terhadap Hambatan Pertumbuhan oleh Asam Linoleat (Sumber: Jenkins *et al.*, 2008)



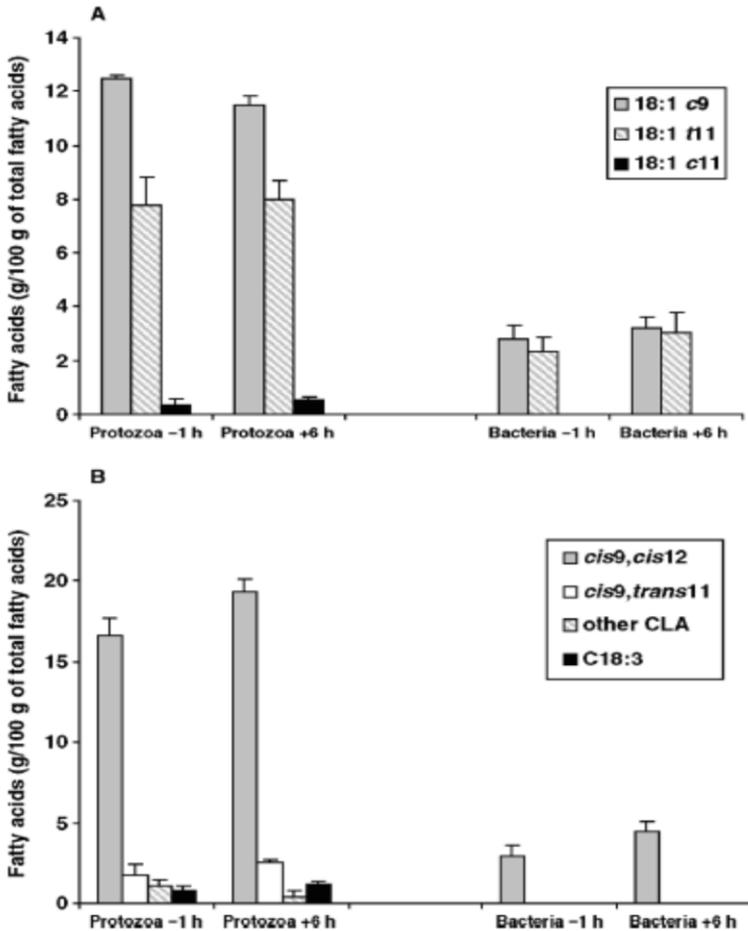
Gambar 14. Peran *Butyrivibrio* spp pada Umumnya, *B. proteoclasticus* dan *P. acnes* dalam Metabolisme Diet Asam Lemak Tak Jenuh (Asam Linoleat dan Oleat) dan Produknya (Sumber: McKain *et al.*,2010)

5.2.2. Peran *Ciliate protozoa*

Mikroba utama yang memengaruhi metabolisme asam lemak dalam rumen adalah protozoa ciliata, yang secara efektif mengakumulasi asam lemak tak jenuh (Devillard *et al.*, 2006), sebagian melalui penelanan kloroplas (Huws *et al.*, 2009), dan sejumlah kecil spesies bakteri dengan aktivitas biohidrogenasi yang tinggi. Sampai setengah dari biomassa mikroba rumen adalah protozoa (Williams dan Coleman, 1992) dan sekitar tiga-perempat dari asam lemak mikroba yang ada dalam rumen terdapat di dalam protozoa. Telah diketahui selama bertahun-tahun bahwa lipid protozoa mengandung asam lemak tak jenuh yang lebih proporsional daripada fraksi bakteri (Harfoot dan Hazlewood, 1997). Dengan demikian, protozoa dapat menjadi sumber yang sangat penting bagi asam lemak tak jenuh rantai jamak, CLA, dan *trans*-11-C18: 1 untuk dideposisikan ke dalam daging dan susu. Baik protozoa maupun bakteri, keduanya terlibat dalam proses biohidrogenasi di dalam rumen. Pendapat lain menyatakan bahwa biohidrogenasi di dalam digesta rumen hanya mengalami sedikit penurunan mengikuti defaunasi, dan kehadiran protozoa tidak diperlukan dalam proses biohidrogenasi. Girard dan Hawke (1978) juga menduga bahwa kontribusi protozoa dalam proses biohidrogenasi itu kecil karena adanya aktivitas penelanan atau terkait dengan bakteri. Campuran protozoa dari rumen domba setidaknya 2 sampai 3 kali lebih banyak asam lemak tak jenuh daripada bakteri. Asam lemak tak jenuh termasuk CLA dan *trans*-11- C18: 1 lebih banyak terdapat di dalam protozoa daripada bakteri, (Gambar 15).

Spesies yang berbeda memiliki perbedaan komposisi. Spesies yang lebih besar, termasuk *Ophryoscolex caudatus*, mengandung 10 kali lebih tinggi konsentrasi CLA dan *trans*-11-C18:1 daripada beberapa spesies kecil, seperti *Entodinium nannelum*. *Isotricha prostoma*, spesies besar, memiliki konsentrasi CLA dan *trans*-11-C18: 1 yang rendah. Reaksi yang berlawanan arah, yaitu desaturasi, tidak terjadi dalam fraksi protozoa. Radioaktif ¹⁴C-stearat tidak diinkorporasikan ke dalam CLA atau *trans*-11- C18: 1 oleh protozoa. Tidak ada gen dengan urutan yang sama dengan gen desaturasi asam

lemak dari organisme lain yang ditemukan di cDNA dari protozoa rumen. Dengan demikian, protozoa kaya CLA dan *trans*-11-C18:1, namun tampaknya tidak mensintesis kedua asam lemak tersebut (Jenkins *et al.*, 2008). Telah dikemukakan bahwa tingginya kandungan asam lemak tak jenuh dalam protozoa adalah hasil dari konsumsi partikel tanaman, terutama kloroplas (Stern *et al.*, 1977).



Gambar 15. Komposisi Utama Lemak Tak Jenuh C18 dari Campuran Protozoa Rumen dan Bakteri yang Diisolasi dari Rumen Domba 1 Jam sebelum dan 6 Jam Setelah Pemberian Pakan. (A) Asam Lemak Tak Jenuh Tunggal C18, (B) *polyunsaturated fatty acid* C18 (Sumber: Devillard *et al.*, 2006)

Tidak dapat dijelaskan tingginya konsentrasi CLA dan *trans*-11-C18:1 dalam protozoa, karena asam lemak tersebut tidak ada dalam material tanaman. Dengan demikian, aktivitas bakteri harus terlibat dalam pembentukan CLA dan *trans*-11-C18:1. Penjelasan yang paling mungkin adalah bahwa protozoa menggabungkan CLA dan *trans*-11-C18:1 yang dibentuk oleh bakteri yang dikonsumsi oleh protozoa.

Percobaan yang dilakukan oleh Devillard *et al.* (2006) menunjukkan bahwa protozoa mempunyai CLA dengan konsentrasi yang lebih tinggi daripada bakteri, tetapi tidak mempunyai aktivitas Δ^9 -desaturase yang menggambarkan bahwa protozoa menggabungkan CLA dan *vaccenic acid* yang dibentuk oleh bakteri. Data *in vivo* juga membuktikan bahwa proporsi *Poly unsaturated fatty acid* (PUFA) dan CLA pada protozoa lebih tinggi daripada bakteri (Or-Rashid *et al.*, 2007).

5.2.3. Peran Fungi Anaerob

Fungi anaerob membentuk sebagian kecil dari biomassa mikroorganisme rumen, tetapi mempunyai kontribusi secara signifikan terhadap metabolisme secara keseluruhan, seperti halnya dengan aktivitas selulolitik yang tinggi (Wilson dan Wood, 1992). Fungi rumen telah dikenal mengandung C18:1 relatif tinggi (Body dan Bauchop, 1985), dan hasil percobaan menunjukkan bahwa Δ^9 -desaturase mengonversi asam stearat menjadi asam lemak 18:1n-9 dalam *Piromyces communis*. Asam linoleat dan linolenat yang diinkubasi dengan *P. communis* mengakibatkan pembentukan produk terkonjugasi (Kemp *et al.*, 1984). Penemuan Nam dan Garnsworthy (2007) menguatkan bahwa produk utama dari metabolisme asam linoleat adalah *cis*-9, *trans*-11-CLA.

Penelitian yang dilakukan oleh Maia *et al.* (2006), menggunakan dua spesies fungi rumen, yaitu *Neocallimastix frontalis* dan *P. communis* yang ditumbuhkan dalam media yang diberi 50 μg / ml asam linoleat. Pada 96 jam berikutnya, *Neocallimastix frontalis* telah tumbuh dalam media tersebut, sedangkan pertumbuhan *P.*

Communis tidak teramati. *Neocallimastix frontalis* memetabolis sekitar setengah dari asam linoleat dalam media, membentuk *cis*-9, *trans*-11-CLA. Aktivitas *N. frontalis* dalam pembentukan CLA dari asam linoleat sangat kecil dibandingkan dengan *B. fibrisolvans*. Pembentukan CLA dari asam linoleat pada media yang diberi 50 µg / ml asam linoleat oleh kultur bakteri rumen, *B. fibrisolvans*, dicapai dalam beberapa menit. Nam and Garnsworthy (2007) juga menyebutkan bahwa fungi anaerob di dalam rumen mempunyai kapasitas biohidrogenasi.

Penutup

Selama ini terdapat dua pendapat yang bertentangan mengenai keberadaan protozoa di dalam rumen. Sebagian ahli nutrisi ruminansia menganggap bahwa protozoa tidak esensial dalam sistem rumen. Di sisi lain kehadiran protozoa di dalam rumen diperlukan, didasarkan pada peranan protozoa dalam mempertahankan pH rumen. Ditinjau dari peran sertanya dalam memproduksi CLA, ternyata protozoa secara efektif mengakumulasi asam lemak tak jenuh, sebagian melalui penelanan kloroplas (Huws *et al.*, 2009), dan sejumlah kecil spesies bakteri dengan aktivitas biohidrogenasi yang tinggi. Protozoa menggabungkan CLA dan *trans*-11-C18:1 yang dibentuk oleh bakteri yang terkonsumsi oleh protozoa.

BAB 6.

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI KANDUNGAN CLA LEMAK RUMINANSIA

Kandungan asam lemak linoleat terkonjugasi (*conjugated linoleic acid* = CLA) dalam lemak yang berasal dari ruminansia dan produk derivatnya bergantung pada produksi CLA dan *trans*-11 C18:1 dalam rumen dan aktivitas Δ^9 -*desaturase* dalam jaringan. Kebanyakan penelitian menguji kandungan CLA dalam lemak ruminansia menggunakan sapi laktasi. Namun demikian, faktor-faktor yang memengaruhi CLA dalam lemak susu juga akan memengaruhi kandungan CLA dalam lemak tubuh ruminansia laktasi.

Kandungan CLA dalam air susu atau daging sangat bervariasi, yaitu 0,2% dari lemak susu atau kurang sampai 2% dari lemak susu atau lebih. Kandungan CLA dalam air susu lebih tinggi daripada dalam daging (Khanal *et al.*, 2004). Daging ruminansia mengandung CLA sekitar 0,46% dari lemak (0,12% sampai 1,20%), sedangkan CLA dalam daging nonruminansia sekitar 0,16% dari lemak (0,06-0,25%). Kandungan CLA total dalam pangan spesifik sangat bervariasi, sebagai contoh kandungan CLA dalam daging sapi potong bervariasi dari 0,17 sampai 1,35% (Dhiman *et al.*, 2005). Kisaran yang luas tersebut berhubungan dengan tipe makanan (Khanal *et al.*, 2004), perbedaan *breed* dan strategi manajemen yang digunakan untuk membesarkan sapi (Mir *et al.*, 2004). Selain hal itu, pH rumen (Van Soest, 1994, Wang and Song, 2003; Qiu *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2005), sumber minyak (Wang *et al.*, 2002a; An *et al.*, 2003), tipe

suplementasi minyak (Wang *et al.*, 2002b), imbalanced hijauan konsentrat (Wang *et al.*, 2003), juga memengaruhi produksi *cis*-9, *trans*-11 CLA dan *trans* 11-C_{18:1} dalam rumen.

6.1. Faktor Makanan

Menurut Bauman *et al.* (1999), faktor makanan diketahui memengaruhi CLA dalam lemak susu. Pengaruh tersebut dibedakan dalam tiga kelompok berikut ini

- 1) Kelompok pertama meliputi faktor makanan yang menyediakan substrat lipid untuk produksi CLA atau *trans*-11 C_{18:1} dalam rumen.
- 2) Kelompok kedua terdiri atas faktor makanan yang mengubah lingkungan rumen sehingga memengaruhi bakteri yang terlibat dalam bihidrogenasi rumen.
- 3) Kelompok ketiga termasuk faktor makanan yang mungkin melibatkan kombinasi substrat lipid dan modifikasi populasi bakteri rumen.

Minyak tanaman termasuk bunga matahari, kedelai, jagung, canola, biji rami dan kacang tanah meningkatkan konsentrasi CLA dalam lemak susu, namun makanan bebantuan dan silase hasil panen jagung varietas tinggi, kandungan minyaknya berpengaruh minimal terhadap konsentrasi CLA dalam lemak susu. Secara umum, kandungan asam lemak linoleat minyak tanaman adalah tinggi dan memberikan respons terbesar terhadap kandungan CLA dalam lemak susu (Grinari and Bauman, 1999), dengan rincian sebagai berikut

6.1.1. Substrat Lipid

- 1) Lemak tak jenuh VS lemak jenuh: Kandungan CLA dalam lemak susu meningkat dengan meningkatnya penambahan lemak tak jenuh.
- 2) Minyak tanaman, dibedakan menjadi
 - (1) tipe minyak tanaman, yaitu kandungan CLA dalam lemak susu meningkat dengan pemberian minyak yang kandungan asam lemak takjenuhnya tinggi;

- (2) taraf minyak tanaman, kandungan CLA dalam lemak susu meningkat bergantung pada dosis yang diberikan;
- (3) garam Ca dalam minyak tanaman, meningkatkan kandungan CLA dalam lemak susu.
- 3) Biji tanaman dengan kandungan minyak yang tinggi, dibedakan menjadi
 - (1) Biji mentah, tidak berpengaruh terhadap kandungan CLA dalam lemak susu;
 - (2) Biji olahan, meningkatkan kandungan CLA dalam lemak susu.
- 4) Butiran jagung tinggi kandungan minyaknya dan silase berpengaruh secara minimal terhadap kandungan CLA dalam lemak susu.
- 5) Lemak hewan, yang merupakan produk sampingan berpengaruh secara minimal terhadap kandungan CLA dalam lemak susu.

6.1.2. Modifikasi Lingkungan Rumen

- 1) Imbangan hijauan konsentrat, pengaruhnya bervariasi terhadap kandungan CLA dalam lemak susu.
- 2) Taraf karbohidrat *nonstructural*, pengaruhnya minor terhadap kandungan CLA dalam lemak susu.
- 3) Pembatasan pakan, pengaruhnya bervariasi terhadap kandungan CLA dalam lemak susu.
- 4) Minyak ikan/tepung ikan meningkatkan CLA dalam lemak susu
- 5) Algae laut meningkatkan kandungan CLA dalam lemak susu.
- 6) *Ionophores*, pengaruhnya bervariasi terhadap kandungan CLA dalam lemak susu.
- 7) *Buffer* pakan sedikit berpengaruh dengan serat yang cukup

6.1.3. Kombinasi, dibedakan menjadi:

- 1) Pasture, pengaruhnya terhadap kandungan CLA dalam lemak susu lebih besar daripada hijauan awetan;
- 2) Hijauan dalam fase tumbuh meningkatkan kandungan CLA dalam lemak susu dengan berkurangnya kemasakan hijauan.

6.1.4. Suplemen CLA, pengaruhnya terhadap kandungan CLA dalam lemak susu bergantung pada peningkatan dosis.

Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi kandungan CLA, namun demikian faktor yang terpenting adalah pakan karena menyediakan substrat untuk pembentukan CLA. Percobaan *in vitro* yang dilakukan oleh Suhartati dkk. (2006) didahului uji antara (1) campuran onggok dan pollard (1:1) tanpa fermentasi, (2) campuran onggok dan pollard (1:1) difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan (3) campuran onggok dan pollard (1:1) ditambah 1% urea dan difermentasi menggunakan 2% *Saccharomyces cerevisiae*. Diperoleh hasil bahwa substrat yang terbaik adalah campuran onggok dan pollard ditambah 1% urea dan difermentasi menggunakan 2% *Saccharomyces cerevisiae*. Substrat tersebut digunakan sebagai campuran pakan konsentrat (45%) dan dilakukan percobaan *in vitro* menggunakan cairan rumen sapi untuk menguji tiga macam imbangan hijauan konsentrat, diperoleh hasil bahwa kandungan asam linoleat tertinggi dicapai oleh imbangan hijauan : konsentrat 60:40 (6,55% dari lemak), kemudian menurun oleh imbangan 70:30 (4,59% dari lemak), dan terendah imbangan 80:20 (3,38% dari lemak). Sebaliknya, kandungan CLA tertinggi dicapai oleh imbangan 80:20 (1,29 % dari lemak) dan terendah oleh imbangan 60:40 (1,03% dari lemak). Hal tersebut terjadi karena asam linoleat telah digunakan dalam proses biohidrogenasi dan menghasilkan *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (CLA). Bauman *et al.* (2003) menyatakan bahwa *cis*-9, *trans*-11 C18:2 dibentuk sebagai senyawa intermedier dalam proses biohidrogenasi asam linoleat. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa fermentasi dedak padi dan onggok menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dapat meningkatkan kandungan CLA rumen, demikian pula imbangan hijauan : konsentrat berpengaruh terhadap kandungan CLA rumen.

Suhartati dan Batta (2008) melakukan uji banding minyak kedelai, minyak biji bunga matahari dan minyak wijen (dengan taraf 0% dan 3%) sebagai sumber asam linoleat dalam biosintesis *conjugated linoleic acid* dikombinasikan dengan tiga macam substrat (dedak padi, kulit singkong, dan beras) yang difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil analisis asam lemak menggunakan gas kromatografi menunjukkan bahwa kandungan asam lemak linolet tertinggi (27,70% dari lemak) dicapai oleh dedak yang ditambah 3% minyak kedelai kemudian difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Selanjutnya dilakukan percobaan untuk menguji tiga macam imbalanced hijauan : konsentrat (60:40; 70:30 dan 80:20) menggunakan substrat terbaik tersebut secara *in vitro*. Hasil percobaan menunjukkan bahwa rata-rata kadar CLA dalam cairan rumen berkisar dari 1,17% (imbangan hijauan : konsentrat 60:40) sampai dengan 1,42% (imbangan hijauan : konsentrat 80:20). Hal tersebut membuktikan bahwa semakin tinggi konsentrat dalam pakan, kadar CLA semakin menurun.

Rendahnya kadar CLA pada imbalanced rumput:konsentrat rendah atau konsentrat tinggi karena dengan meningkatnya konsentrat menyebabkan penurunan pH. Penelitian Silva *et al* (2002) diperoleh hasil bahwa kandungan CLA dalam jaringan intramuskular domba yang hidup dalam *pasture* lebih tinggi daripada domba yang diberi pakan konsentrat. Salah satu faktor yang memengaruhi adalah pH di dalam rumen, karena pH akan menurun dengan meningkatnya konsentrat. Gugus karboksil bebas yang dibutuhkan untuk produksi CLA akan lebih banyak terjadi pada pH yang tinggi (Wang *et al.*, 2003). Hasil percobaan tersebut membuktikan bahwa jenis dan taraf minyak nabati berpengaruh terhadap kandungan CLA rumen dan semakin memperkuat bahwa imbalanced hijauan : konsentrat juga berpengaruh terhadap kandungan CLA rumen.

Selain secara *in vitro*, beberapa peneliti juga telah melakukan berbagai macam percobaan secara *in vivo*, baik pada sapi perah maupun hewan potong. Berbagai komponen makanan memengaruhi taraf CLA dalam daging (Tabel 9).

Tabel 9. Pengaruh Pakan terhadap Perubahan Proporsi CLA Asam Lemak Intramuskular

Feed (supplement)	Cattle	Sheep	Pigs	Chiken
Grass (Pasture)	+, ±	+		
Sunflower seeds	+	+		
Sufflower seeds		+		
Linseed	±, +			
Rapeseed	(-)			
Soybeans	±, +			
Chikpeas		+		
Crushed raw flax	+			
Sunflower oil	+	+		
Linseed oil		±		
Rapeseed oil	±	±		
Sufflower oil		+		
Soybean oil	±, -	+		
Fish oil	+	±		
CLA			+	+
Partially hydrogenated oil/fat			+	
Ruminally preotected lipid supplement	±			

Keterangan : + = nyata meningkat, - = nyata menurun, ± = tidak ada pengaruh, (-) = perubahan tidak signifikan

Sumber : Schmid *et al.* (2006).

Secara umum, tingginya konsentrasi CLA dalam otot berhubungan dengan kandungan lemak intramuskular (Raes *et al.*, 2004). Kandungan CLA intramuskular yang dinyatakan dalam mg/g lemak dapat ditingkatkan melalui strategi pakan yang spesifik atau komponen pakan. Komponen pakan tertentu diperlukan untuk memberikan pengaruh yang positif terhadap kandungan CLA dalam asam lemak daging. Perubahan dari pakan berbasis konsentrat ke *pasture* (padang rumput) telah terbukti meningkatkan kandungan CLA (French *et al.*, 2000). Hal tersebut ditemukan pada lemak intramuscular (*longissimus dorsi muscle*) sapi jantan, selaras dengan kenaikan konsumsi rumput.

Pulson *et al.* (2004) melaporkan bahwa kandungan CLA otot longissimus dan semitendinosus sapi jantan yang hanya diberi pakan rumput 6,6 kali lebih tinggi dibandingkan dengan sapi jantan yang diberi pakan tinggi bebijian (yang biasa digunakan di *feedlot*) (13,1 vs 2,0 mg / g FAME).

Berdasarkan penelitian Zhang *et al.* (2006) diperoleh hasil bahwa biohidrogenasi ruminal C18:2n-6 ($P < 0,001$), C18:3n-3 ($P < 0,004$) dan total asam lemak jenuh C18 ($P < 0,001$) meningkat dengan tingginya pakan hijauan, dan C18:2n-6 menurun ($P < 0,005$) dengan meningkatnya level monensin dalam pakan. *Trans* 11-C18:1 dan *cis*-9, *trans*-11 CLA merupakan isomer yang terbanyak secara berurutan. Konsentrasi kedua senyawa intermediet tersebut dalam rumen meningkat ($P < 0,001$) dengan tingginya pakan hijauan. Konsentrasi C18:2n-6 menurun ($P < 0,001$), sedangkan C18:0 meningkat ($P < 0,015$) dengan meningkatnya hijauan pakan. Konsentrasi *trans* 11-C18:1 meningkat ($P < 0,001$) dengan meningkatnya level monensin dan yang paling tinggi adalah kelompok yang diberi pakan hijauan tinggi dengan 30 ppm monensin, sedangkan *cis*-9, *trans*-11 CLA tidak dipengaruhi oleh suplementasi monensin. Konsentrasi total C18:1 dan C18:2n-6 meningkat ($P < 0,001$), sedangkan C18:0 menurun ($P < 0,005$) dengan suplementasi monensin. Konsentrasi *trans* 11-C18:1 dan *cis*-9, *trans*-11 CLA dalam plasma lebih tinggi pada domba yang mendapat pakan hijauan tinggi daripada domba yang mendapat pakan hijauan rendah. Konsentrasi *trans* 11-C18:1 ($P < 0,091$) dan C18:2n-6 ($P < 0,083$) dalam isi rumen cenderung dipengaruhi oleh interaksi antara imbalanced hijauan:konsentrat dan level monensin.

Dijelaskan bahwa rendahnya biohidrogenasi C18:2n-6 dalam kelompok yang mendapat pakan hijauan rendah mungkin disebabkan oleh rendahnya pH yang disebabkan oleh tingginya level karbohidrat dalam pakan rendah hijauan. Bakteri utama yang berperan dalam biohidrogenasi rumen adalah selulolitik dan biohidrogenasi asam lemak tidak jenuh membutuhkan radikal bebas COOH yang terbentuk dari lipolisis. Rendahnya pH rumen dapat menekan aktivitas bakteri selulolitik. Wang dan Song (2003)

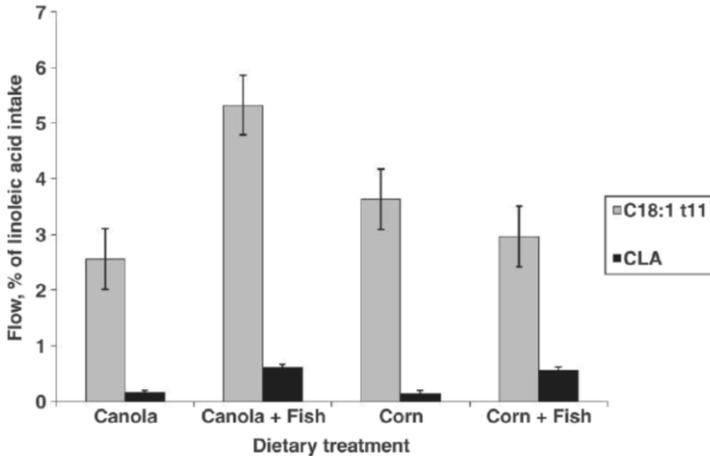
mendapatkan bahwa produksi *trans*-11-C18:1 dan *cis*-9, *trans*-11 CLA meningkat dengan meningkatnya pH jika biakan diinkubasi dengan *rapeseed*.

Memperkaya lemak daging ruminansia dengan *trans*-18:1 dan isomer CLA bergantung pada beberapa faktor termasuk imbalanced hijauan:konsentrat (Lor *et al.*, 2005a), tipe hijauan (Bradford dan Allen, 2004), sumber pati dalam konsentrat (Jurjanz *et al.*, 2004), minyak nabati yang ditambahkan, kandungan dan komposisi asam lemak tak jenuh rantai panjang (Lock and Bauman, 2004; Chilliard and Ferlay, 2004); termasuk minyak ikan (Lee *et al.*, 2005; Whitlock *et al.*, 2006). Salah satu cara untuk memperkaya produksi CLA pada produk ruminansia dapat dicapai dengan meningkatkan suplai C18:2 dalam retikulo-rumen sebagai sumber asam linoleat (Bessa *et al.*, 2000). Penggunaan minyak tanaman atau minyak biji-bijian pada pakan tinggi konsentrat sapi *finishing* hanya sedikit meningkatkan CLA (Beaulieu *et al.*, 2002; Madron *et al.*, 2002; Gillis *et al.*, 2004a), sedangkan daging yang berasal dari sapi yang merumput mengandung CLA *cis*-9,*trans*-11 pada taraf yang tinggi (Realini *et al.* 2004). Suplementasi minyak tanaman yang kaya asam lemak linoleat meningkatkan *trans vaccenic acid* (TVA) dan CLA jaringan, juga meningkatkan kandungan asam lemak linoleat dalam jaringan (Andrae *et al.*, 2001; Madron *et al.*, 2002; Gillis *et al.*, 2004b).

Berdasarkan penelitian Duckett and Gillis (2010) dapat disimpulkan bahwa pada sapi jantan Hereford, kombinasi minyak ikan dengan minyak canola menghasilkan *trans vaccenic acid* (TVA) yang lebih banyak daripada kombinasinya dengan minyak jagung. Penambahan minyak ikan meningkatkan aliran CLA ke duodenum (Gambar 16).

Hasil penelitian Chantaprasarn dan Wanapat (2004) adalah bahwa penambahan minyak biji bunga matahari 2.5% sangat nyata meningkatkan kandungan CLA, yaitu menjadi 4.3 mg/g lemak dan dengan meningkatnya penambahan biji bunga matahari yaitu 5%, kandungan CLA air susu menjadi 5.9 mg/g lemak. Kandungan asam linoleat terkonjugasi yang dihasilkan oleh sapi perah yang mendapat

perlakuan pakan 1/3, 2/3 dan semua pastura, secara berturut-turut adalah 8,9; 14,3: dan 22,1 mg/g lemak susu. Sapi yang merumput di pastura dan tidak diberi pakan suplemen, CLA di dalam lemak susunya 500% lebih banyak daripada sapi yang diberi pakan konvensional (Dhiman *et al.*, 1999).



Gambar 16. Aliran *trans*-11 vaccenic acid (C18:1*trans*-11) dan Isomer CLA *cis*-9, *trans*-11 ke Duodenum (Sumber: Duckett and Gillis, 2010)

Proporsi CLA dalam lemak *intramuscular Heifer* yang diberi pakan dasar silase, meningkat secara linier jika sumber lemak dalam konsentrat secara bertahap berubah dari *lard* (minyak babi) ke minyak bunga matahari yang kaya linoleat (Noci *et al.*, 2005). Suatu penelitian menunjukkan bahwa komposisi jaringan *bovine* dapat dipengaruhi oleh pakan. Pada ruminansia pengaruh tersebut terhadap komposisi lemak jaringan adalah sulit, sebab asam lemak tidak jenuh dihidrogenasi secara ekstensif oleh mikroorganisme rumen. Telah dibuktikan bahwa inkorporasi asam lemak tidak jenuh rantai panjang pada jaringan berasal dari asam lemak yang lolos dari biohidrogenasi oleh mikroorganisme rumen (LaBrune *et al.*, 2008).

Biohidrogenasi oleh bakteri rumen dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain imbalan hijauan konsentrat (Song dan Choi, 1998). Telah dibuktikan bahwa *pasture-based diet* menghasilkan asam lemak tak jenuh berantai panjang, termasuk CLA yang lebih banyak dibandingkan dengan pakan komplit (Schroeder *et al.*, 2004). Rumput kaya akan C18:3 dan konversi *trans*-11 C18:1 menjadi C18:0 merupakan tahapan dengan kecepatan yang terbatas dalam biohidrogenasi, maka sejumlah substansi *trans* 11 C18:1 diabsorpsi *postruminally* pada hewan yang diberi pakan rumput. *Trans*-11 C18:1 dapat didesaturasi menjadi CLA oleh enzim jaringan yang berbeda, sebagai contoh adalah Δ^9 -*desaturase* dalam kelenjar *mammary*. Hal tersebut yang menyebabkan tingginya level CLA yang terdapat dalam air susu sapi yang diberi pakan *pasture-based diet* (Chilliard *et al.*, 2001). Berbeda dengan rumput, pakan konsentrat yang tinggi menyebabkan rendahnya CLA. Berdasarkan penelitian Silva *et al* (2002) diperoleh hasil bahwa kandungan CLA dalam jaringan intramuskular domba yang hidup dalam *pasture* lebih tinggi daripada domba yang diberi pakan konsentrat. Salah satu faktor yang memengaruhi adalah pH di dalam rumen, karena pH akan menurun dengan meningkatnya konsentrat. Gugus karboksil bebas yang dibutuhkan untuk produksi CLA akan lebih banyak terjadi pada pH yang tinggi (Wang *et al.*, 2003).

Penelitian terhadap sapi perah FH, untuk mengetahui pengaruh pemberian *cassava hay* dan minyak biji bunga matahari terhadap kandungan CLA air susu, telah dilakukan oleh Chantaprasarn dan Wanapat (2004). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *casava hay* mampu meningkatkan kandungan CLA (*cis*9-*trans*11 C18:2) dibandingkan dengan pakan kontrol yang hanya diberi konsentrat komersial (2,1 mg/g lemak vs 2,4 mg/g lemak).

Meningkatkan kandungan CLA dalam air susu ruminansia dapat dilaksanakan melalui berbagai cara, antara lain, merumput di pastura (Kay *et al.*, 2004); suplementasi pakan komplit yang terdiri atas 50% hijauan dan 50% konsentrat dengan minyak tanaman (Madron *et al.*, 2002); suplementasi pakan komplit dengan minyak ikan (AbuGhazaleh *et al.*, 2003). Hasil penelitian Khanal *et al.* (2004) pada sapi Holstein yang diberi pakan pastura seluruhnya, kandungan CLA nya 2,5% dari lemak. Pastura lebih baik dalam menghasilkan CLA dalam air susu sapi dibandingkan dengan pakan komplit. Hasil-hasil penelitian yang telah diuraikan menggambarkan bahwa peningkatan kadar CLA dalam produk ruminansia dapat dicapai dengan suplai C18:2 yang terdapat dalam minyak nabati.

Asam lemak *trans* spesifik maupun CLA dibentuk sebagai hasil bihidrogenasi tak lengkap asam linoleat dan asam α -linolenat oleh mikroorganismen rumen (Randunz *et al.*, 2009). Hasil yang bertentangan telah dilaporkan terhadap perubahan kandungan asam lemak daging melalui penambahan sumber lipid yang mempunyai kandungan asam lemak tak jenuh jamak tinggi pada pakan ruminansia. Beberapa peneliti menyatakan bahwa suplementasi CLA, asam linoleat atau asam α -linolenat pada pakan tinggi konsentrat yang diberikan pada domba dapat meningkatkan kandungan CLA dan asam lemak tak jenuh jamak dalam otot (Bolte *et al.*, 2002; Knott *et al.*, 2003; Boles *et al.*, 2005), sedangkan suplementasi asam linoleat dalam pakan *finishing* sapi potong tidak berpengaruh terhadap kandungan CLA dalam adiposa atau jaringan otot (Beaulieu *et al.*, 2002; Dhiman *et al.*, 2005b). Selain itu, durasi yang lebih lama (32 vs 64 hari) pemberian minyak jagung dalam pakan tinggi konsentrat tidak mengakibatkan perbedaan kandungan CLA intramuskular (Gillis *et al.*, 2004b). Tidak ada informasi yang tersedia mengenai dampak durasi suplementasi minyak dan *diet* yang diberikan sebelum pakan *finishing* tinggi konsentrat terhadap komposisi asam lemak jaringan otot dan adiposa ruminansia.

Randunz *et al.* (2009) melakukan penelitian pemberian minyak terhadap domba dengan perlakuan (1) pakan kontrol sebelum dan sesudah disapih, (2) pakan kontrol sebelum disapih dan suplementasi minyak setelah disapih, (3) suplementasi minyak sebelum disapih dan pakan kontrol setelah disapih, dan (4) suplementasi minyak sebelum dan sesudah disapih. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa proporsi isomer *trans*-10 dan *trans*-12 18:1 lebih besar ($P < 0,02$) dalam jaringan otot dengan suplementasi minyak *postweaning*, sedangkan konsentrasi 18:1 *trans*-10 dalam otot meningkat ($P < 0,04$) dengan penambahan minyak sebelum disapih. Sebaliknya, konsentrasi 18:1 *trans*-10 pada adipose subcutan meningkat ($P < 0,02$) ketika minyak diberikan setelah disapih, tetapi tidak meningkat ketika minyak diberikan sebelum penyapihan.

Sesuai dengan hasil penelitian Randunz *et al.* (2009), Bolte *et al.* (2002) bahwa tidak ada pengaruh *safflower oil* tinggi oleat atau tinggi linoleat terhadap konsentrasi *vaccenic acid* dalam jaringan otot dan adipose. *Vaccenic acid* merupakan prekursor yang penting dalam sintesis CLA dalam jaringan (Bauman *et al.*, 2000). Sebaliknya, proporsi *trans*-10 dan *trans*-12 18:1 lebih besar ($P < 0,02$) dalam jaringan otot dengan suplementasi minyak sebelum disapih, sedangkan konsentrasi 18:1 *trans*-10 dalam otot meningkat ($P < 0,04$) dengan suplementasi minyak sebelum disapih. Kandungan isomer *cis*-9, *trans*-11 CLA dan total CLA dalam otot ataupun subcutan tidak berbeda di antara perlakuan ($P > 0,29$)

Hasil penelitian pada sapi potong *finishing* dilaporkan bahwa kandungan *cis*-9, *trans*-11 CLA dalam otot tidak berubah dengan pemberian minyak kedelai 2,5 sampai 7,5% (Engle *et al.*, 2000; Beaulieu *et al.*, 2002). Beberapa bukti menunjukkan bahwa durasi suplementasi minyak tak jenuh yang lebih lama (Bessa *et al.*, 2008) pada pakan basal yang terdiri atas hijauan yang lebih tinggi daripada konsentrat (Bessa *et al.*, 2005) atau pada umur *finishing* yang lebih tua (Rule *et al.*, 1997) dapat menghasilkan peningkatan kandungan CLA pada otot yang lebih banyak jika ruminansia diberi suplementasi minyak yang kaya asam lemak tak jenuh jamak.

Pembentukan senyawa intermedier biohidrogenasi, *trans-11 vaccenic acid* dan CLA bergantung pada jumlah asam linoleat dalam pakan (Bauman *et al.*, 1999). Suplementasi minyak tanaman dengan peningkatan konsentrasi asam linoleat untuk mempertinggi kandungan *trans-11 vaccenic acid* dan CLA dalam jaringan juga meningkatkan kandungan asam linoleat dalam jaringan lemak (Andrae *et al.*, 2001; Madron *et al.*, 2002; Gillis *et al.*, 2004b). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa biohidrogenasi di dalam rumen meningkat dengan meningkatnya asam lemak tak jenuh dalam pakan (Duckett *et al.*, 2002). Infusi minyak ikan terhadap sapi laktasi telah menunjukkan dapat meningkatkan CLA, *trans-11 vaccenic acid*, dan asam lemak n-3 dalam lemak susu (Abu-Ghazaleh *et al.*, 2002; Jones *et al.*, 2000). Donovan *et al.* (2000) memeriksa kuantitas minyak ikan dalam pakan dan mengamati bahwa lebih besar dari 1% mengurangi produksi susu tetapi CLA dan *trans-11 vaccenic acid* maksimal dengan 2% minyak ikan.

Suhartati dan Subagyo (2010) melaporkan bahwa kandungan CLA susu sapi perah yang diberi pakan mengandung bekatul dan onggok fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* ditambah 3% minyak kedelai, kemudian sapi diperah empat jam setelah diberi pakan rumput (0,62%) meningkat 130 % jika dibandingkan dengan pakan tradisional dan sapi diperah 2 jam setelah diberi pakan rumput (0,27%). Jika dibandingkan dengan pakan tradisional dan sapi diperah sebelum diberi rumput (0,24%), kandungan CLA nya meningkat 158%. Hal tersebut terjadi karena dengan adanya tambahan 3% minyak kedelai berarti pasokan asam lemak linoleat yang merupakan prekursor pembentukan asam stearat dalam proses biohidrogenasi, akan menghasilkan senyawa intermedier, yaitu CLA lebih banyak. Hasil analisis di Laboratorium Kimia Terpadu IPB Bogor tahun 2008, minyak kedelai mengandung asam lemak linoleat yang tinggi, yaitu 48,16%. Salah satu cara untuk memperkaya produksi CLA pada produk ruminansia dapat dicapai dengan meningkatkan suplai C18:2 dalam retikulo-rumen sebagai sumber asam linoleat (Bessa *et al.*, 2000).

Peningkatan konsentrasi CLA lemak susu juga diamati dengan penambahan minyak ikan atau tepung ikan. Selain itu, minyak ikan tampaknya menghasilkan peningkatan CLA lemak susu yang lebih besar daripada minyak tanaman dalam jumlah yang sama (Chouinard *et al.*, 1998). Meskipun demikian, biohidrogenasi asam lemak jenuh rantai panjang pada minyak ikan belum diketahui (Harfoot and Hazelwood, 1988), baik menjadi CLA intermedier maupun asam *trans*-11 *octadecenoic*. Hal tersebut mungkin bahwa efek penghambat minyak ikan terhadap biohidrogenasi ruminal asam *trans*-*octadecadienoic* mirip dengan efek penghambatan asam lemak linoleat level tinggi yang telah disebutkan sebelumnya. Konsisten dengan ini, Chilliard *et al.* (1999) menunjukkan bahwa pakan minyak ikan menghasilkan peningkatan produksi asam *trans*-11 *octadecenoic ruminal*. Dampak penghambatan dapat melibatkan hambatan pertumbuhan atau hambatan spesifik dari *reductase* bakteri yang mengurangi asam *trans*-11 *octadecenoic*.

Biasanya, lemak diberikan untuk meningkatkan densitas energi makanan (NRC, 2001), namun suplementasi lemak memiliki manfaat potensial lainnya, misalnya meningkatkan kandungan asam lemak tak jenuh lemak susu (Osborne *et al.*, 2008). Secara konvensional, penggunaan minyak ikan pada *total mixed ration* (TMR) menghasilkan biohidrogenasi asam lemak minyak tersebut dalam rumen menjadi ekstensif (Bauman dan Griinari, 2003). Osborne *et al.* (2008) melakukan penelitian pada sapi perah Holstein. Sebagai perlakuan adalah pemberian 10 g/kg DM minyak ikan menhaden pada TMR (FOT) dan 2 g minyak ikan menhaden dalam setiap satu liter air minum (FOW) yang diberikan selama lima minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan asam lemak tak jenuh rantai pendek 7:0, 8:0, 9:0, 10:0, dan 12:0 dalam lemak susu sapi perah yang diberi perlakuan FOT lebih rendah ($P < 0,05$) daripada lemak susu sapi yang diberi perlakuan FOW. Asam lemak rantai pendek merupakan produk sintesis *de novo* dalam kelenjar *mammary* menggunakan asam asetat prekursor. Kandungan C18:1 *trans*-12; C_{18:1} *trans*-13 and 14; C18:1 *trans*-16; and *trans*-9, *trans*-11 dan *trans*-10, *trans*-12 CLA lebih besar pada FOT daripada FOW.

Sapi jantan yang merumput di *pasture* atau meningkatkan jumlah hijauan (rumput atau *hay legume*) dalam pakan menunjukkan peningkatan kandungan CLA dalam lemak sapi. Juga suplementasi minyak (misalnya minyak kedelai, atau minyak biji bunga matahari) dalam pakan tinggi biji-bijian, meningkatkan kandungan CLA daging sapi potong (Madron *et al.*, 2002). Hal tersebut terjadi karena hewan yang merumput di *pasture*, pada dasarnya meningkatkan proporsi CLA dari total asam lemak, tetapi kandungan lemak dalam produk menurun. Bangsa sapi yang mendeposisi lemak dalam jumlah yang tinggi dalam otot akan menyediakan CLA dalam jumlah yang tinggi (Mir *et al.*, 2004). Di bawah kondisi pemasakan yang normal dan penyimpanan CLA dalam daging tetap stabil (Dhiman *et al.*, 2005a).

6.2. pH Rumen

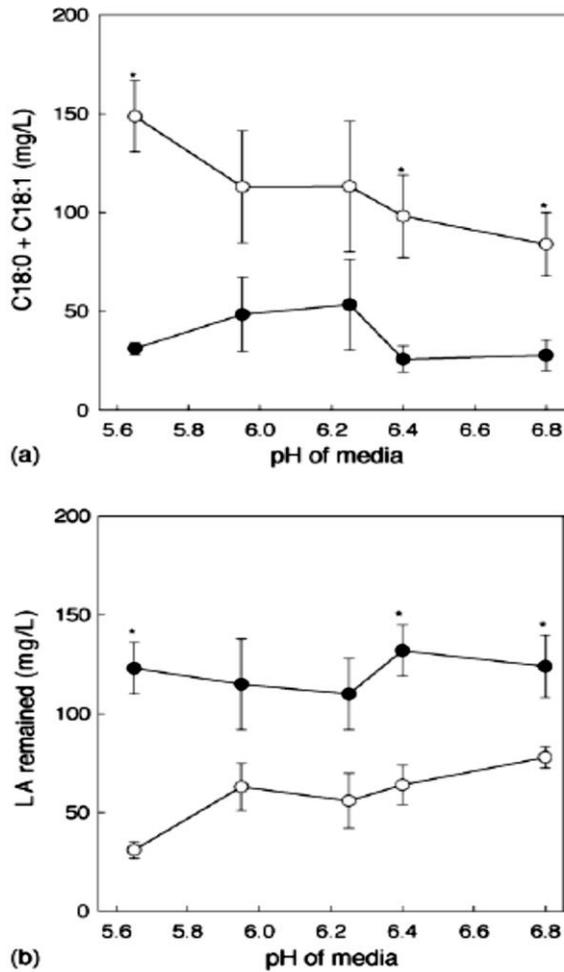
Kisaran pH normal di dalam rumen antara 5,5 dan 7 (Doherty, 2003). Pertumbuhan fungi dipengaruhi oleh pH; perkembangan maksimum fungi flagelata terjadi pada pH 6,5. Pertumbuhan fungi dan produksi zoospore berkurang jika pH di bawah 6,5. Telah terbukti bahwa pH rumen memengaruhi kecepatan dan tingkat biohidrogenasi oleh bakteri rumen (Martin and Jenkins, 2002). Demikian pula Bessa *et al.* (2000) menyatakan bahwa isomerisasi dan biohidrogenasi sangat dipengaruhi oleh pH rumen. Penurunan pH rumen sering mengakibatkan pergeseran populasi bakteri dan akibatnya perubahan dalam pola produk akhir fermentasi (Van Soest, 1994). Leat *et al.* (1977) memberikan bukti yang menunjukkan bahwa perubahan populasi bakteri rumen berhubungan dengan modifikasi jalur biohidrogenasi konsisten dengan perubahan profil asam *trans-octadecenoic* yang ditemukan pada digesta rumen dan lipid jaringan. Wang dan Song (2001) mengobservasi bahwa rendahnya pH sebagai akibat tingginya penambahan taraf karbohidrat akan menurunkan pelepasan C18:2 bebas dari minyak biji-bijian secara *in vitro*. Gugus karboksil bebas yang dibutuhkan untuk produksi CLA akan lebih banyak terjadi pada pH yang tinggi (Wang *et al.*, 2003). Biohidrogenasi oleh bakteri rumen dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya

imbangan hijauan konsentrat (Song dan Choi, 1998). Telah dibuktikan bahwa *pasture-based diet* menghasilkan asam lemak tak jenuh berantai panjang, termasuk CLA yang lebih banyak dibandingkan dengan pakan komplet (Schroeder *et al.*, 2004).

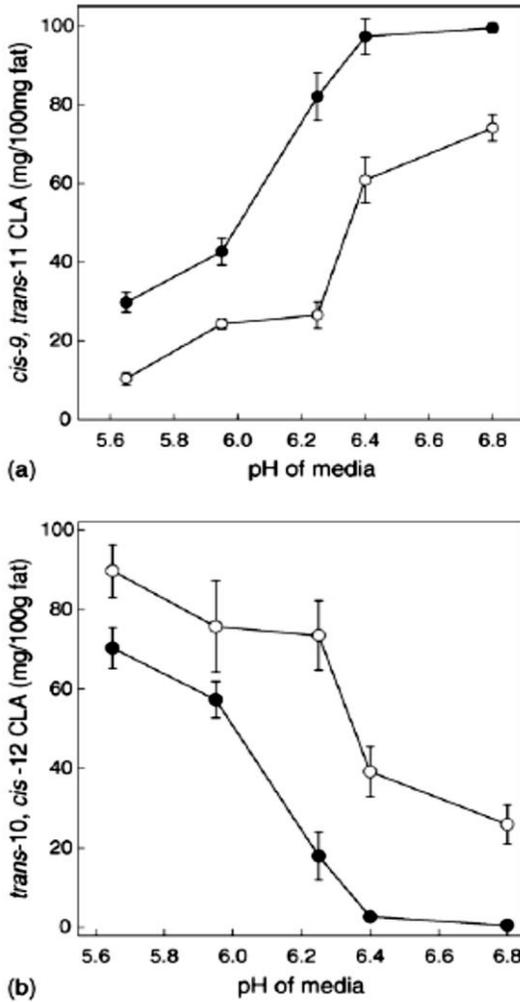
Perubahan populasi bakteri rumen sering menghasilkan penurunan pH, ditunjukkan oleh peningkatan produksi propionat (Van Soest, 1994). Terkait dengan perubahan tersebut, diet konsentrat yang tinggi, rendah serat meningkatkan kandungan asam *trans-octadecenoic* rumen dan lemak susu (Kalscheur *et al.*, 1997; Griinari *et al.*, 1998). Konsisten dengan hipotesis ini, penambahan *buffer* terhadap diet rendah serat meningkatkan pH rumen dan menurunkan produksi asam *trans octadecenoic* (Kalscheur *et al.*, 1997). Namun, sulit membedakan antara efek jumlah lipid substrat dan pH rumen terhadap biohidrogenasi. Misalnya penurunan rasio hijauan:konsentrat dari 50:50 menjadi 20:80 menghasilkan, baik peningkatan (Chouinard *et al.*,1998) maupun penurunan (Griinari *et al.*, 1998) konsentasi CLA dalam lemak susu. Untuk menggambarkan hal tersebut, Griinari *et al* (1998) memberikan pakan yang menyebabkan penurunan pH rumen dengan tetap mempertahankan kadar lemak pakan konstan. Hasil menunjukkan bahwa produksi total asam *trans* berubah, tetapi profil asam lemak *trans* diubah sedemikian rupa sehingga *trans-10 C18:1* menjadi isomer utama *trans-C18:1*. Pergeseran profil *trans-C18:1* juga diamati ketika diberi pakan rendah serat, tinggi minyak;penurunan kandungan CLA lemak susu dikaitkan dengan penurunan proporsi *trans-11 C18:1* dan peningkatan persentase *trans-10 C18:1* (Griinari *et al.*, 1999).

Bakteri rumen sapi yang diberi pakan tinggi hijauan memproduksi sebagian besar *cis-9, trans-11 CLA* pada pH lebih besar dari 6,2, tetapi sapi yang diberi pakan tinggi konsentrat memproduksi *trans-10, cis-12 CLA* lebih banyak ($P<0,05$) daripada *cis-9, trans-11 CLA* pada pH yang lebih rendah. Berdasarkan percobaan *in vitro* menggunakan biakan bakteri, produksi *cis-9, trans-11 CLA* berkorelasi positif, sedangkan *trans-10,cis-12 CLA* berkorelasi negatif terhadap pH pada biakan bakteri yang berasal dari sapi yang diberi kedua pakan tersebut ($r^2 = 0,88$). Percobaan

pada berbagai pH dihasilkan bahwa produk hidrogenasi (C18:0 and *trans*-C18:1) pada pH 5,65, 6,4, dan 6,8; enam jam setelah inkubasi lebih tinggi pada biakan bakteri yang berasal dari sapi yang diberi pakan tinggi konsentrat ($P < 0,05$) (Gambar 17). Sisa asam linoleat (LA) merefleksikan jumlah produk biohidrogenasi yang terbentuk pada setiap pH. Secara keseluruhan, biohidrogenasi lebih aktif pada bakteri rumen yang berasal dari sapi yang diberi pakan tinggi konsentrat (75-170 mg/l) dibandingkan dengan sapi yang diberi pakan tinggi hijauan (30-75mg/l). Untuk kedua pakan tersebut, level *trans*-10, *cis*-12 CLA lebih tinggi daripada *cis*-9, *trans*-11 CLA pada pH lebih rendah dari 6,0, sedangkan *trans*-10, *cis*-12 CLA sedikit terdeteksi pada pH tinggi. Sebaliknya, proporsi isomer *cis*-9, *trans*-11 meningkat sejalan dengan meningkatnya pH, dan lebih dari 90% isomer *cis*-9, *trans*-11 terdeteksi pada pH yang lebih tinggi dari 6,3 (Gambar 18). Produksi *trans*-10, *cis*-12 CLA berkorelasi terbalik dengan pH ($r^2 = 0,88$) dan sedikit *trans*-10, *cis*-12 CLA terdeteksi pada pH 6,8 pada biakan yang berasal dari sapi yang diberi kedua pakan, yaitu konsentrat tinggi dan hijauan tinggi (Choi *et al.*, 2007).



Gambar 17. Pengaruh pH terhadap (a) Produk Biohidrogenasi dan (b) Sisa Asam Linoleat (LA) pada Inkubasi Bakteri Rumen yang Berasal dari Sapi yang Diberi Pakan Tinggi Hijauan (Lingkaran Tertutup) atau Tinggi Konsentrat (Lingkaran Terbuka) (Sumber: Choi *et al.*, 2005)



Gambar 18. Pengaruh pH terhadap Distribusi Isomer CLA (a) *cis-9, trans-11* dan (b) *trans-10, cis-12* pada Inkubasi Bakteri Rumen yang Berasal dari Sapi yang Diberi Pakan Tinggi Hijauan (Lingkaran Tertutup) atau Tinggi Konsentrat (Lingkaran Terbuka) (Sumber: Choi *et al.*, 2005)

Martin dan Jenkins (2002) juga mempelajari pengaruh pH terhadap biohidrogenasi asam linoleat dan linolenat dan produksi senyawa intermediate oleh bakteri rumen. Hasilnya adalah bahwa pada pH tinggi (6,7) pada media diproduksi senyawa intermediate lebih banyak daripada pH rendah (5.5). Troegeler-Meynadier *et al.* (2003) melaporkan bahwa pada pH yang tinggi (lebih dari 6,5) dan jumlah asam lemak rendah (kurang dari 1 mg asam lemak per liter isi rumen), bakteri rumen akan memproduksi senyawa intermediate seperti CLA dan *vaccenic acid* pada konsentrasi yang tinggi. Selanjutnya Troegeler-Meynadier *et al.* (2006) mendapatkan bahwa pH yang rendah mengurangi efisiensi biohidrogenasi terutama melalui hambatan isomerasi yang merupakan langkah awal dalam jalur biohidrogenasi.

Penutup

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kandungan asam lemak linoleat terkonjugasi baik pada susu maupun daging ruminansia, namun diantara faktor-faktor tersebut pakan merupakan faktor yang terpenting. Oleh karena itu diperlukan rekayasa pakan dalam upaya meningkatkan kandungan asam lemak linoleat terkonjugasi susu dan daging hewan ruminansia.

BAB 7.

ASAM LEMAK LINOLEAT TERKONJUGASI DALAM DAGING, PRODUK DAGING, SUSU, DAN MANUSIA

Isomer CLA yang utama dalam produk ruminansia seperti susu, daging dan mentega adalah *cis*-9, *trans*-11 CLA, terutama diproduksi oleh Δ^9 desaturasi dari *vaccenic acid* dalam jaringan ruminansia dan glandula *mammary* (Bauman and Griinari, 2003). Secara alami CLA terutama berasal dari isomerisasi bakteri dan/atau biohidrogenasi dari *polyunsaturated fatty acids* (PUFA) dalam rumen dan desaturasi asam lemak *trans* dalam jaringan adiposa dan kelenjar susu (Griinari & Bauman, 1999). Isomerisasi/biohidrogenasi PUFA dalam metabolisme lemak oleh mikroorganisme rumen memberi CLA secara langsung atau melalui senyawa intermedier sebagai prekursor CLA dalam menghasilkan produk akhir asam stearat. Misalnya, jalur utama dari asam linoleat menghasilkan *c9*, *t11-18: 2* oleh isomerisasi dan *t11-18: 1* (*trans-vaccenic acid*) oleh hidrogenasi lanjut sebagai senyawa perantara. Pada umumnya, mikroorganisme tidak melaksanakan metabolisme PUFA secara penuh dari awal untuk menghasilkan asam stearat, tetapi hanya sebagian dari proses tersebut. Beberapa bakteri, antara lain *Butyrivibrio fibrisolvens*, memiliki kapasitas untuk isomerisasi ikatan rangkap *cis* PUFA menjadi bentuk *c/t* ikatan rangkap terkonjugasi dan menghidrogenasi asam lemak terkonjugasi tersebut karena aktivitas enzim linoleat isomerase dan CLA reduktase (Schmid *et al.*, 2006). Produk akhir dari proses ini adalah *trans-vaccenic acid* (*t11-18: 1*) yang dihidrogenasi menjadi asam stearat (18:00) oleh bakteri

rumen lainnya (Harfoot & Hazelwood, 1988). Untuk PUFA lainnya seperti asam linoleat α atau γ , urutan utama juga mengarah ke *trans-vaccenic* dan kemudian stearat tetapi dengan intermediet selain CLA (Griinari & Bauman, 1999).

Meskipun terdapat hubungan yang kuat antara fungsi rumen dan kandungan CLA dalam air susu dan jaringan lemak (Griinari & Bauman, 1999) berbagai macam data menunjukkan bahwa hanya relatif kecil CLA yang langsung diserap dari rumen dan usus kecil (Schmid *et al.*, 2006). Dengan demikian, harus ada sumber alternatif untuk CLA susu dan jaringan lemak. Telah ditemukan bahwa secara endogenous Δ^9 -desaturase mendesaturasi *transvaccenic acid* menjadi *c9,t11-18:2* (Bauman *et al.*, 1999; Corl *et al.*, 2001; Griinari *et al.*, 2000). Corl *et al.* (2001) dan Griinari dan Bauman (1999) memperkirakan bahwa sintesis endogen adalah sumber utama *c9, t11-18: 2* dalam lemak susu, mewakili 78% dan 64% dari total, secara berturut-turut. Oleh karena itu, Knight *et al.* (2003) menyimpulkan bahwa desaturasi *vaccenic acid* adalah sumber utama CLA dalam lemak otot berdasarkan pada korelasi yang tinggi antara CLA dan *trans-vaccenic acid*. Isomer CLA lainnya berasal dari isomer *trans-18:1* oleh aktivitas Δ^9 -desaturase (Griinari & Bauman, 1999). Meskipun sintesis endogenous ditemukan, baik dalam ruminansia maupun nonruminansia (Santora *et al.*, 2000; Turpeinen *et al.*, 2002) ketersediaan *trans-vaccenic acid* lebih tinggi pada ruminansia karena adanya biohidrogenasi rumen (Bessa *et al.*, 2000). Sintesis endogenous dari *trans-vaccenic acid* juga terjadi pada manusia, tetapi manusia masih membutuhkan asupan dari luar. Sumber utama CLA bagi manusia adalah daging dan produk daging serta susu dan produk susu (Adlof *et al.*, 2000; Kraft & Jahreis, 2001; Turpeinen *et al.*, 2002).

7.1. Konsentrasi Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi (CLA) dalam Daging

Daging ruminansia memiliki taraf yang lebih tinggi dibandingkan CLA daging non-ruminansia. Konsentrasi CLA tertinggi ditemukan pada domba (4,3-19,0 mg / g lemak) dan sedikit lebih rendah konsentrasi dalam daging sapi (1,2-10,0 mg / g lemak). CLA daging babi, daging ayam, dan daging kuda biasanya lebih rendah dari 1 mg / g lemak. Menariknya, kalkun tampaknya memiliki kandungan CLA relatif tinggi (2-2,5 mg / g lemak) (Tabel 10), tetapi alasan untuk hal tersebut tidak jelas (Fritsche & Steinhardt, 1998). Beberapa data CLA pada daging hewan yang tidak biasa dalam diet manusia seperti daging rusa (1,3-2,1 mg CLA per gram metil ester asam lemak, yang disingkat FAME), bison (2,9-4,8 mg / g FAME), kerbau air (1,83 mg / g asam lemak), dan sapi zebu (1,47 mg / g asam lemak) juga tersedia (de Mendoza *et al*, 2005; Rule *et al.*, 2002). Konsentrasi CLA yang tertinggi dari semua hewan ditemukan dalam jaringan adiposa kanguru (38 mg / g asam lemak) (Engelke *et al.* 2004). Variasi yang besar kandungan CLA tidak hanya antara spesies hewan tetapi juga di antara otot-otot dari spesies yang sama. Ma *et al.*, (1999) menjelaskan kandungan CLA daging sapi yang diperoleh agak rendah (1,2-3,0 mg/g lemak) dengan berbagai faktor yang memengaruhinya, seperti variasi musim, genetik hewan, dan produksi. Konsentrasi CLA dalam daging sapi dari berbagai negara bervariasi sebesar 70% (3,6-6,2 mg / g lipid) dengan daging sapi dari Argentina dan Brasil menampilkan tertinggi dan daging sapi dari AS menampilkan tingkat terendah. Temuan tersebut menggambarkan adanya perbedaan pakan antarnegara.

Tabel 10. Kandungan Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi dalam Berbagai Macam Daging

Reference	Lamb	Beef	Veal	Pork	Chiken	Turkey Horse
(mg/g fat)						
Chin <i>et al.</i> (1992)	5.6	2.9-4.3 ^b	27	0.6	0.9	2.5
Shantha <i>et al.</i> (1994)		5.8-6.8 ^b				
Dufey (1999)	11.0 ^c	3.6-6.2 ^{a,c}		0.7 ^c		0.6c
Ma <i>et al.</i> (1999)		1.2-3.0 ^{b,c}				
Raes <i>et al.</i> (2003)		4.0-10.0 ^{a,c}				
Badiani <i>et al.</i> (2004)	4.32					
(mg/g FAME)						
Fritsche and Steinhardt (1998)	12.0 ^c	6.5 ^c		1.2/1.5 ^{b,c}	1.5 ^c	2.0 ^c
Rule <i>et al.</i> (2002)		2.7-5.6 ^{a,b,d}			0.7 ^d	
Wachira <i>et al.</i> (2002)	8.8-10.8 ^c					
Knight <i>et al.</i> (2004)	19.0 ^c					

FAME = fatty acid methyl ester.

^a Meat from different production systems/countries.

^b Different pieces of carcass (and eventually different animals).

^c Only *c9,t11-18:2* measured.

^d Only *c9,t11-18:2* and *t10,c12-18:2* measured.

Sumber : Schmid *et al.* (2006)

Terdapat perbedaan kandungan CLA antara jaringan hewan yang berbeda, antara hewan dari keturunan yang berbeda, atau antara individu hewan dari bangsa yang sama. Oleh karena terdapat variasi yang besar antara satu hewan dengan hewan lainnya, maka Shantha *et al.* (1994) dan Raes *et al.* (2003) tidak dapat menunjukkan perbedaan yang signifikan kandungan CLA antara bangsa atau otot sapi. Membandingkan sapi potong dua *crossbreds* (dengan dan tanpa genetik Wagyu) diberi pakan *finishing* berbasis *barley*, Mir *et al.* (2000) menemukan mirip CLA pada otot *pars costalis diaphragmatic* (1,7 vs 1,8 mg / g lemak). Oleh karena *crossbreds* dengan genetik Wagyu memiliki kadar lemak total yang lebih tinggi dalam otot, maka kandungan CLA per bahan kering lebih tinggi. Sebaliknya, kandungan CLA total (mg / g bahan kering) tidak berbeda secara signifikan antara *East Friesian* dan domba Romney meskipun domba Romney memiliki kandungan lemak intramuskular yang lebih tinggi (Knight *et al.*, 2004).

Terdapat perbedaan spesies dalam distribusi Δ^9 -desaturase. Pada rodensia, konsentrasi mRNA dan aktivitas enzim terbesar dalam lever (Tocher *et al.* 1998). Sebaliknya, domba dan sapi yang sedang tumbuh secara substansial lebih besar Δ^9 -desaturase dalam jaringan adiposa, seperti ditunjukkan oleh kelimpahan mRNA dan aktivitas enzim (Page *et al.* 1997). Dengan demikian, jaringan adiposa tampaknya menjadi tempat utama dari sintesis endogen *cis-9*, *trans-11* CLA dalam ruminansia yang sedang tumbuh. Terdapat perbedaan spesies dalam distribusi Δ^9 -desaturase. Wachira *et al.* (2002) membandingkan efek sumber lemak yang berbeda dan bangsa terhadap kandungan CLA otot longissimus dorsi domba dan diperoleh hasil bahwa konsentrasi CLA pada jaringan domba Suffolk nyata lebih tinggi daripada domba Friesland

7.2. Konsetrasi Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi (CLA) dalam Produk Daging

Tabel 11. Kandungan Asam lemak Linoleat Terkonjugasi Produk Daging

Produk Daging	N	Kandungan CLA
Salami	2	4,2
Knackwurst	2	3,7
Black pudding	2	3,0
Mortadella	2	2,9
Wiener	4	1,5/3,6
Liver sausage	2	3,3
Cooked ham	2	2,7
Beef frank	2	3,3
Turkey frank	2	1,6
Beef smoked sausage	2	3,8
Smoked bacon ^a	7	0,8-2,6
Smoked bratwurst	3	2,4
Smoked German sausage for spreading	2	4,4
Smoked ham	2	2,9
Smoked turkey	2	2,4
Minced meat	2	3,5
Corned beef	2	6,6
Potted meat	2	3,0

^a berbeda jenis.

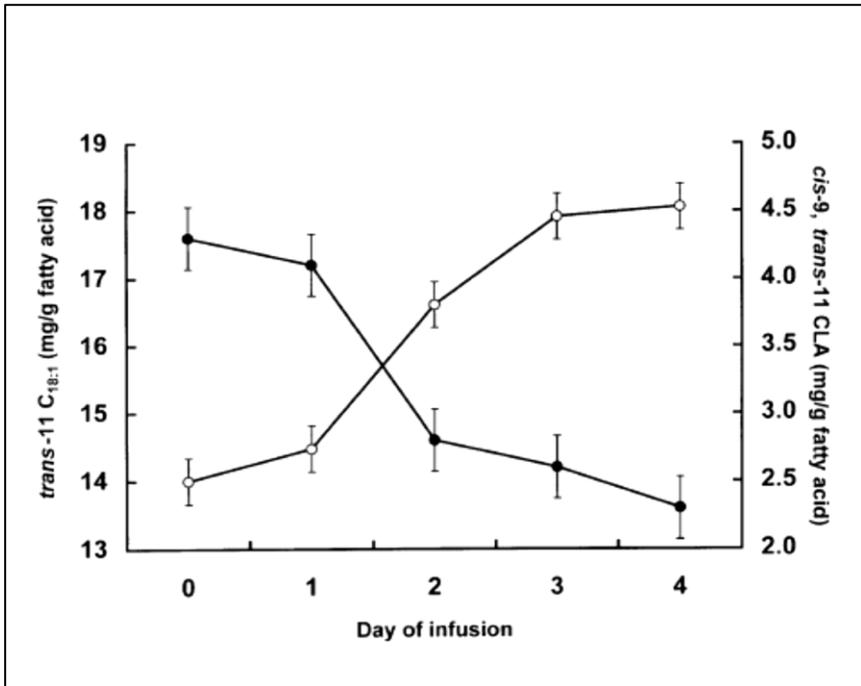
Sumber : Schmid *et al.* (2006).

Sedikit data yang tersedia mengenai CLA yang terdapat dalam produk daging. Tabel 11 menyajikan kandungan CLA dari beberapa produk daging. Kandungan CLA produk daging per gram lemak dibandingkan dengan bahan bakunya secara umum tidak dipengaruhi oleh metode pengolahan (Chin *et al.*, 1992; Fritsche and Steinhardt, 1998). Hal tersebut menjelaskan mengapa produk daging mempunyai CLA dengan variasi yang sama dengan daging mentah.

7.3. Konsetrasi Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi (CLA) dalam Air Susu

Sebuah hubungan yang linier kuat antara asam *trans-octadecenoic* lemak susu dan asam lemak *dienoic* terkonjugasi, pertama kali diobservasi dalam sampel mentega Kanada berdasarkan pada diferensial *spectroscopy* infra merah. Penelitian selanjutnya menunjukkan bahwa senyawa tersebut adalah isomer *trans*-11 C_{18:1} yang berhubungan linier dengan konsentrasi *cis*-9, *trans*-11 CLA dalam lemak susu (Jiang *et al.*, 1996; Griinari dan Bauman, 1999). Hubungan yang erat antara *trans*-11 C_{18:1} dan *cis*-9, *trans*-11 CLA dalam lemak susu juga konsisten dengan hubungan produk prekursor. Berdasarkan hal tersebut dan kinetika biohidrogenasi rumen akan mengakibatkan *trans*-11C_{18:1} tersedia untuk diabsorpsi. Diduga bahwa porsi CLA di dalam lemak rumen berasal dari endogenous asli (Griinari *et al.*, 1997). Endogenous *cis*-9, *trans*-11 CLA berasal dari desaturasi *trans*-11 C_{18:1} oleh Δ^9 -desaturase. Dalam suatu percobaan yang telah dilakukan, mensuplai substrat *trans*-11 C_{18:1} (12.5 g/d) melalui infuse abomasal untuk reaksi tersebut (Corl *et al.*, 1998). Pada akhir periode infuse tiga hari, kandungan CLA air susu meningkat 40%. Hal tersebut menunjukkan bahwa sapi laktasi mempunyai kemampuan untuk mensintesis CLA secara endogenous. Mengukur kepentingan relatif dari desaturasi dalam produksi CLA, Corl *et al.* (1999) menginfuse secara abomasal asam *sterculic*. Hasil menunjukkan bahwa asam *sterculic* menyebabkan pengurangan kandungan *cis*-9, *trans*-11 CLA (Gambar 19).

Kelenjar susu adalah tempat yang jelas untuk sintesis endogen *cis*-9, *trans*-11 CLA pada ruminansia menyusui, berdasarkan aktivitas Δ^9 -desaturase. Hasil percobaan *in vivo* juga konsisten dengan glandula *mammary* sapi laktasi dalam sintesis endogenous *cis*-9, *trans*-11 CLA selama laktasi, yaitu bahwa infus intravena asam sterculic mengakibatkan penurunan rasio asam oleat: asam stearat dalam lemak susu tetapi hanya sedikit perbedaan dalam komposisi asam lemak plasma kambing menyusui. Karena asam sterculic beredar akan menghambat Δ^9 -desaturase dalam semua organ, dapat disimpulkan bahwa kelenjar susu harus menjadi tempat utama desaturasi untuk asam lemak yang ditemukan dalam lemak susu (Bauman *et al.*, 2000)



Gambar 19. Pengaruh Infusi Abomasal Asam Sterculic Terhadap Kandungan of *cis*-9, *trans*-11 CLA (lingkaran tertutup) dan *trans*-11 C_{18:1} Lemak Susu (Lingkaran terbuka) (Sumber: Griinari *et al.*, 2000).

7.4. Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi pada Manusia

Nama umum dari asam *cis-9, trans-11-octadecadienoic* adalah *rumenic acid* (RA), yang merupakan isomer utama dari *conjugated octadecadienoic acids* (CLA) yang terdapat dalam air susu dan daging ruminansia (Kramer *et al.*, 1998).

Peran Δ^9 -desaturase dalam konversi *vaccenic acid* (VA) menjadi *rumenic acid* (RA) pada manusia pertama kali ditemukan dalam penelitian Turpeinen *et al.* (2002), yaitu bahwa peningkatan konsumsi VA berhubungan secara linier dengan peningkatan konsentrasi kedua asam lemak tersebut dalam serum. Konsentrasi VA meningkat 194, 407 dan 620% dan RA meningkat 50, 169 dan 198% diatas garis dasar jika diet disuplementasi dengan 1,5 vs 3,0 vs 4,5 g VA /hari. Konversi berkisar dari 0% pada subjek dengan *intake* VA yang rendah sampai lebih 30% pada subjek dengan *intake* VA yang tinggi. Rataan konversinya sekitar 19%.

Aktivitas Δ^9 -desaturase telah diteliti oleh Mosley *et al* (2006a) pada percobaan *in vivo*, yaitu empat orang wanita menyusui menerima 2,5 mg ^{13}C -labeled VA/kg bobot badan. ^{13}C -labeled produk sintesis endogenous terdapat dalam trigliserida, ester kolesterol, phospholipid dan lipid air susu. Berdasarkan percobaan tersebut dilaporkan bahwa hampir 10% RA dalam air susu manusia berasal dari desaturasi endogenous, meskipun terjadi variasi antara individu yang disebabkan oleh perbedaan makanan, tingkat psikologi atau potensi genetic manusia. Observasi tersebut mengonfirmasi bahwa sintesis endogenous RA terdeteksi dalam serum manusia, membran sel dan lemak susu.

Penutup

Diantara produk ruminansia, *crossbreds* dengan genetik Wagyu memiliki kandungan CLA per bahan kering lebih tinggi dibandingkan dengan daging lainnya, oleh karena itu daging sapi Wagyu dapat menjadi pilihan sumber CLA yang baik.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian pustaka yang relevan dan hasil penelitian yang telah dilakukan sejak 2006 sampai dengan 2012 dapat disimpulkan bahwa asam lemak linoleat terkonjugasi merupakan senyawa intermedier dalam proses biohidrogenasi asam lemak linoleat di dalam rumen dan mempunyai peranan yang sangat penting bagi kesehatan manusia. Kandungan CLA dalam air susu atau daging sangat bervariasi, yaitu 0,2% dari lemak susu atau kurang sampai 2% dari lemak susu atau lebih. Kandungan CLA dalam air susu lebih tinggi daripada dalam daging. Daging ruminansia mengandung CLA sekitar 0,46% dari lemak (0,12% sampai 1,20%), sedangkan CLA dalam daging nonruminansia sekitar 0,16% dari lemak (0,06-0,25%).

Produksi CLA di dalam rumen dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain tipe pakan, perbedaan *breed* dan strategi manajemen yang digunakan untuk membesarkan sapi, pH rumen, sumber minyak, tipe suplementasi minyak, dan imbalan hijauan konsentrat. Telah dibuktikan bahwa fermentasi dedak padi dan onggok menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dapat meningkatkan kandungan CLA rumen. Demikian pula halnya imbalan hijauan: konsentrat berpengaruh terhadap kandungan CLA rumen. Selain hal itu, hasil penelitian juga membuktikan bahwa jenis dan taraf minyak nabati berpengaruh terhadap kandungan CLA rumen. Penelitian pada sapi perah yang memproduksi menunjukkan bahwa formula pakan dan waktu pemerahan 4 jam setelah diberi pakan rumput meningkatkan kandungan CLA air susu sapi perah 158% dibanding pakan tradisional dan sapi diperah sebelum diberi pakan rumput.

Hasil penelitian pada tikus putih dan wanita yang berusia 40-60 tahun membuktikan bahwa susu sapi perah yang kaya CLA dapat menurunkan kolesterol total, LDL-kolesterol dan meningkatkan HDL-kolesterol.

DAFTAR PUSTAKA

- AbuGhazaleh, A. A., D. J. Schingoethe, A. R. Hippen, and L. A. Whitlock. 2002. Feeding Fish Meal and Extruded Soybeans Enhances The Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of Milk. *J. Dairy Sci.* 85:624–631.
- AbuGhazaleh, A.A., D.J. Schingoethe, A.R. Hippen, K.F. Kalscheur. 2003. Milk Conjugated Linoleic Acid Response to Fish Oil Supplementation of Diets Differing in Fatty Acid Profiles. *J. Dairy Sci.* 86: 944–953.
- AbuGhazaleh, A.A., T.C. Jenkins. 2004. Disappearance of Docosahexaenoic and Eicosapentaenoic Acids from Cultures of Mixed Ruminant Microorganisms. *J. Dairy Sci.* 87: 645–651.
- Ackman, R.G. 2008. Fatty Acids in Fish and Shellfish. In Chow, C.K., ed., *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*, pp. 155-185. CRC Press, London, UK.
- Ariantari N.P., S. C. Yowani, dan D. A. Swastini. 2010. Uji Aktivitas Penurunan Kolesterol Produk Madu Herbal yang Beredar di Pasaran pada Tikus Putih Diet Lemak Tinggi. *Jurnal Kimia* 4 (1):15-19
- An, B. K., C. W. Kang, Y. Izumi, Y. Kobayashi and K. Tanaka. 2003. Effects of Dietary Fat Sources on Occurrences of Conjugated Linoleic Acid and *Trans* Fatty Acids in Ruminant Contents. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16(2):222-256.
- Andrae, J. G., S. K. Duckett, C. W. Hunt, G. T. Pritchard, and F. N. Owens. 2001. Effects of Feeding High-Oil Corn to Beef Steers on Carcass Characteristics and Meat Quality. *J. Anim. Sci.* 79:582–588.
- Aro A, S. Mannisto, I. Salminen, M.L. Ovaskainen, V. Kataja, M. Uusitupa. 2000. Inverse Association Between Dietary Serum Conjugated Linoleic Acid and Risk of Breast Cancer in Postmenopausal Women. *Nutr Cancer.* 38:151–157.
- Banni, S. and J. C. Martin. 1998. Conjugated Linoleic Acid and Metabolites. *Trans Fatty Acids in Human Nutrition:* 261-302

- Banni S., E. Angioni, E. Murru, G. Carta, M. P. Melis, D. Bauman, Y. Dong, C. Ip. 2001. Vaccenic Acid Feeding Increases Tissue Levels of Conjugated Linoleic Acid and Suppresses Development of Premalignant Lesions in Rat Mammary Gland. *Nutr. Cancer* 41: 91-97.
- Bauman, D. E., and C. L. Davis. 1974. *Biosynthesis of Milk Fat*. Pages 31-75 in *Lactation: A Comprehensive Treatise*. B.L. Larson and V.R. Smith, eds. Academic Press, New York, New York, pp. 31-75.
- Bauman, D. E., L. H. Baumgard B. A. Corl and J. M. Griinari. 1999. Biosynthesis of Conjugated Linoleic Acid in Ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science*. 1-15.
- Bauman, D. E., and J. M. Griinari. 2003. Nutritional Regulation of Milk Fat Synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 23:203–227.
- Bauman, D. E., L. H. Baumgard, B. A. Corl, and J. M. Griinari. 2000. Biosynthesis of Conjugated Linoleic Acid in Ruminants. *J. Anim. Sci.* 77:1–15
- Bauman DE, B.A. Corl, D.G. Peterson. 2003. *The Biology of Conjugated Linoleic Acid in Ruminant*. In: Sebedio J-L, W.W. Christie, R. Adlof, eds. *Advances In Conjugated Linoleic Acid Research*, vol 2. Champaign, IL: AOCS Press:146 –173.
- Baumgard L. H, J.K. Sangster and D.E. Bauman. 2001. Milk Fat Synthesis in Dairy Cows is Progressively Reduced by Increasing Supplemental Amounts of *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J. Nutr.* 131: 1764-1769.
- Beam, T. M., T. C. Jenkins, P. J. Moate, R. A. Kohn, and D. L. Palmquist. 2000. Effects of Amount And Source of Fat on The Rates of Lipolysis and Biohydrogenation of Fatty Acids in Ruminal Contents. *J. Dairy Sci.* 83:2564–2573.
- Beaulieu, A. D., J. K. Drackley, and N. R. Merchen. 2002. Concentrations of Conjugated Linoleic Acid (*Cis*-9, *Trans*-11-Octadecadienoic Acid) are not Increased in Tissue Lipids of Cattle Fed A High-Concentrate Diet Supplemented with Soybean Oil. *J. Anim. Sci.* 80:847–861.
- Belury MA. 2002. Dietary Conjugated Linoleic Acid in Health: Physiological Effects and Mechanisms of Action. *Annu Rev Nutr.* 22:505–31.

- Bessa, R. J. B., J. Santos-Silva, J. M. R. Ribeiro and A. V. Portugal. 2000. Reticulo-rumen Biohydrogenation and The Enrichment of Ruminant Edible Products with Linoleic Acid Conjugated Isomers. *Livestock Production Science*, 63: 201–211.
- Bessa, R. J. B., M. Lourenco, P. V. Portugal, and J. Santos-Silva. 2008. Effects of Previous Diet and Duration of Soybean Oil Supplementation on Light Lambs Carcass Composition, Meat Quality, and Fatty Acid Composition. *Meat Sci.* 80:1100–1105.
- Bessa, R. J. B., P. V. Portugal, I. A. Mendes, and J. Santos-Silva. 2005. Effect of Lipid Supplementation on Growth Performance, Carcass and Meat Quality and Fatty Acid Composition of Intramuscular Lipids of Lambs, Fed Dehydrated Lucerne or Concentrate. *Livest. Prod. Sci.* 96:185–194.
- Bhattacharya, A., J. Banu, M. Rahman, J. Causey, G. Fernandes. 2006. Biological Effects of Conjugated Linoleic Acid in Health and Disease. *J. Nutr. Biochem.* 17(12) 789-810.
- Blankson, H., J.A. Stakkestad, H. Fagertun, E. Thom, J. Wadstein, and O. Gudmundsen. 2000. Conjugated Linoleic Acid Reduces Body Fat Mass in Overweight and Obese Humans. *J Nutr* 130: 2943–2948.
- Body, D. R., and T. Bauchop. 1985. Lipid Composition of an Obligately Anaerobic Fungus *Neocallimastix Frontalis* Isolated from a Bovine Rumen. *Can. J. Microbiol.* 31:463–466.
- Boles, J. A., R. W. Knott, P. G. Hatfield, J. W. Bergman, and C. R. Flynn. 2005. Supplemental Safflower Oil Affects the Fatty Acid Profile, Including Conjugated Linoleic Acid, of Lamb. *J. Anim. Sci.* 83:2175–2181
- Bolte, M. R., B. W. Hess, W. J. Means, G. E. Moss, and D. C. Rule. 2002. Feeding Lambs High-Oleate or High Linoleate Safflower Seeds Differentially Influences Carcass Fatty Acid Composition. *J. Anim. Sci.* 80:609–616.
- Bradford, B.J. and M. S. Allen. 2004. Milk Fat Responses to a Change in Diet Fermentability Vary by Production Level in Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 87:3800-3807.

- Burdge G.C., A.E. Jones and S.A. Wootton. 2002. Eicosapentaenoic and Docosapentaenoic Acids are the Principal Products of Alpha-Linolenic Acid Metabolism in Young Men. *Br J Nutr.*88:355-363.
- Chajes V, F. Lavillonniere, P. Ferrari, M.L. Jourdan, M. Pinault, V. Maillard, J.L. Sebedio, P. Bougnoux. 2002. Conjugated Linoleic Acid Content in Breast Adipose Tissue is Not Associated with the Relative Risk of Breast Cancer in a Population of French Patients. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.*11:672-3.
- Chantaprasarn, B. And M. Wanapat. 2004. *Effect of Sunflower oil Supplmentation in Cassava Hay Based-diets for Lactating Dairy Cows.* Tropical Feed Resources Research and Development Center (TROFREC). Departemn of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.
- Chilliard, Y., J. M. Chardigny, J. Chabrot , A. Ollier, J. L. Sebedio, and M. Doreau. 1999. Effects of Ruminant or Postruminal Fish Oil Supply on Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of Cow Milk Fat. *Proc. Nutr. Soc.* 58:70A (Abstr.).
- Chilliard, Y., A. Ferlay, M. Doreau. 2001. Effect of Different Types of Forages, Animal Fat or Marine Oils in Cow's Diet on Milk Fat Secretion and Composition, Especially Conjugated Linoleic Acid (CLA) and Polyunsaturated Fatty Acids. *Livestock Production Science:*70:31-48.
- Chilliard, Y., and A. Ferlay. 2004. Dietary Lipids and Forages Interactions an Cows and Goat Milk Fatty Acid Composition and Sensory Properties. *Reprod. Nutr. Dev.* 44:467-492.
- Chin, S. F., W. Liu, J. M. Storkson, Y. L. Ha, and M. W. Pariza. 1992. Dietary Sources of Conjugated Dienoic Isomers of Linoleic Acid, a Newly Recognized Class of Anticarcinogens. *J. Food Comp. Anal.* 5:185-197.
- Chinnadurai, K., A. K. Tyagi, and P. Krishnamoorthy. 2008. Influence of Conjugated Linoleic Acid Enriched Ghee Feeding on Cancer Incidence and Histopathological Changes in 7,12-Dimethyl-Benz[A]Anthracene Induced Mammary Gland Carcinogenesis in Rats. *Veterinarski Arhiv* 78 (6): 511-520.

- Choi, N. J., J. Y. Immb, S. Ohc, B. C. Kimd, H. J. Hwang, Y. J. Kim. 2005. Effect of pH and Oxygen on Conjugated Linoleic Acid (CLA) Production by Mixed Rumen Bacteria from Cows Fed High Concentrate and High Forage Diets. *Animal Feed Science and Technology*. 123-124:643-653
- Cho, H. J., E. J. Kim, S.S. Lim, M.K. Kim, M.K. Sung, J.S. Kim, and J.H.Y. Park. 2006. Trans-10,cis-12, not cis-9,trans-11, Conjugated Linoleic Acid Inhibits G1-S Progression in HT-29 Human Colon Cancer Cell. *J Nutr*. 136: 893-898.
- Choi, S.H., J.H. Wang, Y.J. Kim, Y.K. Oh and M.K. Song. 2006. Effect of Soybean Oil Supplementation on the Contents of Plasma Cholesterol and cis9, trans11-CLA of the Fat Tissues in Sheep. *Asian-Aust.J.Anim. Sci (19) 5*:679-683.
- Choi, S.H., K.W. Lim, H.G.Lee, Y.J. Kim, and M.K. Song. 2007. Supplementation Effects of C18:2 or C18:3 Rich-Oils on Fermentation of CLA and TVA, and Lipogenesis in Adipose Tissues of Sheep. *Asian-Aust. J. Anim. Sci. Vol.20.9*:1417-1423
- Chouinard, P. Y., L. Corneau, D. E. Bauman, W. R. Butler, Y. Chilliard, and J. K. Drackley. 1998. Conjugated Linoleic Acid Content of Milk From Cows Fed Different Sources of Dietary Fat. *J. Dairy Sci. 81(Suppl. 1)*:233 (Abstr.).
- Chouinard, P.Y., L. Corneau, W.R. Butler, Y. Chilliard, J.K. Drackley, D.E. Bauman. 2001. Effect of Dietary Lipid Source on Conjugated Linoleic Acid Concentrations in Milk Fat. *J. Dairy Sci. 84*: 680-690.
- Chow, T.T., V. Fievez, A.P. Moloney, K. Raes, D. Demeyer, S. De Smet. 2004. Effect of Fish Oil on *In Vitro* Rumen Lipolysis, Apparent Biohydrogenation of Linoleic and Linolenic Acid and Accumulation of Biohydrogenation Intermediates. *Anim. Feed Sci. Technol.* 117: 1-12.
- Corl, B. A., P. Y. Chouinard, D. E. Bauman, D. A. Dwyer, J. M. Griinari, and K. V. Nurmela. 1998. Conjugated Linoleic Acid in Milk Fat of Dairy Cows Originates nn Part by Endogenous Synthesis from trans-11 octadecenoic Acid. *J. Dairy. Sci. 81(Suppl. 1)*:233 (Abstr.).

- Corl, B. A., S. H. Lacy, L. H. Baumgard, D. A. Dwyer, J. M. Griinari, B. S. Phillips, and D. E. Bauman. 1999. Examination of the Importance of Δ^9 -desaturase and Endogenous Synthesis of CLA in Lactating Dairy Cows. *J. Anim. Sci.* 77(Suppl. 1):118 (Abstr).
- Corl, B. A., L. H. Baumgard, D. A. Dwyer, J.M. Griinari, B. S. Phillips, and D. E. Bauman. 2001. The role of Δ^9 -desaturase in the Production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 12: 622–630.
- Corl, B.A., D.M. Barbano, D. E., Bauman, C. Ip.. 2003. *Cis*-9, *trans*-11 CLA Derived Endogenously from *trans*-11 18:1 Reduces Cancer Risk in Rats. *J. Nutr.* 133:2893-2900.
- Christie, W. H., J. L. Sébédio and P. Juanéda. 2001. A Practical Guide to the Analysis of Conjugated Linoleic Acid (CLA). *Inform*, 12: 147-152
- Davis BC, and P.M. Kris-Etherton. 2003. Achieving Optimal Essential Fatty Acid Status in Vegetarians: Current Knowledge and Practical Implications. *Am J Clin Nutr.* 78 (suppl) :S 640–646.
- Dawson, R. M. C., N. Hemington, and G. P. Hazlewood. 1977. On the Role of Higher Plant and Microbial Lipases in The Ruminant Hydrolysis of Grass Lipids. *Br. J. Nutr.* 38:225–232.
- De La Torre, A., E. Debiton, P. Juaneda, D. Durand, J.M. Chardigny, C. Barthelemy, D. Bauchart and D. Gruffat. 2006. Beef Conjugated Linoleic acid Isomers Reduce Human Cancer Cell Growth Even when Associated with Other Beef Fatty Acids. *Br. J. Nutr.* 95:346-352.
- de Mendoza, M. G., L. A. de Moreno, N. Huerta-Leidenz, S. Uzcategui-Bracho, M. J. Beriain, and G. C. Smith. 2005. Occurrence of Conjugated Linoleic Acid in Longissimus Dorsi Muscle of Water Buffalo (*Bubalus Bubalis*) and Zebu-Type Cattle Raised Under Savannah Conditions. *Meat Science*, 69: 93–100.
- Desroches S., P. Y. van Chouinard, I. Galibois, L. Corneau, J. Delisle, B. Lamarche, P. Couture, and N. Bergeron. 2005. Lack of Effect of Dietary Conjugated Linoleic Acids Naturally Incorporated into Butter on the Lipid Profile and Body Composition of Overweight and Obese Men. *Am J Clin Nutr* 82:309 –319.

- Devillard, E., F.M. McIntosh, C. J. Newbold, and R. J. Wallace. 2006. Rumen Ciliate Protozoa Contain High Concentrations of Conjugated Linoleic Acids and Vaccenic Acid, Yet Do Not Hydrogenate Linoleic Acid or Desaturate Stearic Acid. *Br J Nutr* 96: 697–704.
- Dhiman, T. R., G. R. Anand, L. D. Satter and M. W. Pariza. 1999. Conjugated Linoleic Acid Content of Milk From Cows Fed Different Diets. *J. Dairy Sci.* 82:2146-2156.
- Dhiman, T.R., L.D. Satter, M.W. Pariza, M.P. Galli, K. Albright, K., M.X. Tolosa. 2000. Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content of Milk From Cows Offered Diets Rich in Linoleic and Linolenic Acid. *J. Dairy Sci.* 83: 1016–1027.
- Dhiman, T.R., S.H. Nam, A. L. Ure, 2005a. Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid Content in Milk and Meat. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 45(6): 463-482.
- Dhiman, T. R., S. Zaman, K. C. Olson, H. R. Bingham, A. L. Ure, and M. W. Pariza. 2005b. Influence of Feeding Soybean Oil on Conjugated Linoleic Acid Content in Beef. *J.Agric. Food Chem.* 53:684–689.
- Dohority, B.A. 2003. *Rumen Microbiology*, Nottingham University Press, Nottingham.
- Donovan, D. C., D. J. Schingoethe, R. J. Baer, J. Ryali, A. R. Hippen, and S. T. Franklin. 2000. Influence of Dietary Fish Oil on Conjugated Linoleic Acid and other Fatty Acids in Milk Fat from Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 83:2620–2628.
- Dorland, 2002. *Kamus Kedokteran*. Edisi 29. Diterjemahkan oleh Setiawan A. *et al.*. Tim Editor EGC: Koesoemawati, H. *et al.* Penerbit Buku kedokteran EGC.
- Duckett, S. K., J. G. Andrae, and F. N. Owens. 2002. Effect of High Oil Corn or Added Corn Oil on Ruminant Biohydrogenation of Fatty Acids and Conjugated Linoleic Acid Formation in Beef Steers Fed Finishing Diets. *J. Anim. Sci.* 80:3353–3360.
- Duckett S. K. and M. H. Gillis. 2010. Effects of Oil Source and Fish Oil Addition on Ruminant Biohydrogenation of Fatty Acids and Conjugated Linoleic Acid Formation in Beef Steers Fed Finishing Diets. *J Anim Sci.* 88:2684-2691.

- Ecker, J., G. Liebisch, M. Scherer and G. Schmitz. 2010. Differential Effects of Conjugated Linoleic Acid Isomers on Macrophage Glycerophospholipid Metabolism. *J Lipid Res.* 51(9): 2686–2694.
- Edwards, J. E., N. R. McEwan, A. J. Travis, and R. J. Wallace. 2004. 16S rDNA Library-Based Analysis of Ruminant Bacterial Diversity. *Antonie Van Leeuwenhoek* 86:263–281.
- Ellison, S. 2006. *Hidden Truth About Cholesterol-Lowering Drugs! Revised and Expanded Health Myths Exposed*, LLC.
- Elmes M, P. Tew, Z. Cheng, S.E. Kirkup, D.R.E. Abayasekara, P.C. Calder, M. A. Hanson, D.C. Wathes & G. C. Burdge. 2004 The Effect of Dietary Supplementation with Linoleic Acid to Late Gestation Ewes on the Fatty Acid Composition of Maternal and Fetal Plasma and Tissues and The Synthetic Capacity of the Placenta for 2-Series Prostaglandins. *Biochimica et Biophysica Acta* 1686: 139–147.
- Engle, T. E., J. W. Spears, V. Fellner, and J. Odle. 2000. Effects of Dietary Soybean Oil and Dietary Copper on Ruminant and Tissue Lipid Metabolism in Finishing Steers. *J. Anim. Sci.* 78:2713–2721.
- FAO. 2010. *Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation.* Food And Agriculture Organization Of The United Nations
- Fokkema MR, D.A.J. Brouwer, M.B. Hasperhoven, Y. Hetteema, W.J.E. Bemelmans and F.A.J. Muskiet. 2002. Polyunsaturated Fatty Acid Status of Dutch Vegans and Omnivores. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids.* 63:279–285.
- Fokkema MR, D.A.J. Brouwer, M.B. Hasperhoven, I.A. Martini, F.A.J. Muskiet. 2004. Short-term Supplementation of Low-Dose Gamma-Linolenic acid (GLA), Alpha-Linolenic Acid (ALA), Or glaplusaladoes not Augment LCP Omega 3 Status of Dutch Vegans to an Appreciable Extent. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids.* 63:287–292.
- Fonty, G. and E. Grenet. 1994. *Effects on Diet on Fungal Population of The Digestive Tract of Ruminants.* p. 229-239. In *Anaerobic Fungi: Biology, Ecology and Function*, ed. D.O. Mountfort and C.G. Orpin. New York: Marcel Dekker.

- French, P., C. Stanton, F.O. Lawless, E. G. Riordan, F.J. Monahan, P. J. Caffrey and A. P. Moloney. 2000. Fatty Acid Composition, Including Conjugated Linoleic Acid, of Intramuscular Fat from Steers Offered Grazed Grass, Grass Silage, or Concentrate-Based Diets. *Journal of Animal Science*, 78:2849–2855.
- Fritsche, S., and J. Fritsche. 1998. Occurrence of Conjugated Linoleic Acid Isomers in Beef. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75:1449-1451.
- Fritsche, J and H. Steinhardt. 1998. Amounts of Conjugated Linoleic Acid (CLA) in German Foods and Evaluation of Daily Intake. *Food Research and Technology*, 206: 77–82.
- Giesy, J. G., M. A. McGuire, B. Shafii and T. W. Hanson . 2002. Effect of Dose of Calcium Salts of Conjugated Linoleic Acid (CLA) on Percentage and Fatty Acid Content of Milk Fat in Midlactation Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 85: 2023-2029.
- Gillis, M.H., S.K. Duckett, J.R.Sackman, C.E. Realini, D.H. Keisler and T.D. Pringle. 2004a. Effects of Supplemental Rumen-Protected Conjugated Linoleic Acid or Linoleic Acid on Feedlot Performance, Carcass Quality, and Leptin Concentration in Beef Cattle. *J. Anim.Sci.* 82:851-859.
- Gillis, M. H., S. K. Duckett, and J. R. Sackmann. 2004b. Effect of Supplemental Rumen-Protected Conjugated Linoleic Acid or Corn Oil on Fatty Acid Composition of Adipose Tissues in Beef cattle *J. Anim. Sci.* 82:1419–1427.
- Girard, V., and J. C. Hawke. 1978. The Role of Holotrichs in The Metabolism of Dietary Linoleic Acid in the Rumen. *Biochim. Biophys. Acta* 528:17–27.
- Griinari, J. M., P. Y. Chouinard, and D. E. Bauman. 1997. *Trans* Fatty Acid Hypothesis of Milk Fat Depression Revised. In: *Proc. Cornell Nutr. Conf., Ithaca, NY.* pp 208-216.
- Griinari, J. M., D. A. Dwyer, M. A. McGuire, D. E. Bauman, D. L. Palmquist, and K. V. V. Nurmela. 1998. *Trans*-octadecenoic Acids and Milk Fat Depression in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 81: 1251-1261.
- Griinari, J. M., and D. E. Bauman. 1999. *Biosynthesis of Conjugated Linoleic Acid and its Incorporation into Meat and Milk in Ruminants.* In: M. P. Yurawecz, M. M. Mossoba, J. K. G. Kramer.

- Griinari, J. M., B. A. Corl, S. H. Lacy, P. Y. Chouinard, K. V. Nurmela, and D. E. Bauman. 2000. Conjugated Linoleic Acid is Synthesized Endogenously in Lactating Dairy Cows by $\Delta(9)$ -desaturase. *J. Nutr.*130:2285–2291.
- Gulati, S.K., S.M. Kitessa, J.R. Ashes, E. Fleck, E.B. Byers, Y.G. Byers and T.W. Scott. 2000. Protection of Conjugated Linoleic Acids from Ruminal Hydrogenation and Their Incorporation into Milk Fat. *Animal Feed Science and Technology* 86:139-148.
- Gurr, M. I. 2009. *Lipids in Nutrition And Health: A Reappraisal the Oily Press* Bridgwater UK
- Han, L. Q., K. Pang, H.J. Li, S.B. Zhu, L.F. Wang, Y.B. Wang, G.Q. Yang and G.Y. Yang. 2012. Conjugated Linoleic Acid-Induced Milk Fat Reduction Associated with Depressed Expression of Lipogenic Genes in Lactating Holstein Mammary Glands. *Genetics and Molecular Research* 11 (4): 4754-4764.
- Harfoot, C. G., and G. P. Hazlewood. 1988. *Lipid Metabolism in The Rumen*. Pages 285–322. *In The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Science Publishing, New York, NY.
- Herlina, N. dan M.H.S. Ginting. 2002. Lemak dan Minyak. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia. Universitas Sumatra Utara. *USU Digital Library*.
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1320/1/tkimia-Netti.pdf>. Diakses tanggal 19 Maret 2012.
- Hu, F. B., C. Eunyong, K.M. Rexrode, C.M. Albert, J.E. Manson. 2003. Fish and Long-Chain Omega-3 Fatty Acid Intake and Risk of Coronary Heart Disease and Total Mortality in Diabetic Women. *Circulation* 107:1852–7.
- Huws, S. A., E. J. Kim, A. H. Kingston-Smith, M.R.F. Lee, S. M. Muetzel, A. R. Cookson, C. J. Newbold, R. J. Wallace, and N. D. Scollan. 2009. Rumen Protozoa are Rich in Polyunsaturated Fatty Acids Due to the Ingestion of Chloroplasts. *FEMS Microbiol Ecol* 69:461–471
- Hwangbo, J., J. H. Kim, B. S. Lee, S. W. Kang, J.-S. Chang, H. D. Bae, M. S. Lee, Y. J. Kim, and N.-J. Choi. 2006. Increasing Content of Healthy Fatty Acids in Egg Yolk of Laying Hens by Cheese Byproduct. *Asian-australas J. Anim. Sci.* 19:444–449.

- Hubbard, N.E., D. Lim, L. Summers. 2000. Reduction of Murine Mammary Tumor Metastasis by Conjugated Linoleic Acid. *Cancer Lett.* 150: 93-100
- Hubbard, N.E., D. Lim, K.L. Erickson. 2006. Beef Tallow Increases the Potency of Conjugated Linoleic Acid in the Reduction of Mouse Mammary Tumor Metastasis. *J. Nutr.* 136 (1): 88-93.
- Hungate, R.E. 1966. *The Rumen and its Microbes*: Academic Press, New York, USA.
- Ip, C., M. Singh, H.J. Thompson, and J. Scimeca. 1994. Conjugated Linoleic Acid Suppresses Mammary Carcinogenesis and Proliferative Activity of Mammary Gland in the Rat. *Cancer Res.* 54: 1212-1215.
- Ip C., J.A. Scimeca, H. Thompson. 1995. Effect of Timing and Duration of Dietary Conjugated Linoleic Acid on Mammary Cancer Prevention. *Nutr Cancer* 24:241-7.
- Ip C., J. A. Scimeca. 1997. Conjugated Linoleic Acid and Linoleic Acid are Distinctive Modulators of Mammary Carcinogenesis. *Nutr Cancer.* 27:131-5.
- Ip C, S. Banni, E. Angioni, G. Carta, J. McGinley, H.J. Thompson, D. Barbano, D. Bauman. 1999. Conjugated Linoleic Acid-Enriched Butter Fat Alters Mammary Gland Morphogenesis and Reduces Cancer. *Nutr.* 129(12):2135-2142
- Ip, C., Y. Dong, M. M. Ip, 2002. Conjugated Linoleic Acid Isomers and Mammary Cancer Prevention. *Nutr.Cancer* 43(1): 52-58
- Ip M. M., P. A. Masso-Welch, and C. Ip. 2003. Prevention of Mammary Cancer with Conjugated Linoleic Acid: Role of the Stroma and the Epithelium. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia.* 8 101-116.
- Jenkins, T. C., R. J. Wallace, P. J. Moate and E. E. Mosley. 2008. Board-Invited Review: Recent Advances in Biohydrogenation of Unsaturated Fatty Acids within the Rumen Microbial Ecosystem. *J Anim Sci.* 86:397-412
- Jensen, R. G. 2002. The Composition of Bovine Milk Lipids. *J Dairy Sci* 85: 295-350.

- Jiang, J., L. Bjoerck, R. Fonden, and M. Emanuelson. 1996. Occurrence of Conjugated *Cis*-9, *Trans*-11 Octadecadienoic Acid in Bovine Milk: Effects of Feed and Dietary Regimen. *J. Dairy Sci.* 79:438-445.
- Jones, D. F., W. P. Weiss, and C. L. Palmquist. 2000. Short Communication: Influence of Dietary Tallow and Fish Oil on Milk Fat Composition. *J. Dairy Sci.* 83:2024–2026.
- Jurjanz, S., V. Monteils, P. Juaneda, and F. Laurent. 2004. Variations of *trans* Octadecenoic Acid in Milk Fat Induced by Feeding Different Starch-Based Diets to Cows. *Lipids* 39:19–24.
- Kalscheur, K. F., B. B. Teter, L. S. Piperova, and R. A. Erdman. 1997. Effect of Dietary Forage Concentration and Buffer Addition on Duodenal Flow of *Trans*-C18:1 Fatty Acids and Milk Fat Production in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 80:2104-2114.
- Khampa, S. and M. Wanapat. 2006. Supplementation Levels of Concentrate Containing High Levels of Cassava Chip on Rumen Ecology and Microbial Protein Synthesis in Cattle. *Pakistan Journal of Nutrition* 5(6):501-505.
- Kay, J.K., T.R. Mackle, M.J. Auld, N.A. Thompson and D.E. Bauman. 2004. Endogenous Synthesis of *cis*-9, *trans*-11 Conjugated Linoleic Acid in Dairy Cows Fed Fresh Pasture. *J. Dairy. Sci.* 87:369-378
- Kelley DS, K.L. Erickson. 2003. Modulation of Body Composition and Immune Cell Functions by Conjugated Linoleic Acid in Humans and Animal Models: Benefits vs. Risks. *Lipids.* 38:377–86.
- Kelly, N.S., F.H. Neil and K.L. Erickson, 2007. Conjugated Linoleic Acid Isomer and Cancer. *J.Nutr.*, 137:2599-2607.
- Kemp, P., R. W. White, and D. J. Lander. 1975. The hydrogenation of Unsaturated Fatty Acids by Five Bacterial Isolates from the Sheep Rumen, Including a New Species. *J. Gen. Microbiol.* 90:100–114.
- Kemp, P., D. J. Lander, and C. G. Orpin. 1984. The Lipids of the Rumen Fungus *Piromonas communis*. *J. Gen. Microbiol.* 130:27–37.

- Keeney, M. 1970. *Lipid Metabolism in the Rumen*. In: A. T. Phillipson (Ed.) *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant*. pp 489-503. Oriel Press, Newcastle upon Tyne, U.K.
- Khanal, R. C. and K.C. Olson. 2004. Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid (CLA) Content in Milk, Meat, and Egg: A Review. *Pakistan Journal of Nutrition* 3 (2): 82-98
- Kilian M, I. Mautsch, J.L. Gregor, P. Stahlknecht, C.A. Jacobi, I. Schimke, H. Guski, F.A. Wenger. 2002. Influence of Conjugated vs. Conventional Linoleic Acid on Liver Metastasis and Hepatic Lipidperoxidation in BOP-Induced Pancreatic Cancer in Syrian Hamster. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*. 67:223-8.
- Kim, E. J., P.E. Holthuizen, H.S. Park, Y.L. Ha, K.C. Jung, and J.H. Park. 2002. Trans-10, cis-12-Conjugated Linoleic Acid Inhibits Caco-2 Colon Cancer Cell Growth. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol* 283: G357-G367.
- Kim, T. W., N. J. Choi, J. Hwangbo, Jih Tay Hsu, S. S. Lee, M. K. Song, I. J. Seo and Y. J. Kim. 2005. Production of *trans*-10, *cis*-12 Conjugated Linoleic Acid by *Megasphaera elsdenii* YJ-4: Physiological Roles in the Rumen. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*18(10):1425-1429.
- Kim, J. H., J. Hwangbo, N.-J. Choi, H. G. Park, D.-H. Yoon, E.W. Park, S.-H. Lee, B.-K. Park, and Y. J. Kim. 2007. Effect of Dietary Supplementation with Conjugated Linoleic Acid, With Oleic, Linoleic, or Linolenic Acid, on Egg Quality Characteristics and Fat Accumulation in the Egg Yolk. *Poult. Sci.* 86:1180-1186.
- Knight, T. W., S. O. Knowles, A. F. Death, T. L. Cummings, and P.D. Muir. 2004. Conservation of Conjugated Linoleic, Trans-Vaccenic and Long Chain Omega-3 Fatty Acid Content in Raw and Cooked Lamb from Two Cross-Breeds. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 47:129-135.
- Knight, T. W., S. O. Knowles, A. F. Death. 2003.. Factors Affecting the Variation in Fatty Acid Concentrations in Lean Beef From Grass-Fed Cattle in New Zealand and the Implications for Human Health. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 46: 83-95.

- Knott, R. W., P. G. Hatfield, J. W. Bergman, C. R. Flynn, H. Van Wagoner, and J. A. Boles. 2003. Feedlot Performance, Carcass Composition, and Muscle and Fat CLA Concentrations of Lambs Fed Diets Supplemented with Safflower Seeds. *Small Rumin. Res.*49:11–17.
- Kopecny, J., M. Zorec, J. Mrazek, Y. Kobayashi, and R. Marinsek-Logar. 2003. *Butyrivibrio hungatei* sp. nov. and *Pseudobutyrvibrio xylanivorans* sp. nov., Butyrate-Producing Bacteria from the Rumen. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 53:201–209.
- Kramer, J.K.G., P. W. Parodi , R. G. Jensen, M. M., Mossoba, M. P. Yurawecz, R. O. Adlof 1998. Rumenic Acid: a Proposed Common Name for the Major Conjugated Linoleic Acid Isomer Found in Natural Products. *Lipids* 33: 835
- LaBrune, H. J., C. D. Reinhardt, M. E. Dikeman, and J. S. Drouillard. 2008. Effects of Grain Processing and Dietary Lipid Source on Performance, Carcass Characteristics, Plasma Fatty Acids, and Sensory Properties of Steaks from Finishing Cattle. *J. Anim. Sci.* 86:167–172.
- Larsen T. M, Toubro S, Astrup A. 2003. Efficacy and Safety of Dietary Supplements Containing CLA for the Treatment of Obesity: Evidence from Animal and Human Studies. *J Lipid Res* 44:2234–41.
- Larsen, T.M. , S. Toubro, O. Gudmundsen, and A. Astrup. 2006. Conjugated Linoleic Acid Supplementation for 1 Y Does not Prevent Weight or Body Fat Regain. *Am. J. Clin. Nutr.* 83:606 – 612.
- Laurence, D.R, P.N Bennet dan M.J Brown. 1997. *Clinical Pharmacology, 8th edition*. Churchill Livingstone, New York.
- Lawson, R. E., A. R. Moss, and D. I. Givens. 2001. The Role of Dairyproducts in Supplying Conjugated Linoleic Acid to Man’s Diet: A review. *Nutr. Res. Rev.* 14:153–172.
- Leat, W. M. F., P. Kemp, R. J. Lysons, and T. J. L. Alexander. 1977. Fatty Acid Composition of Depot Fats from Gnotobiotic Lambs. *J. Agric. Sci.* 88:175-179.
- Lehninger, 1995. *Dasar-dasar Biokimia* . Jilid 1. Diterjemahkan oleh Thenawijaya, M. 1995. Penerbit Erlangga

- Lee, K. W., H. J. Lee, H. Y. Cho, and Y. J. Kim. 2005a. Role of Conjugated Linoleic Acid in The Prevention of Cancer. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 45:135–144.
- Lee, M. R. F., J. K. S. Tweed, A. P. Moloney, and N. D. Scollan. 2005b. The Effect of Fish Oil Supplementation on Rumen Metabolism and the Biohydrogenation of Unsaturated Fatty Acids in Beef Steers Given Diets Containing Sunflower Oil. *Anim. Sci.* 80:361–367.
- Lee, S. H., K. Yamaguschi, J.S. Kim, T.E. Eling, S. Safe, Y. Park, Y. and S.J. Baek. 2006. Conjugated Linoleic Acid Stimulates an Antitumorigenic Protein NAG-1 in an Isomer Specific Manner. *Carcinogenesis* 27: 972–981.
- Leroy JLMR, T. Vanholder, B. Mateusen, A. Christopher, G. Opsomer, A. de Kruif, G. Genicot and A. Van Soom. 2005 Non-Esterified Fatty Acids in Follicular Fluid of Dairy Cows and Their Effect on Developmental Capacity of Bovine Oocytes In Vitro. *Reproduction* 130:485–495.
- Lock, A. L., and D. E. Bauman. 2004. Modifying Milk Fat Composition of Dairy Cows to Enhance Fatty Acids Beneficial to Human Health. *Lipids* 39:1197–1206.
- Loor, J.J., K. Ueda, A. Ferlay, Y. Chilliard, M. Doreau. 2004. Short Communication: Diurnal Profiles of Conjugated Linoleic Acids and Trans Fatty Acids in Ruminant Fluid From Cows Fed A High Concentrate Diet Supplemented With Fish Oil, Linseed Oil, Or Sunflower Oil. *J. Dairy Sci.* 87:2468–2471.
- Loor, J. J., K. Ueda, A. Ferlay, Y. Chilliard, M. Doreau. 2005a. Intestinal Flow and Digestibility of Trans Fatty Acids and Conjugated Linoleic Acids (CLA) in Dairy Cows Fed A High-Concentrate Diet Supplemented with Fish Oil, Linseed Oil, or Sunflower Oil. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119: 203–225.
- Loor, J. J., M. Doreau, J. M. Chardigny, A. Oliver, J. L. Sebedio, and Y. Chilliard. 2005b. Effect of Ruminant or Duodenal Supply of Fish Oil on Milk Fat Secretion and Profiles of *Trans*-Fatty Acids and Conjugated Linoleic Acid Isomers in Dairy Cows Fed Maize Silage. *Anim. Feed Sci. Technol.* 119:227–246.
- Lucy, M.C. 2001. Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will it End? *Journal of Dairy Science* 84 1277–1293.

- Luna, P, A. Bach, M. Jua' rez, and M. A. de la Fuente. 2008. Effect of a Diet Enriched in Whole Linseed and Sunflower Oil on Goat Milk Fatty Acid Composition and Conjugated Linoleic Acid Isomer Profile. *J. Dairy Sci.* 91:20–28
- Ma, D.W. L., A.A. Wierzbicki, C. J. Field, and M. T. Clandinin. 1999. Conjugated Linoleic Acid in Canadian Dairy and Beef Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47:1956–1960
- Madron, M. S., D. G. Peterson, D. A. Dwyer, B. A. Corl, L. H. Baumgard, D. H. Beermann, and D. E. Bauman. 2002. Effect of Extruded Full-Fat Soybeans on Conjugated Linoleic Acid Content of Intramuscular, Intermuscular, and Subcutaneous Fat in Beef Steers. *J. Anim. Sci.* 80:1135–1143.
- Magdalena S. R., Z. L. Wright, P. N. Appleby, T.A.B. Sanders, N. E. Allen, and T. J. Key. 2005. Long-Chain N-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Plasma in British Meat-Eating, Vegetarian, and Vegan Men 1–3. *Am J Clin Nutr.* 82:327–34.
- Maia, M. R. G., L. C. Chaudhary, L. Figueres, and R. J. Wallace. 2006. Metabolism of Polyunsaturated Fatty Acids and Their Toxicity to the Microflora of the Rumen. *Antonie Leeuwenhoek* 91:303–314
- Martin, S.A., Jenkins, T.C., 2002. Factors Affecting Conjugated Linoleic Acid and *Trans*-C18:1 Fatty Acid Production by Mixed Ruminal Bacteria. *J. Anim. Sci.* 80, 3347–3352.
- Mattos R, Staples CR & W. W. Thatcher. 2000 Effects of Dietary Fatty Acids on Reproduction in Ruminants. *Reviews of Reproduction* 5: 38–45.
- McKain N., K.J. Shingfield and R. J. Wallace. 2010. Metabolism of Conjugated Linoleic Acids and 18 : 1 Fatty Acids by Ruminal Bacteria: Products and Mechanisms. *Microbiology* 156: 579–588
- Meng, X. S. F. Shoemaker, S. O. McGee, and M.M. Ip. 2008. *t*10,*c*12-Conjugated Linoleic Acid Stimulates Mammary Tumor Progression in Her2/Erbb2 Mice Through Activation of Both Proliferative and Survival Pathways. *Carcinogenesis.* 29(5): 1013–1021.

- Meyer B.J, N.J. Mann, J.L. Lewis , G.C. Milligan, A.J. Sinclair and P.R. Howe. 2003. Dietary Intakes and Food Sources of Omega-6 and Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids. *Lipids*.38:391-398.
- Miller A., E. McGrath, C. Stanton, R. Devery. 2003. Vaccenic Acid (T11-18:1) is Converted to C9,T11-CLA in MCF-7 and SW480 Cancer Cells. *Lipids* 38: 623-632
- Mir, Z., L.J. Paterson, and P. S. Mir. 2000. Fatty Acid Composition and Conjugated Linoleic Acid Content of Intramuscular Fat in Crossbred Cattle With and Without Wagyu Genetics Fed a Barley-Based Diet. *Canadian Journal of Animal Science*, 80:195-197.
- Mir, P.S., T. A. McAllister, S. Scott, J. Aalhus , V. Baron , D. McCartney , E. Charmley , L. Goonewardene , J. Basarab , E. Okine, R.J. Weselake and Z. Mir. 2004. Conjugated Linoleic Acid-Enriched Beef Production. *Am. J. Clin. Nutr.* 79(6 suppl): 1207s-1211s.
- Montgomery, R., R.L. Dryer., T. W. Conway and A. A.Spector. Biokimia Suatu Pendekatan Berorientasi Kasus. Jilid 2 Edisi keempat. Diterjemahkan oleh Ismadi, M. 1993. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Mosley E.E., M. K. McGuire, J. E. Williams, M.A. McGuire. 2006. *Cis-9, trans-11* Conjugated Linoleic Acid is Synthesized from Vaccenic Acid in Lactating Women. *J. Nutr.* 136:2297-2301.
- Mozaffarian, D , M. B. Katan, A. Ascherio, M. J. Stampfer, W.C. Willett. 2006. Trans Fatty Acids and Cardiovascular Disease. *The New England Journal of Medicine. Review Article.* 354:1601-13.
- Muda, A. A. K. 1994. *Kamus Lengkap Kedokteran*. Gitamedia Press. Surabaya.
- Muskiet F.A.J., R. Fokkema, A. Schaafsma, E.R. Boersma and M.A. Crawford. 2004. Is Docosahexaenoic Acid (DHA) Essential? Lessons from DHA Status Regulation, Our Ancient Diet, Epidemiology and Randomized Controlled Trials. *J Nutr.*134:183- 186.
- Nam, I. S., and P. C. Garnsworthy. 2007. Biohydrogenation of Linoleic Acid by Rumen Fungi Compared with Rumen Bacteria. *J. Appl. Microbiol.* 103:551-556.

- National Cattlemen's Beef Association. 2007. Conjugated Linoleic Acid and Dietary Beef. *BEEF FACTS • Human Nutrition Research*:6-15.
- National Cardiovascular Center Harapan Kita. 2008. *Hiperkolesterol*. (Online). http://www.pjnhk.go.id/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=1693 Diakses 7 Januari 2013.
- Ngili, Y. 2010. *Biokimia Dasar*. Penerbit Rekayasa Sains, Bandung.
- Noci, F., P. O'Kiely, F. J. Monahan, C. Stanton, and A. P. Moloney. 2005. Conjugated Linoleic Acid Concentration in M. Longissimus Dorsi from Heifers Offered Sunflower Oil-Based Concentrates and Conserved Forages. *Meat Science*. 69:509–518.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Nugent, A. P. 2004. The Metabolic Syndrome. *Nutr Bull* 29: 36–43.
- Ochoa, J. J., A.J. Farquharson, I. Grant, L.E. Moffat, S. D. Heys, and K.W.J. Wahle. 2004. Conjugated Linoleic Acids (Clas) Decrease Prostate Cancer Cell Proliferation: Different Molecular Mechanisms for *cis*-9, *trans*-11 and *trans*-10, *cis*-12 Isomers. *Carcinogenesis* 25:1185–1191.
- Or-Rashid, M.M., N. E. Odongo, and B. W. McBride. 2007. Fatty Acid Composition of Ruminal Bacteria and Protozoa, with Emphasis on Conjugated Linoleic Acid, Vaccenic Acid, and Odd-Chain and Branched-Chain Fatty Acids. *J. Anim. Sci.* 85:1228-1234.
- Osborne V.R., S. Radhakrishnan, N. E. Odongo, A. R. Hill and B. W. McBride. 2008. Effects of Supplementing Fish Oil in the Drinking Water of Dairy Cows on Production Performance and Milk Fatty Acid Composition. *J. Anim. Sci.* 86:720–729
- Page, A. M., C. A. Sturdivant, D. K. Lunt, and S. B. Smith. 1997. Dietary Whole Cottonseed Depresses Lipogenesis but Has no Effect on Stearoyl Coenzyme Desaturase Activity in Bovine Subcutaneous Adipose Tissue. *Comp. Biochem. Physiol.* 118B:79-84.

- Paillard, D., N. McKain, L. C. Chaudhary, N. D. Walker, F. Pizette, I. Koppova, N. R. McEwan, J. Kopečný, P. E. Vercoe, P. Lewis, and R. J. Wallace. 2007. Relation Between Phylogenetic Position, Lipid Metabolism and Butyrate Production by Different *Butyrivibrio*- Like Bacteria from the Rumen. *Antonie Leeuwenhoek* 91:417–422.
- Palmquist, D. L., A. L. Lock, K. J. Shingfield, and D. E. Bauman. 2005. Biosynthesis of Conjugated Linoleic Acid in Ruminants and Humans. *Adv. Food Nutr. Res.* 50:179–218.
- Pariza, M. W., Y. Park, and M.E. Cook. 2000 Mechanism of Action of Conjugated Linoleic Acid: Evidence and Speculation. *Proc Soc Exp Biol Med.* 223: 8–13.
- Pariza M. W. 2002. Conjugated Linoleic Acid May Be Useful in Treating Diabetes by Controlling Body Fat and Weight Gain. *Diabetes Technol. Ther.* 4:335– 338.
- Pariza, M. W. 2004. Perspective on the Safety and Effectiveness Ofconjugated Linoleic Acid. *Am. J. Clin. Nutr.* 79:1132S–1136S.
- Park Y, K. J. Albright, W. Liu, J. M. , Storkson, M. E. Cook and M. W. , Pariza 1997. Effect of Conjugated Linoleic Acid on Body Composition in Mice. *Lipids* 32:853-858.
- Park H.S., J.H. Ryu, Y.L. Ha, J.H. Park. 2001. Dietary Conjugated Linoleic Acid (CLA) Induces Apoptosis of Colonic Mucosa in 1,2-Dimethylhydrazinetreated Rats: A Possible Mechanism of the Anticarcinogenic Effect by CLA. *Br J Nutr.* 86:549–55.
- Parodi, P. W. 2004. Milk Fat in Human Nutrition. *Aust. J. Dairy Technol.* 59:3–59.
- Perfield J. W. and D. E. Bauman. 2005. Current Theories and Recent Advances in the Biology of Milk Fat Depression. *Proc. Cornell Nutr. Conf:* 95-106.
- Piperova, L.S., J. Sampugna, B.B. Teter, K.F. Kalscheur, M.P. Yurawecz, Y. Ku, K.M. Morehouse, R.A. Erdman. 2002. Duodenal and Milk Trans Octadecenoic Acid and Conjugated Linoleic Acid (CLA) Isomers Indicate that Postabsorptive Synthesis is the Predominant Source of *Cis*-9-Containing CLA in Lactating Dairy Cows. *J. Nutr.* 132:1235–1241

- Poulson, C. S., T. R. Dhiman, A.L. Ure, D. Cornforth and J. C. Olson. 2004. Conjugated Linoleic Acid Content of Beef From Cattle Fed Diets Containing High Grain, CLA, or Raised on Forages. *Livestock Production Science*, 91: 117–128.
- Qiu, X., M. L. Eastridge, K. E. Griswold and J. L. Firkins. 2004. Effects of Substrate, Passage Rate and pH in Continuous Culture on Flows of Conjugated Linoleic Acid and *trans* C18:1. *J. Dairy Sci.* 87:3473-3479
- Raes, K., S. de Smet, and D. Demeyer. 2004. Effect of Dietary Fatty Acids on Incorporation of Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids and Conjugated Linoleic Acid in Lamb, Beef and Pork Meat: A Review. *Animal Feed Science and Technology*, 113: 199–221.
- Radunz, A. E., L. A. Wickersham, S. C. Loerch, F. L. Fluharty, C. K. Reynolds and H. N. Zerby. 2009. Effects of Dietary Polyunsaturated Fatty Acid Supplementation on Fatty Acid Composition in Muscle and Subcutaneous Adipose Tissue of Lambs. *J. Anim. Sci.* 87:4082-4091
- Realini, C. E., S. K. Duckett, G. W. Brito, M. Dalla Rizza, and D. De Mattos. 2004. Effect of Pasture vs. Concentrate Feeding With or Without Antioxidants on Carcass Characteristics, Fatty Acid Composition, and Quality of Uruguayan Beef. *Meat Sci.* 66:567–577.
- Reynolds C.M., C. E. Loscher, A. P. Moloney, H.M. Roche. 2008. *Cis*-9, *trans*-11-conjugated Linoleic Acid But not its Precursor *Trans*-Vaccenic Acid Attenuate Inflammatory Markers in the Human Colonic Epithelial Cell Line Caco-2. *Brit. J. Nutr.* 14:1-5
- Riserus U, Smedman A, Basu S, Vessby B. 2004. Metabolic Effects of Conjugated Linoleic Acid in Humans: The Swedish Experience. *Am J Clin Nutr*;79(suppl):1146S– 1148S.
- Ritzenthaler, K., M.K. McGuire, R. Falen, T.D. Shultz and M.A. McGuire. 2001. Estimation of Conjugated Linoleic Acid Intake by Written Dietary Assessment Methodologies Underestimates Actual Intake Evaluated by Food Duplicate Methodology. *J. Nutr.* 131:1548-1554.

- Robinson RS, P.G.A. Pushpakumara, Z. Cheng, A.R. Peters, D.R.E. Abayasekara and D.C. Wathes. 2002 Effects of Dietary Polyunsaturated Fatty Acids on Ovarian and Uterine Function in Lactating Dairy Cows. *Reproduction* 124:119–131.
- Rule, D. C., M. D. MacNeil, and R. E. Short. 1997. Influence of Sire Growth Potential, Time on Feed and Growing-Finishing Strategy on Cholesterol and Fatty Acids of The Ground Carcass and Longissimus Muscle of Beef Steers. *J. Anim. Sci.* 75:1525–1533.
- Rule, D. C., K. S. Broughton, S. M. Shellito, and G. Maiorano. 2002. Comparison of Muscle Fatty Acid Profiles and Cholesterol Concentrations of Bison, Beef Cattle, Elk, and Chicken. *Journal of Animal Science*, 80:1202–1211.
- Rusdiana. 2004. Metabolisme Asam Lemak. Program Studi Biokimia, Fakultas Kedokteran, Universitas Sumatera. *USU digital library*. <http://library.usu.ac.id/download/fk/biokimia-rusdiana.pdf> Diakses tanggal 10 Januari 2012.
- Sackman, J.R., S.K. Duckett, M.H. Gillis, C.E. Realimi, A.H. Parks, R.B. Eggelston. 2003. Effects of Forage and Sunflower Oil Levels on Ruminal Biohydrogenation of Fatty Acids and Conjugated Linoleic Acid Formation in Beef Steers and Finishing Diets. *J. Anim. Sci.* 81:3174–3181.
- Santora, J. E., D.L. Palmquist, and K. L. Roehrig. 2000. Trans-vaccenic Acid is Desaturated to Conjugated Linoleic Acid in Mice. *Journal of Nutrition*, 130: 208–215.
- Schmid, A., M. Collomb, R. Sieber, and G. Bee. 2006. Conjugated Linoleic Acid in Meat and Meat Products: A review. *Meat Science* 73: 29–41
- Schroeder, G.F., G.A. Gagliostro, F.Bargo, J.E. Delahoy and L.D.Muller. 2004. Effects of Fat Supplementation on Milk Production and Composition by Dairy Cows on Pasture: a Review. *Livest.Prod.Sci* 86:1-18.
- Sébédio, J.L., P. Juanéda, G. Dobson, I. Ramilison, J.C. Martin, J.M. Chardigny, J.M. and W. W. Christie. 1997. Metabolites of Conjugated Isomers of Linoleic Acid (CLA) in the Rat. *Biochim. Biophys. Acta* 1345: 5-10

- Sehat, N., J. K. G. Kramer, M. M. Mossoba, M. P. Yurawecz, J. A. G. Roach, K. Eulitz, K. M. Morehouse, and Y. Ku. 1998. Identification of Conjugated Linoleic Acid Isomers in Cheese by Gas Chromatography, Silver Ion High Performance Liquid Chromatography and Mass Spectral Reconstructed Ion Profiles. Comparison of Chromatographic Elution Sequences. *Lipids* 33:963-971.
- Sehat, N., R. Rickert, M. M. Mossoba, J. K. G. Kramer, M. P. Yurawecz, J. A. G. Roach, R. O. Adlof, K. M. Morehouse, J. Fritsche, K. D. Eulitz, H. Steinhart, and Y. Ku. 1999. Improved Separation of Conjugated Fatty Acid Methyl Esters by Silver Ionhigh-Performance Liquid Chromatography. *Lipids* 34:407-413.
- Shingfield, K. J., S. Ahvenjrvi, V. Toivonen, A. A" ro"la" , K. V. V. Nurmela, P. Huhtanen, and J. M. Griinari. 2003. Effect of Fish Oil on Biohydrogenation of Fatty Acids and Milk Fatty Acid Content in Cows. *Anim. Sci.* 77:165-179.
- Silva, S.J.R., J.B. Bessa and F.S. Silva. 2002. Effect of Genotype, Feeding System and Slaughter Weight on The Quality of Light Lambs. II. Fatty Acids Composition of Meat. *Livestock Production Science.* 77:187-194.
- Singh, S., and J. C. Hawke. 1979. The *In Vitro* Lipolysis and Biohydrogenation of Monogalacto- Syldiglyceride by Whole Rumen Contents and its Fractions. *J. Sci. Food Agric.* 30:603-612.
- Smedman, A. and B. Vessby. 2001. Conjugated Linoleic Acid Supplementation in Humans - Metabolic Effects. *Lipids* 36: 773-781.
- Song, M.K. and S.H. Choi. 1998. Effects of Lipid Source and addition Level on Rumen Microbial Hydrogenation of C18-Unsaturated fatty Acids and incorporation of Oleic Acid by Rumen Bacteria. *Korean J. Anim. Sci.* 40:31-42.
- Sophie, D., P Y. Chouinard, I. Galibois, L. Corneau, J. D., Benoît Lamarche, P. Couture, and N. Bergeron. 2005. Lack of Effect of Dietary Conjugated Linoleic Acids Naturally Incorporated Into Butter on the Lipid Profile and Body Composition of Overweight and Obese Men. *Am J Clin Nutr* 82:309 -319.

- Suhartati, F.M., W. Suryapratama, M. Bata dan S. Rahayu. 2006. Pemanfaatan Limbah Tapioka Dan Pollard Sebagai Upaya Peningkatan Asam Linoleat Terkonjugasi (Agensia Anti Karsinogenik) Dalam Air Susu (*Laporan Penelitian Bogasari Nugraha*). Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.
- Suhartati, F.M. dan M. Bata. 2008. Uji Banding Minyak Kedelai, Minyak Biji Bunga Matahari Dan Minyak Wijen Sebagai Sumber Asam Linoleat dalam Biosintesis *Conjugated Linoleic Acid* (*Laporan Penelitian Fundamental*). Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto
- Suhartati, F.M. dan Y. Subagyo, 2010. Penggunaan Bekatul Fermentasi dan Minyak Kedelai Sebagai Upaya untuk Meningkatkan Kandungan Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi Air Susu Sapi Perah. *Laporan Penelitian Research Grant*. Dilaksanakan atas biaya Proyek I-MHERE Sub Komponen B.1. Batch III. Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto
- Suhartati, F.M., W. Suryapratama dan S. Rahayu. 2011. Penggunaan Air Susu Sapi yang Kaya Asam Lemak Linoleat Terkonjugasi Sebagai Upaya Untuk Menurunkan Bobot Badan, Kolesterol, LDL dan meningkatkan HDL Darah. Laporan penelitian Unggulan (Tidak dipublikasi).
- Suhartati, F.M. dan J. Mulyanto. 2012. Penggunaan Air Susu Sapi Yang Kaya Asam Lemak Linoleat Terkojugasi Sebagai Upaya Untuk Kendali Metabolik (Studi Kasus Pada Penderita Dislipidemia). Laporan Penelitian Unggulan. Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto.
- Song, M.K. and S.H. Choi. 1998. Effects of Lipid Source and addition Level on Rumen Microbial Hydrogenation of C18-Unsaturated fatty Acids and incorporation of Oleic Acid by Rumen Bacteria. *Korean J. Anim. Sci.* 40:31-42.
- Stern, M. D., W. H. Hoover, and J. B. Leonard. 1977. Ultrastructure of Rumen Holomies by Electron Microscopy. *J. Dairy Sci.* 60:911-918.
- Tajima, K., S. Arai, K. Ogata, T. Nagamine, H. Matsui, M. Nakamura, R. I. Aminov, and Y. Benno. 2000. Rumen Bacterial Community Transition During Adaptation to High-Grain Diet. *Anaerobe*, 6:273-284.

- Tocher, D. R., M. J. Leaver, and P. A. Hodgson. 1998. Recent Advances in the Biochemistry and Molecular Biology of Fatty Acyl Desaturases. *Prog. Lipid Res.* 37:73-117.
- Thom, E., J. Wadstein, and O. Gudmundsen. 2001. Conjugated Linoleic Acid Reduces Body Fat in Healthy Exercising Humans. *J Int Med Res* 29: 392-396.
- Tricon, S., G. C. Burdge, E.L. Jones, J. J. Russell, S. El-Khazen, M. Williams, P. C. Calder, and P. Yaqoob. 2006. Effects of Dairy Products Naturally Enriched With *Cis-9,Trans-11* Conjugated Linoleic Acid on the Blood Lipid Profile in Healthy Middle-Aged Men. *Am J Clin Nutr* 83:744 -53.
- Troegeler-Meynadier, A., M.C. Nicot, C. Bayourthe, R. Moncoulon, and F. Enjalbert. 2003. Rates and Efficiencies of Reactionso of Ruminal Biohydrogenation of Linoleic Acid According to pH and Polyunsaturated Fatty Acids Concentrations. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 713-724.
- Troegeler-Meynadier, A., L. Bert-Bennis, and F. Enjalbert. 2006. Rates and Efficiencies of Reactions of Ruminal Biohydrogenation of Linoleic Acid According to pH and Polyunsaturated Fatty Acids Concentrations. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 713-724.
- Turpeinen, A. M., M. Mutanen, A. Aro, I. Salminen, S. Basu, D.L. Palmquist, and J. M. Griinari. 2002. Bioconversion of Vaccenic Acid to Conjugated Linoleic Acid in Humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76: 504-510.
- USDA-Agricultural Research Service. 2007. *Rumen Microbes: Take a Closer Look at These Interesting Creatures that Both Work for and Feed Dairy Cattle*. Madison, Wisconsin
- Van Nevel, C. J., and D. I. Demeyer. 1996. Influence of pH on Lipolysis and Biohydrogenation of Soybean Oil by Rumen Contents *In Vitro*. *Reprod. Nutr. Dev.* 36:53-63.
- Van de Vossenberg, J. L., and K. N. Joblin. 2003. Biohydrogenation of C18 Unsaturated Fatty Acids to Stearic Acid by A Strain of *Butyrivibrio Hungatei* From the Bovine Rumen. *Lett. Appl. Microbiol.* 37:424-428.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. (2nd Ed.), Cornell University Press, Ithaca, NY.

- Viswanadha, S., J. G. Giesy, T. W. Hanson and M. A. McGuire. 2003. Dose Response of Milk Fat to Intravenous Administration of the *Trans*-10, *Cis*-12 Isomer of Conjugated Linoleic Acid. *J. Dairy Sci.* 86: 3229-3236.
- Voorrips LE, H.A. Brants, A.F. Kardinaal, G.J. Hiddink, P.A. van den Brandt, R.A. Goldbohm. 2002. Intake of Conjugated Linoleic Acid, Fat, and Other Fatty Acids in Relation to Postmenopausal Breast Cancer: The Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer. *Am J Clin Nutr.* 2002;76:873-882.
- Wachira, A. M., L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson, M. Enser, J. D. Wood, and A. V. Fisher. 2002. Effects of Dietary Fat Source and Breed on the Carcass Composition, N-3 Polyunsaturated Fatty Acid and Conjugated Linoleic Acid Content of Sheep Meat and Adipose Tissue. *British Journal of Nutrition*, 88: 697-709.
- Wallace, R. J., L. C. Chaudhary, N. McKain, N. R. McEwan, A. J. Richardson, P. E. Vercoe, N. D. Walker, and D. Paillard. 2006. *Clostridium proteoclasticum*: A Ruminant Bacterium that Forms Stearic Acid from Linoleic Acid. *FEMS Microbiol. Lett.* 265:195-201.
- Wanapat, M., A. Ngarmang, S. Korkhantot, N. Nontaso, C. Wachirapakorn, G. Beakers and P. Rowlinson. 2000. A Comparative Study on the Rumen Microbial Population of Cattle and Swamp Buffalo Raised Under Traditional Village Condition in the Northeast Thailand. *Asian-Aust. J. Anim. Sci* (13).7:918-921
- Wang, J. H. and M. K. Song. 2001. Effect of Sources and Levels of Carbohydrates on Fermentation Characteristics and Biohydrogenation of Linoleic Acid by Rumen Bacteria *In Vitro*. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 14(1):48-53.
- Wang, J. H., M. K. Song, Y. S. Son and M. B. Chang. 2002a. Effect of Concentrate Level on The Formation of Conjugated Linoelic Acid and *Trans*-Octadecenoic Acid by Ruminant Bacteria when Incubated with Oilseeds *In Vitro*. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15(5):687-694.

- Wang, J. H., M. K. Song, Y. S. Son and M. B. Chang. 2002b. Addition of Seed-Associated or Free Linseed Oil on the Formation of *cis*-9, *trans*-11 Conjugated Linoleic Acid and Octadecenoic Acid by Ruminal Bacteria *In Vitro*. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15(8):1115-1120
- Wang, J. H. and M. K. Song. 2003. pH Affects the *In Vitro* Formation of *cis*-9, *trans*-11 CLA and *trans*-11 octadecenoic Acid by Ruminal Bacteria when Incubated with Oilseeds. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16(12):1743-1748.
- Wang, J. H., S. H. Choi and M. K. Song. 2003. Effects of Concentrate to Roughage Ratio on the Formation of *Cis*-9, *Trans*-11 CLA and *Trans*-11-Octadecenoic Acid in Rumen Fluid and Plasma of Sheep when Fed High Oleic or High Linoleic Acid Oils. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 16(12):1604-1609.
- Wang, Y and P. J. H. Jones. 2004. Dietary Conjugated Linoleic Acid and Body Composition. *Am J Clin Nutr* 79(suppl):1153S– 1158S.
- Wang, H. R., M. Z. Wang and L.H. Yu. 2009. Effects of Dietary Protein Sources on the Rumen Microorganisms and Fermentation of Goat. *J. Anim. Vet. Adv.* 8(7):1393-1401.
- Ward, A.T., K.M. Wittenberg, R. Przybylski. 2002. Bovine Milk Fatty Acid Profiles Produced by Feeding Diets Containing Solin, Flax and Canola. *J. Dairy Sci.* 85: 1191–1196.
- Wathes D.C, D.R.E Abayasekara & R.J.Aitken 2007. Polyunsaturated Fatty Acids in Male and Female Reproduction. *Biology of Reproduction* 77: 190–201.
- Wahle KW, S.D. Heys, D. Rotondo. 2004. Conjugated Linoleic Acids: are They Beneficial or Detrimental to Health? *Prog Lipid Res.* 43:553–87.
- West, D.B., F. Y. Blohm, A. A. Truett, J.P. Delany. 2000. Conjugated Linoleic Acid Persistently Increases Total Energy Expenditure in AKR/J Mice Without Increasing Uncoupling Protein Gene Expression. *J Nutr.* 130:2471–7.
- Whetsell, M. S., E. B. Rayburn and J. D. Lozier. 2003. *Human Health Effects of Fatty Acids in Beef. Pasture-based Beef System for Appalachia*. Extension Service. West Virginia University. On line: <http://www.caf.wvu.edu/~forage/humanhealth.pdf>. Diakses tanggal 2 Februari 2012.

- White, P.J. 2008. *Fatty Acids in Oilseeds (Vegetable Oils)*. In Chow, K.C. ed. *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*, pp. 227-262. CRC Press, New York, NY.
- Whitlock, L., D.J. Schingoethe, A.R. Hippen, K.F. Kalscheur, R.J. Baer, R.J., N. Ramaswamy, K.M. Kasperson. 2002. Fish oil and Extruded Soybeans Fed in Combination Increase CLA in Milk of Dairy Cows more than when Fed Separately. *J. Dairy Sci.* 85, 234-243.
- Whitlock, L. A., D. L. Schingoethe, A. A. Abughazaleh, A. R. Hippen, and K. F. Kalscheur. 2006. Milk Production and Composition From Cows Fed Small Amounts of Fish Oil with Extruded Soybeans. *J. Dairy Sci.* 89:3972-3980.
- Whigham, L. D., A. C. Watras, and D. A. Schoeller. 2007. Efficacy of Conjugated Linoleic Acid for Reducing Fat Mass: A Meta-Analysis in Humans. *Am J Clin Nutr.* 85:1203-11.
- Williams, A. G., and A. G. Coleman. 1992. *The Rumen Protozoa*. Springer-Verlag, New York, NY.
- Wilson, C. A., and T. M. Wood. 1992. The Anaerobic Fungus *Neocallimastix Frontalis*: Isolation and Properties of a Cellulosome-Type Enzyme Fraction with the Capacity to Solubilise Hydrogen-Bondordered Cellulose. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 37:125-129
- Wood, J.D., M. Enser, R. I. Richardson, and F. M. Whittington. 2008. *Fatty Acids in Meat and Meat Products*. In Chow, C.K., ed. *Fatty Acids in Foods and their Health Implications*. pp. 87-107. CRC Press, London, UK.
- Yeung, C. H. Y., L. Yang, Y. Huang, J. Wang, and Z. Y. Chen. 2000. Dietary Conjugated Linoleic Acid Mixture Affects the Activity of Intestinal Acyl Coenzyme A: Cholesterol Acyltransferase in Hamsters. *Br. J. Nutr.* 84:935-941.
- Zhang, Y., X. Kong, X. Zhu, R. Wang, Y. Yan and Z. Jia. 2006. Effect of Forage to Concentrate Ratio and Monensin Supplementation on Cis-9, Trans-11 Conjugated Linoleic Acid and Trans-11 Octadecenoicacid Concentrations of Ruminal Contents and Plasma in Sheep. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* (9). 5:699-704.

Zeron Y, D. Sklan & A. Arav. 2002 Effect of Polyunsaturated Fatty Acid Supplementation on Biophysical Parameters and Chilling Sensitivity of Ewe Oocytes. *Molecular Reproduction and Development* 61: 271–278.

TENTANG PENULIS



F. M. Suhartati, lahir di Pati pada tanggal 24 Desember 1954, adalah Guru Besar bidang Ilmu Makanan Ternak pada Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman. Gelar Sarjana (Ir) diperoleh pada tahun 1979 dari Fakultas Peternakan Gadjah Mada Yogyakarta dan gelar Sarjana Utama (SU) diperoleh pada tahun 1987 dari universitas yang sama. Pada tahun 1996 berhasil meraih

gelar Doktor (Dr) dari Institut Pertanian Bogor.

Penulis merupakan staf pengajar pada Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman sejak bulan Maret tahun 1980. Mata kuliah yang diampu meliputi Ilmu Nutrisi Ternak dan Metodologi Penelitian pada Program S1 Fakultas Peternakan Unsoed. Ruminologi, Metodologi Penelitian dan Produk Ternak Fungsional dan Terapeutik pada Program Studi S2 Fakultas Peternakan Unsoed. Selain sebagai staf pengajar pada Fakultas Peternakan Unsoed, penulis juga mengajar Metodologi Penelitian pada Jurusan Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu-Ilmu Kesehatan Unsoed dan Akademi Kebidanan Paguwarnas Maos Cilacap.

Sebagai insan pelaku Tri Dharma Perguruan Tinggi, penulis juga melakukan berbagai penelitian, dan sejak tahun 2006 terfokus pada asam lemak linoleat terkonjugasi.