

BAHAN AJAR

# ILMU NUTRISI RUMINANSIA



**OLEH :**

**TIM PENGAJAR**

**JURUSAN NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK  
FAKULTAS PETERNAKAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2011**

HALAMAN PENGESAHAN  
HIBAH PENULISAN BAHAN AJAR 2011

---

1. a. Nama Mata Kuliah : Ilmu Nutrisi Ruminansia (Kode: 301I213)
  2. Identitas Penulis :
    - a. Nama lengkap dan gelar : Prof.DR.Ir.Ismartoyo,M.Agr.S.
    - b. Jenis Kelamin : Laki-laki
    - c. NIP : 195516121981031002
    - d. Jabatan Struktural : -
    - e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala/Guru Besar
    - f. Fakultas/Jurusan/P.Penelitian : Peternakan/Nutrisi dan Makanan Ternak/  
Universitas Hasanuddin, Makassar
    - g. Pusat Penelitian : Universitas Hasanuddin
    - h. Alamat : Jalan Perintis Kemerdekaan Km 10  
Makassar Kode Pos 90245
    - i. Telepon/Faks : 0411 585467 / 0411 585467
    - j. Alamat Rumah : Komplek Dosen UNHAS Tamalanrea  
Blok G-13 Makassar 90245  
Sulawesi Selatan
    - k. Telepon/Faks/E-mail : 0411 585467 / 0411 585467 /  
ismartoyo@gmail.com
  3. Jangka Waktu Penulisan : 3 bulan (September-Nopember 2011)
  4. Pembiayaan :
    - a. Jumlah yang disetujui : Rp.5000.000,-  
: (Lima Juta Rupiah)
- 

Mengetahui :  
u.b.Ketua Program Studi

(Dr.Ir.Syahrani Syahrir,M.Si.)  
NIP. 1965111219903001

Makassar, 27 Nopember 2011  
a/n Tim Pengajar,

(Prof.Dr.Ir.Ismartoyo,M.Agr.S.)  
NIP. 195516121981031002

Mengetahui :  
u.b. Dekan Fakultas Peternakan

(Prof.Dr.Ir.Asmuddin Natsir,M.Sc.)  
NIP. 195909171985031003

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, bahwa berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan buku bahan ajar Ilmu Nutrisi Ruminansia ini dapat penulis selesaikan dengan lancar.

Ternak *ruminansia* seperti sapi, kerbau, domba, dan kambing adalah salah satu komoditas strategis yang besar peranannya dalam pembangunan sektor peternakan. Sebagai penghasil daging dan air susu, ternak *ruminansia* mempunyai peran yang sangat penting dalam pencapaian kebutuhan protein hewani bagi masyarakat dan dalam mendukung program swasembada daging yang telah ditetapkan oleh pemerintah Indonesia.

Sebagai edisi perdana, buku ini diawali dengan informasi umum tentang ternak *ruminansia*, kemudian dilanjutkan dengan pengetahuan tentang pakan *ruminansia*, mikroorganisme *rumen*, degradasi dan fermentasi pakan dalam *rumen*, teknik penelitian pakan *ruminansia*, kemudian diakhiri dengan berbagai dokumentasi penelitian dan contoh soal ujian serta analisis data menggunakan program komputer. Bahan utama untuk menyusun buku ini adalah hasil penelitian pakan *ruminansia*, baik dari dalam maupun luar negeri.

Semoga buku ini dapat bermanfaat dan dapat memenuhi sebagian harapan pembaca.

Makassar, 30 Nopember 2011

Tim Pengajar

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	i
<b>DAFTAR ISI</b>	iii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Profil Lulusan Program Studi Nutrisi dan Makanan Ternak	
1.2 Rumusan Kompetensi Lulusan	
1.3 Garis Besar Rancangan pembelajaran (GBRP)	
<b>BAB II TERNAK RUMINANSIA, PAKAN, DAN RUMEN</b>	14
2.1 Ternak <i>Ruminansia</i>	
2.2 Pakan <i>Ruminansia</i>	
2.3 Lingkungan <i>Rumen</i>	
2.4 Interaksi Pakan, Ternak, dan Mikroba Rumen	
	22
<b>BAB III DEGRADASI PAKAN TERNAK RUMINANSIA</b>	
3.1 Degradasi Pakan Ternak oleh Bakteri Rumen	
3.2 Degradasi Pakan Ternak oleh Protozoa Rumen	
3.3 Degradasi Pakan Ternak oleh Fungi Rumen	
<b>BAB IV TEKNIK PENELITIAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA</b>	33
4.1 Teknik Penelitian <i>In Vitro</i>	
4.2 Teknik Penelitian <i>In Sacco</i>	
4.3 Teknik Penelitian <i>In Vivo</i>	
4.4 Konsep Baru Nilai Indeks Pakan	
<b>BAB V PROGRAM NOWAY DAN PROGRAM NEWAY</b>	51
5.1 Analisis Data Menggunakan Program <i>Noway</i>	
5.2 Analisis Data Menggunakan Program <i>Neway</i>	
<b>BAB VI CONTOH SOAL DAN JAWABAN</b>	
6.1 Contoh Soal Teknik Penelitian <i>In Vitro</i>	63
6.2 Contoh Soal Teknik Penelitian <i>In Sacco</i>	
6.3 Contoh Soal Teknik Penelitian <i>In Vivo</i>	
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	72
<b>LAMPIRAN</b>	80

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Profil dan Kompetensi Lulusan Program Studi Peternakan**

Profil lulusan Program Studi Peternakan adalah *Knowledgeable & Skillful worker*, berkemampuan sebagai *Manager*, dan berjiwa *Entrepreneur*, yaitu Sarjana Peternakan yang kreatif-adaptif dan mandiri, yang mampu merencanakan, menganalisis, mengelola agribisnis peternakan secara berkesinambungan dan berkelanjutan, yang mampu mengintegrasikan dan mengimplementasikan IPTEKS peternakan secara holistik, dengan tetap memperhatikan tatanilai dan lingkungan masyarakat.

Berdasarkan profil lulusan yang ingin dihasilkan, maka rumusan kompetensi yang dimiliki adalah dijabarkan dari 4 pilar standar akademik program S-1 yaitu :

1. *Knowledge and understanding of*

Kompetensi Program Studi Peternakan mampu menganalisis setiap permasalahan yang berkaitan dengan agribisnis peternakan. Kompetensi ini meliputi kajian yang mendalam tentang ilmu dan teknologi produksi, pakan ternak, pengolahan pasca panen dan sosial ekonomi peternakan, yang didukung ilmu-ilmu dasar.

2. *Intellectual (thinking) skill (able to)*

Program Studi Peternakan menyajikan mata kuliah yang berkaitan dengan pengembangan kepribadian dan teknologi peternakan, sehingga mahasiswa mempunyai kecakapan dan kecerdasan dalam menjalankan dan mengembangkan agribisnis peternakan.

3. *Practical skill (able to)*

Penerapan ilmu dan teknologi peternakan dalam bentuk praktikum, kerja lapang dan kuliah kerja nyata profesi agribisnis peternakan, sehingga mahasiswa menjadi terlatih dalam melakukan kegiatan teknis dalam teknologi produksi, pakan ternak, pengolahan pasca panen dan sosial ekonomi peternakan.

4. *Managerial skill*

Lulusan Program Studi Peternakan memiliki kemampuan manajerial dalam agribisnis peternakan, yang meliputi kajian manajemen teknologi produksi, pakan ternak, pengolahan pasca panen dan sosial ekonomi peternakan.

## 1.2. Rumusan kompetensi S-1 program studi peternakan Universitas Hasanuddin

### Rumusan Kompetensi Utama

#### A. *Knowledgeable and skillful worker* (pekerja berpengetahuan dan trampil)

1. Menguasai ipteks dan ketrampilan dasar peternakan.
2. Mampu menerapkan ipteks dasar peternakan.
3. Mampu menganalisis, menginterpretasikan dan mengkomunikasikan hasil Penelitian secara oral dan verbal).
4. Mampu memecahkan permasalahan di bidangnya.
5. Mampu memanfaatkan dan menggunakan TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi).
6. Mampu mengikuti perkembangan Ipteks.
7. Mampu bekerjasama dalam tim dan beradaptasi dalam lingkungan kerja.

#### A. *Manager*

1. Mampu menerapkan prinsip dasar manajemen.
2. Mampu menerapkan prinsip dasar kepemimpinan.
3. Mampu berkomunikasi secara efektif.
4. Mampu bersikap profesional dan beretika.

#### C. *Entrepreneur*

1. Memiliki kemampuan memotivasi , berkreasi dan berinovasi.
2. Mampu menerapkan kaidah entrepreneurship.

Pada Tabel 1 berikut disajikan hubungan antara profil, kompetensi (utama, pendukung dan lainnya), rumusan kompetensi dan ranah.

Tabel 1. Profil Lulusan dan Rumusan Kompetensi

Profil	Kompetensi	Rumusan Kompetensi		Ranah
Knowledgeable and skillful worker (pekerja berpengetahuan dan trampil)	Utama	K-1	menguasai ipteks dan ketrampilan dasar peternakan	I
		K-2	mampu menerapkan ipteks dasar peternakan	I
		K-3	mampu menganalisis, menginterpretasikan dan mengkomunikasikan hasil penelitian secara oral dan verbal)	I
		K-4	Mampu memecahkan permasalahan di bidangnya	I
		K-5	Mampu memanfaatkan dan menggunakan TIK (Teknologi Informasi dan Komunikasi)	I

		K-6	mampu mengikuti perkembangan Ipteks	I
		K-7	Mampu bekerjasama dalam tim dan beradaptasi dalam lingkungan kerja	B
	Pendukung	K-8	Mampu menerapkan bioteknologi di bidang peternakan	I
		K-9	Mampu mengembangkan sistem peternakan lahan kering berbasis kearifan lokal dan kepulauan	I
	Lainnya	K-10	Memiliki moralitas, etika, akhlak dan wawasan kebangsaan	B
Manajer	Utama	M-1	Mampu menerapkan prinsip dasar manajemen	P
		M-2	Mampu menerapkan prinsip dasar kepemimpinan	P
		M-3	Mampu berkomunikasi secara efektif	P
		M-4	Mampu bersikap profesional dan beretika	B
	Pendukung	M-5	Mampu mengembangkan wilayah dan masyarakat di lingkungan semiringkai dan kepulauan	I
		M-6	Mampu menguasai metode penelitian berbasis masyarakat	I
	Lainnya	M-7	Kemampuan leadership (komunikasi, motivasi, etos kerja, teamwork, daya juang, manajemen konflik)	P
		M-8	Memiliki kemampuan berkomunikasi dan mensosialisasikan masalah pembangunan	B
Entrepreneur	Utama	E-1	Memiliki kemampuan memotivasi, berkreasi dan berinovasi	B
		E-2	Mampu menerapkan kaidah entrepreneurship	B
	Pendukung	E-3	Mampu merencanakan, menerapkan dan mengevaluasi bisnis peternakan	I
	Lainnya	E-4	Memiliki moralitas, etika, akhlak	B

**Keterangan :** I = Intelektual; P = Psikomotorik ; B = Bersikap

Pada Tabel 2 disajikan hubungan antara profil lulusan, kompetensi dan elemen kompetensi.

Tabel 2. Profil Lulusan, Kompetensi dan Elemen Kompetensi

Profil	KOMPETENSI			ELEMEN KOMPETENSI				
				a	b	c	d	e
	Kelompok		RUMUSAN					
<i>Knowledge-able and skillful worker</i> (pekerja berpengetahuan dan trampil)	Utama	K-1 (I)	menguasai ipteks dan ketrampilan dasar peternakan		√	√		
		K-2 (I)	mampu menerapkan ipteks dan ketrampilan dasar peternakan		√			
		K-3 (P)	mampu menganalisis, menginterpretasikan dan mengkomunikasikan hasil-hasil penelitian secara oral dan verbal			√	√	
		K-4 (P)	mampu memecahkan permasalahan di bidangnya				√	√
		K-5 (P)	mampu memanfaatkan dan menggunakan TIK				√	√
		K-6 (P)	mampu mengikuti perkembangan ipteks		√			
		K-7 (B)	mampu bekerja sama dan beradaptasi dengan lingkungan kerja		√		√	√
	Pendukung	K-8 (P)	Mampu menerapkan bioteknologi di bidang peternakan		√			
		K-9 (I)	Mampu mengembangkan sistem peternakan lahan kering berbasis kearifan lokal dan kepulauan		√	√		
	Lainnya	K-10(B)	Memiliki moralitas, etika, akhlak dan wawasan kebangsaan	√			√	√
Manajer		M-1 (P)	mampu menerapkan prinsip dasar manajemen (POAC-SOP)		√	√	√	
		M-2 (P)	mampu menerapkan prinsip dasar kepemimpinan				√	√

		M-3 (P)	mampu berkomunikasi secara efektif				√	√
		M-4 (B)	mampu bersikap profesional dan beretika	√	√			
	Pendukung	M-5(I)	Mampu mengembangkan wilayah dan masyarakat di lingkungan semiringkai dan kepulauan		√	√		
		M-6(I)	Mampu menguasai metode penelitian berbasis masyarakat		√			√
	Lainnya	M-7(P)	Kemampuan leadership (komunikasi, motivasi, etos kerja, teamwork, dayajuang, manajemen konflik)				√	√
		M-8(B)	Memiliki kemampuan berkomunikasi dan mensosialisasikan masalah pembangunan					√
Entrepreneur	Utama	E-1(B)	Memiliki kemampuan memotivasi , berkreasi dan berinovasi	√	√			
		E-2(B)	Mampu menerapkan kaidah entrepreneurship	√	√			
	Pendukung	E-3(P)	Mampu merencanakan, menerapkan dan mengevaluasi bisnis peternakan		√	√	√	
	Lainnya	E-4(B)	Memiliki moralitas, etika, akhlak	√			√	

Elemen Kompetensi berdasarkan SK MENDIKNAS NO : 045/U/2002 meliputi:

- a. Landasan kepribadian (MPK).
- b. Penguasaan ilmu dan ketrampilan (MKK).
- c. Kemampuan berkarya (MKB).
- d. Sikap dan perilaku dalam berkarya (MPB).
- e. Pemahaman kaidah berkehidupan bermasyarakat (MBB).

### 1.3. Garis Besar Rancangan Pembelajaran (GBRP)

#### GARIS BESAR RANCANGAN PEMBELAJARAN (GBRP)

**Matakuliah: NUTRISI RUMINANSIA**  
**Kode MK 301I213**



**Oleh:**  
**Tim Pengajar**

**Program Studi Nutrisi dan Makanan Ternak**  
**Fakultas Peternakan**  
**Universitas Hasanuddin,**  
**Makassar**

**KOMPETENSI LULUSAN PROGRAM STUDI NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK, JURUSAN NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK, FAKULTAS PETERNAKAN UNHAS**

(1) <b>KELOMPOK KOMPETENSI</b>	(2) <b>NO</b>	(3) <b>RUMUSAN KOMPETENSI</b>	(4) <b>ELEMEN KOMPETENSI</b>				
			<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>	<b>d</b>	<b>e</b>
<b>KOMPETENSI UTAMA</b>	1.	Mampu mengerti dan memahami ilmu-ilmu dasar sains dan teknologi untuk mendukung pengembangan industri peternakan		√	√		
	2.	Mampu menguasai dan menerapkan ilmu dasar peternakan untuk merencanakan dan mengelola industri peternakan		√	√	√	
	3.	Mampu menguasai dasar nutrisi dan teknologi industri pakan untuk mengembangkan peternakan		√	√	√	
	4.	Mampu mengelola padang penggembalaan (buatan dan alam) dengan menjaga keseimbangan ekosistem, kesuburan tanah untuk meningkatkan produktivitas ternak		√	√	√	
	5.	Mampu dalam memecahkan solusi yang berkaitan masalah tanaman makanan ternak		√	√	√	
	6.	Mampu menguasai ilmu dasar peternakan yang berkaitan dengan pakan, manajemen dan pemuliaan dalam pengembangan industri peternakan		√	√	√	
<b>KOMPETENSI PENDUKUNG</b>	7.	Mampu menjadi motivator dan fasilitator dalam pengembangan peternakan di masyarakat			√	√	
	8.	Mampu bekerjasama dan menyesuaikan diri dalam suatu tim baik sebagai pimpinan maupun anggota dalam lingkungan kerja dan masyarakat	√				√
	9.	Mampu dalam penguasaan software dan hardware komputer		√	√		
<b>KOMPETENSI LAINNYA</b>	10.	Berdisiplin, kreatif, mandiri dan berakhlak dalam masyarakat	√				√
	11.	Mampu bekerjasama, berkomunikasi dan menyesuaikan diri atau beradaptasi dengan lingkungan kerja dan masyarakat	√				√
	12.	Mampu untuk terlibat dalam kehidupan sosial bermasyarakat dalam membantu mengelola usaha peternakan	√			√	√
	13.	Memiliki semangat dan tanggung jawab yang tinggi dalam pengembangan ilmu, teknologi dan seni	√				√

**ELEMEN KOMPETENSI:**

- a. Landasan kepribadian;
- b. Penguasaan ilmu dan keterampilan;
- c. Kemampuan berkarya;
- d. Sikap dan perilaku dalam berkarya menurut tingkat keahlian berdasarkan ilmu dan keterampilan yang dikuasai;
- e. Pemahaman kaidah kehidupan bermasyarakat sesuai dengan pilihan keahlian dalam berkarya.

**RANCANGAN PEMBELAJARAN BERBASIS SCL  
MATAKULIAH APLIKASI KOMPUTER DALAM NUTRISI DAN MAKANAN TERNAK**

Kompetensi Utama : Mampu mengerti dan memahami ilmu-ilmu dasar sains dan teknologi nutrisi ruminansia untuk mendukung pengembangan industri peternakan.

Kompetensi Pendukung : Mampu memahami prinsip dasar nutrisi ruminansia dan proses pencernaan pakan

Kompetensi Lainnya : Mampu bekerjasama, berkomunikasi dan menyesuaikan diri atau beradaptasi dengan lingkungan kerja dan masyarakat

MGG KE	SASARAN PEMBELAJARAN	MATERI PEMBELAJARAN	STRATEGI PEMBELAJARAN	KRITERIA PENILAIAN	BOBOT NILAI (%)
1	Mengetahui Tujuan dan sasaran pembelajaran	Kontrak Pembelajaran	Kuliah	-	-
2	Mengetahui anatomi saluran pencernaan ruminansia	Anatomi saluran pencernaan kambing	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Keaktifan individu, isi dan materi tugas, sistematika dan ketepatan penyelesaian tugas	7.5
3-4	Memahami prinsip dasar proses fermentasi pakan	Proses fermentasi pakan	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Keaktifan individu, isi dan materi tugas, sistematika dan ketepatan penyelesaian tugas	10
5-6	Memahami prinsip dasar pencernaan pakan ruminansia	Kecernaan pakan ruminansia	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Keaktifan individu, isi dan materi tugas, sistematika dan ketepatan penyelesaian tugas	10
7-8	Memahami prinsip dasar metabolisme protein	Metabolisme protein	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Keaktifan individu, isi dan materi tugas, sistematika dan ketepatan penyelesaian tugas	10
9-10	Memahami prinsip dasar metabolisme	Metabolisme karbohidrat	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Keaktifan individu, isi	12,5

	karbohidrat			dan materi tugas, sistematika dan ketepatan penyelesaian tugas	
11-12	Memahami prinsip dasar metabolisme protein	Metabolisme protein	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Keaktifan individu, isi dan materi tugas, sistematika dan ketepatan penyelesaian tugas	12,5
13-14	Memahami prinsip dasar metabolisme mineral	Metabolisme mineral	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Keaktifan individu, isi dan materi tugas, sistematika dan ketepatan penyelesaian tugas	12,5
15	Gangguan proses metabolisme	Kelainan metabolisme	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Keaktifan individu, isi dan materi tugas, sistematika dan ketepatan penyelesaian tugas	5
16	Uji Kompetensi		Ujian Tulis		20

### KONTRAK PEMBELAJARAN

Nama Mata kuliah : Ilmu Nutrisi Ruminansia  
Kode Mata kuliah : 301I213  
Fasilitator : Dr. Ir. F.K. Tangdilintin, M.Sc  
Prof. Dr. Ir. Ismartoyo, M.Agr.S.  
Prof. Dr. Ir. Syamsuddin Rasjid, M.Si.  
Dr. Ir. Syahriani Syahrir, M.Si.  
Ir. Rohmiyatul Islamiyati, M.Si.  
Dr. Harfiah, S.Pt., MP.  
Semester : Genap

Hari Pertemuan/Jam : Rabu/13.40-15.20

Tempat Pertemuan : PB513

### 1. MANFAAT MATA KULIAH

Mata kuliah ini bermanfaat dalam memberikan pemahaman tentang prinsip dasar nutrisi ruminansia, proses fermentasi, dan metabolisme pakan ruminansia

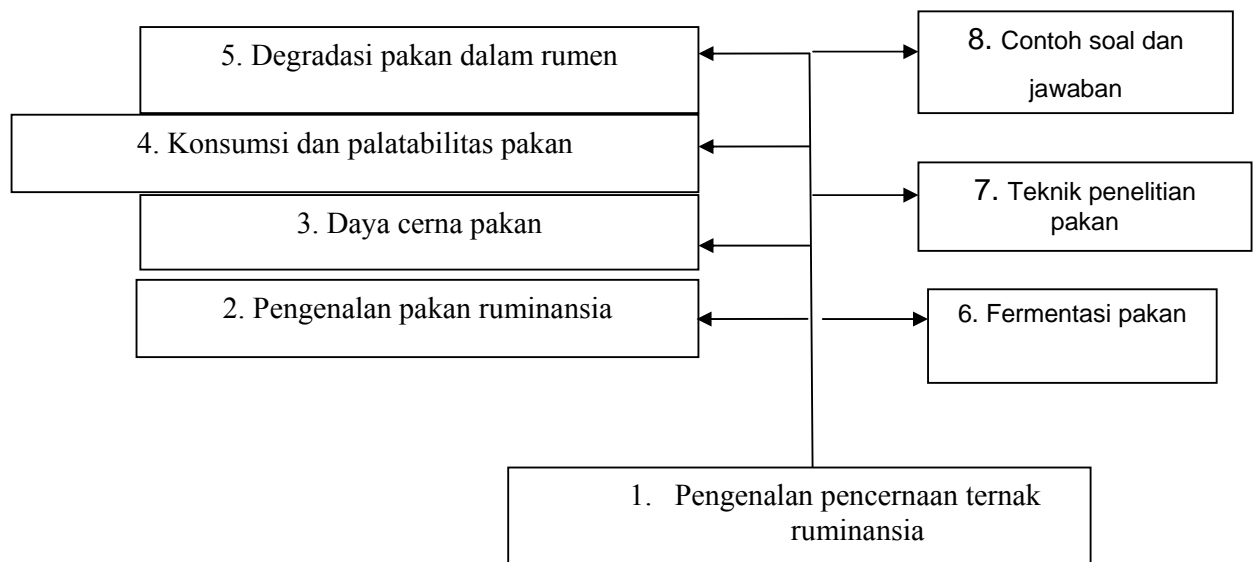
### 2. DESKRIPSI MATA KULIAH

Mata Kuliah ini akan membahas tentang dasar-dasar nutrisi, metabolisme pakan ruminansia.

### 3. SASARAN PEMBELAJARAN

1. Pengenalan klasifikasi ternak ruminansia
2. Menjelaskan anatomi saluran pencernaan ruminansia
3. Menjelaskan fermentasi pakan ruminansia
4. Menjelaskan metabolisme protein
5. Menjelaskan metabolisme karbohidrat
6. Menjelaskan metabolisme vitamin dan mineral
7. Menjelaskan gangguan metabolisme nutrisi ruminansia

### 4. ORGANISASI MATERI



## 5. STRATEGI PEMBELAJARAN

Mata kuliah ini menggunakan metode kuliah (ceramah) interaktif dan kerja mandiri/tugas mandiri

## 6. MATERI BAHAN BACAAN

1. Ruminant Nutrition
2. Microbes in Ruminant Nutrition
3. Ilmu Makanan Ternak Ruminansia

## 7. TUGAS

1. Buku bacaan materi kuliah telah dibaca oleh mahasiswa sebelum mengikuti pembelajaran
2. Mahasiswa diwajibkan menyelesaikan tugas yang diberikan sesuai dengan jadwal yang disepakati

## 8. KRITERIA PENILAIAN

1. Ketepatan langkah, uraian dan jawaban pada tugas mandiri + Uji Kompetensi → 90%
  2. Sikap dan kedisiplinan (termasuk kehadiran) → 10%
- 

Total → 100%

A = > 85, A<sup>-</sup> = 81 – 85, B<sup>+</sup> = 76 – 80, B = 71-75, B<sup>-</sup> = 66-70, C<sup>+</sup> = 61-65, C = 51 – 60, D = 45 - 50, dan E = < 45

## 9. NORMA AKADEMIK

1. Mahasiswa harus berpakaian rapih dan sopan serta mengenakan sepatu.
2. Tidak mengganggu jalannya pembelajaran: HP tidak diaktifkan/aktif dengan nada silent.
3. Mahasiswa yang terlambat tidak lebih dari 10 menit setelah kuliah dimulai, masih diberi kesempatan mengikuti perkuliahan

## 10. JADWAL PEMBELAJARAN

Kuliah	Materi Pembelajaran	Strategi Pembelajaran	Dosen
1	Kontrak Perkuliahan	Kuliah interaktif	Tim
2	Pengenalan dan Klassifikasi Ruminansia	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
3	Pengenalan pakan Ruminansia	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
4	Fermentasi dalam rumen dan kebutuhan Nutrient mikroba rumen	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
5	Pencernaan, absorpsi dan eksresi pada Ruminansia.	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
6	Daya cerna pada ruminansia	Kuliah interakti dan tugas mandiri	Tim
7	Konsumsi pakan dan palatabilitas Ransom pada ruminansia	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
8	Fungsi dan penggunaan air pada ruminansia	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
9	Metabolisme Protein Pada ruminansia.	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
10	Ujian Tengah Semester.	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
11	Metabolisme Karbohidrat dan Energi Pada ruminansia.	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
12	Lemak dalam nutrisi ruminansia.	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
13	Vitamin dalam nutrisi ruminansia.	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
14	Mineral makro dalam nutrisi ruminansia	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
15	Gangguan kesehatan akibat gangguan pencernaan dan gangguan mtabolisme pada ruminansia.	Kuliah interaktif dan tugas mandiri	Tim
16	Uji Kompetensi	Uji kemampuan individu	Tim
17		Remedial	Tim

## **BAB II**

### **TERNAK RUMINANSIA, PAKAN, DAN RUMEN**

#### **Pendahuluan**

Sasaran pembelajaran ke-1 tentang ternak ruminansia, sumber pakan lokal, dan lingkungan rumen adalah :

1. Mahasiswa mampu menjelaskan interaksi antara ternak, sumber pakan lokal tersedia disekitar ternak tersebut hidup, dan perubahan lingkungan rumen akibat mengkonsumsi pakan lokal tersebut.



**Gambar 2.1 Ternak sapi dan sumber pakan lokal**

2. Mahasiswa mampu menjelaskan pentingnya pengelolaan sumber pakan lokal yang sangat menentukan kualitas produksi ternak, serta mampu menyusun konsepsi pemanfaatan pakan lokal secara optimal untuk menjamin proses produksi yang efektif dan efisien.

#### **Uraian Bahan Pembelajaran 1**

## TERNAK RUMINANSIA, PAKAN, DAN RUMEN

Kualitas produksi ternak *ruminansia* sangat berhubungan erat dengan kualitas sumber pakan lokal yang tersedia. Sehingga pemanfaatan sumber pakan lokal secara optimal akan menentukan tercapainya kualitas produksi ternak secara optimal pula. Konsep evaluasi pakan ruminansia berdasarkan pemanfaatan sumber pakan lokal perlu diciptakan dalam rangka memacu proses produksi *ruminansia* yang optimal, efektif, dan efisien.



**Gambar 2.2 Kualitas ternak yang bertumpu pakan lokal**

Sistem evaluasi pakan *ruminansia* berdasarkan *total digestible nutrient* (TDN), *metabolizable energy* (ME), dan *net energy* (NE) yang digunakan di Indonesia dewasa ini adalah sistem yang diciptakan di negara Eropa dan Amerika yang kondisi alam, pakan, dan ternaknya jauh berbeda dengan kondisi di Indonesia. Sehingga penerapan sistem tersebut tidak dapat memberikan informasi yang bermanfaat dalam rangka pengembangan dan perencanaan peningkatan produksi ternak *ruminansia* di Indonesia.

Di negara maju, seperti Inggris dan Amerika, ternak *ruminansia* diberi pakan dengan kualitas baik, seperti pakan *basal* dalam bentuk *silase*, *konsentrat*, dan biji-bijian. Sebaliknya, di Indonesia ternak *ruminansia* diberi pakan *basal* berupa jerami-geramian (*roughages*) dengan kualitas rendah (kandungan protein sekitar 5%).



**Gambar 2.3 Pengelolaan pakan menentukan kualitas produksi**

Rendahnya kualitas produksi ternak *ruminansia* di Indonesia sering ditentukan oleh keterbatasan kemampuan ternak *ruminansia* dan kapasitas *rumen* untuk mengkonsumsi zat makanan yang memadai dan berkualitas baik. Faktor jumlah pakan yang secara sukarela dikonsumsi oleh ternak (*voluntary feed intake*) tersebut adalah sangat penting, oleh karena itu secara langsung akan menentukan kualitas produksi.

Dalam sistem evaluasi pakan dewasa ini faktor *voluntary feed intake* belum diperhitungkan mengingat bahwa untuk memperoleh informasi tersebut diperlukan satu penelitian yang cukup mahal dengan melibatkan sejumlah besar ternak dan pakan. Informasi *voluntary feed intake* ini tentunya akan sangat penting, karena setiap jenis ternak dalam suatu daerah tertentu akan berbeda kemampuannya dalam mengkonsumsi pakan dibanding dengan daerah lainnya, disebabkan oleh kondisi pakan yang berdeda. Informasi mengenai *voluntary feed intake* untuk pakan lokal untuk setiap jenis ternak *ruminansia* adalah penting untuk perencanaan dan pengembangan model evaluasi pakan yang tepat dalam rangka peningkatan kualitas produksi *ruminansia* di Indonesia. Tentunya proses produksi ternak akan lebih efektif dan efisien kalau informasi *voluntary feed intake* tersebut dapat diprediksi dari karakteristik degradasi pakan oleh *mikroba rumen*.



**Gambar 2.4 Domba yang sehat diberi pakan yang cukup**

Hasil penelitian Ismartoyo dan Budiman (2001-2006) menunjukkan, bahwa rumput gajah, rumput lapang, jonga-jonga, kulit coklat, biji kapuk, kulit buah markisa dan biji markisa sangat potensial untuk sumber pakan *ruminansia* di Sulawesi Selatan. Pakan tersebut sangat mudah dan siap didegradasi dan difermentasi oleh mikroba *rumen*. Hasil percobaan *in vitro* dalam sistem CBC menunjukkan, bahwa pencernaan bahan pakan tersebut bervariasi mulai dari 40% sampai 60%. Hasil tersebut adalah setara dengan hasil pencernaan *in vitro* bijian berminyak dan juga bijian *legum* di Inggris yang diteliti oleh Ismartoyo (1993; 1994; 1995; 1997).

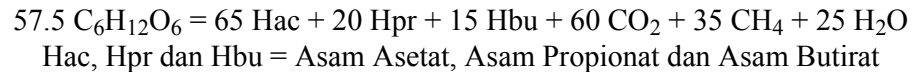
Namun demikian, pola adaptasi *mikroba rumen* terhadap bahan pakan tersebut berbeda antara satu jenis pakan dibanding yang lain diduga disebabkan oleh kandungan anti gizi *tannin* yang bervariasi lebar, dan juga mungkin disebabkan oleh kandungan *lignin*, lemak, dan struktur fisik karbohidrat yang berbeda. Ada indikasi yang kuat bahwa pencernaan *in vitro*, *in sacco*, dan produksi gas dari bahan pakan tersebut berkorelasi sangat erat. Hasil penelitian tersebut akan sangat bermanfaat kalau dapat digunakan untuk memprediksi *voluntary feed intake* untuk setiap jenis pakan lokal yang diberikan pada setiap jenis ternak *ruminansia*.

Penelitian tentang pengembangan konsep baru untuk teknik evaluasi pakan *ruminansia* oleh Ørskov *et al* (1988) di Inggris, Kibon dan Ørskov (1993) di Nigeria, Khazal *et al* (1993) di Portugal, dan Shem *et al* (1995) di Tanzania menunjukkan,

bahwa ada korelasi yang erat antara karakteristik degradasi pakan lokal dengan *voluntary feed intake* dan pertumbuhan (*growth rate*) ternak.

Dalam evaluasi nilai pakan *ruminansia* ada dua hal yang harus dipikirkan. *Pertama*, adalah kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan bakteri, jamur, dan protozoa dalam *retikulo rumen*. *Kedua*, adalah kebutuhan nutrisi untuk tujuan produksi ternak. Pembahasan menyangkut pemanfaatan bahan pakan oleh ternak *ruminansia* harus dibahas dalam konteks keduanya, yaitu ternak dan mikroorganisme *rumen*.

Kecernaan pakan sebagian besar dicapai dari proses degradasi pakan oleh mikroba *rumen*, yang menghasilkan *substrat* untuk proses fermentasi. *Substrat* yang terfermentasi akan menghasilkan *volatile fatty acid* sebagai sumber energi utama, *biomass* dan sejumlah gas baik CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub>. Fermentasi dari *substrate hexose* di dalam *rumen* telah diuraikan oleh Wolin dan Miller (1983) dalam persamaan berikut:



Persamaan ini merupakan landasan yang paling rasional untuk memahami apa yang terjadi dalam *rumen* selama proses fermentasi pakan (Karbohidrat) oleh mikroba *rumen*. Karbohidrat merupakan komponen terbesar dari ransum ternak *ruminansia*. Memahami proses pencernaan dan konsumsi pakan mempunyai arti penting untuk menentukan jumlah energi dan protein harus tersedia untuk tujuan produksi ternak. Dengan kata lain, ternak sepenuhnya tergantung pada mikroorganisme *rumen* untuk pencernaan pakan yang sebagian besar terdiri dari struktur *polisakarida* (misalnya *selulosa* dan *hemiselulosa*).

Kecernaan pakan akan ditentukan oleh karakteristik degradasi dan kecepatan aliran (*outflow rate*) atau laju dari zat pakan tersebut meninggalkan *rumen*. Sedangkan konsumsi pakan akan ditentukan oleh pencernaan pakan dan kapasitas *rumen*.

### 1. Laju Degradasi

Laju degradasi adalah tingkat di mana bahan pakan tersebut dipecah (didegradasi) oleh mikroorganisme *rumen* dalam interval waktu inkubasi tertentu. Degradasi pakan dicapai dari suatu kombinasi karakteristik degradasi dari bahan pakan dan faktor lingkungan *rumen*, yang keduanya akan menentukan dan dapat memodifikasi kurva degradasi pakan.

### 2. Outflow Rate

Outflow rate adalah tingkat kecepatan aliran residu pakan yang tidak didegradasi meninggalkan *reticulo-rumen*. Biasanya *outflow rate* dinyatakan sebagai tingkat kecepatan aliran pakan setiap jam (misalnya: 0.04 atau 4% volume *rumen* per jam).

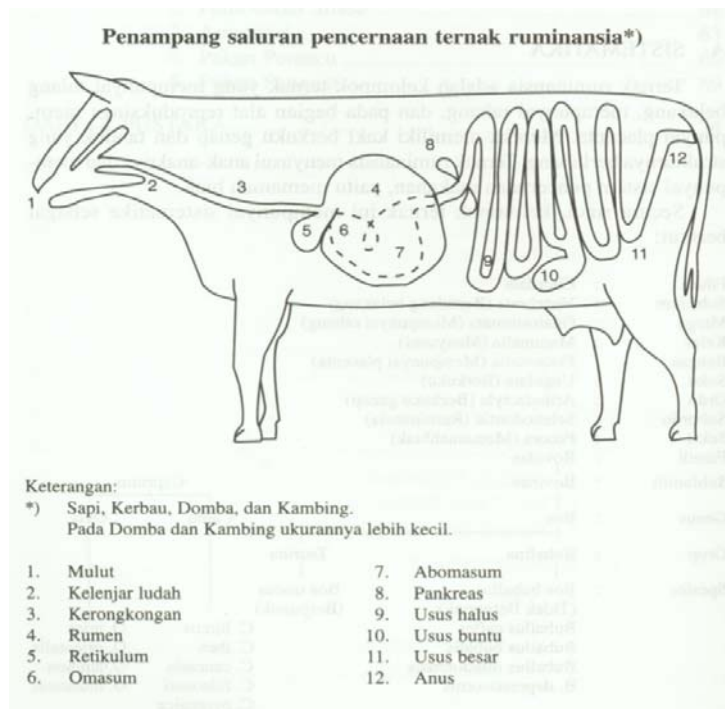
### 3. Kapasitas Rumen

Kapasitas rumen menggambarkan jumlah bahan kering yang dapat diakomodasi dalam rumen. Sebagian besar kapasitas rumen tersebut ditentukan oleh faktor ternak. Beberapa faktor makanan ternak (makanan ternak yang lebih palatable mungkin dapat dimakan lebih banyak dan meningkatkan volume bahan kering pakan dalam rumen). Nilai bahan kering rumen sekitar 8-15 % dari keseluruhan total volume rumen.

Ketiga komponen dari sistem reticulo-rumen (tingkat degradasi, outflow rate, dan kapasitas rumen) dipengaruhi oleh tiga faktor, yakni: pakan, lingkungan rumen, dan ternak.

## 1. Faktor Pakan

Struktur fisik dan kimia dari tanaman akan menentukan laju dan potensi fraksi pakan yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme rumen. Faktor pakan berhubungan erat dengan laju degradasi pakan tersebut. Struktur polisakarida (misalnya: selulosa) difermentasi lebih lambat dibanding polisakarida lainnya (pati dan gula). Lignin, cutin, dan silika adalah bersifat resistant terhadap degradasi mikroba rumen. Posisinya dalam struktur tanaman menggambarkan sebagai pelindung dari degradasi. Spesies yang berbeda, dan bagian-bagian dari tanaman (daun, batang, dll.) dapat mempunyai karakteristik degradasi yang berbeda. Kedewasaan tanaman (sampai pembentukan lignin, dan perubahan rasio daun: batang) mengakibatkan pengurangan degradasi dari tanaman. Perlakuan secara kimia (alkali, asam, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dapat memecahkan atau merenggangkan ikatan selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Efek dari perlakuan tersebut dapat meningkatkan tingkat pencernaan dan potensi degradasi. Pakan suplemen, misalnya dengan pemberian urea molases blok (UMB), biji-bijian, dan legum. Efek dari semua perlakuan ini akan membuat bahan pakan lebih mudah untuk didegradasi dan dapat meningkatkan laju degradasi. Namun demikian, perlu dicatat bahwa residu pakan yang berkualitas baik akan meninggalkan reticulo-rumen dengan cepat dibanding residu pakan yang berkualitas rendah.



**Gambar 2.5 Saluran Pencernaan Ternak Ruminansia**  
(H.R.Kartadisastra, 1997)

## 2. Faktor Lingkungan Rumen

Faktor lingkungan rumen meliputi kondisi pH, tekanan osmotik, dan ketersediaan nutrisi untuk pertumbuhan mikroba. Degradasi pakan akan ditentukan oleh mikroorganisme rumen. Langkah yang pertama di dalam pemberian pakan ruminansia sebenarnya adalah pemenuhan kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan mikroorganisme rumen. Nutrien yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroba rumen

antara lain  $\text{NH}_3$ , S, P, dan N (sebagai urea) serta P (sebagai fosfat) didaur ulang melalui *saliva*. Besarnya pH sangat penting, karena dengan pH *rumen* di bawah sekitar 6.2, proses degradasi selulosa (*cellulolysis*) dihambat oleh rendahnya pH tersebut. Anti-Nutrien seperti *tannin*, senyawa *phenolic* yang merupakan hasil penguraian *lignin*, *glucosinolates*, dan *gossypol* (Acamovic, 1994) dapat mengurangi tingkat degradasi oleh mikroba *rumen*. Faktor lingkungan *rumen* akan menentukan bentuk kurva degradasi.

### 3. Faktor Ternak

Volume *rumen* tergantung dari berat ternak, dan tingkat serta waktu di mana pakan tinggal dalam saluran *gastrointestinal* dan dalam *retikulo-rumen*. Mengunyah dan *ruminasi* berperan untuk membantu dan memudahkan proses degradasi pakan. Faktor ternak meliputi berbagai keadaan status produksi ternak itu sendiri. Kebuntingan atau suatu lingkungan yang dingin meningkatkan laju partikel pakan keluar dari *rumen*. Sebaliknya, suatu lingkungan panas akan mengurangi tingkat laju partikel pakan keluar dari *rumen*.

Tugas dan pertanyaan untuk bahan evaluasi mahasiswa :

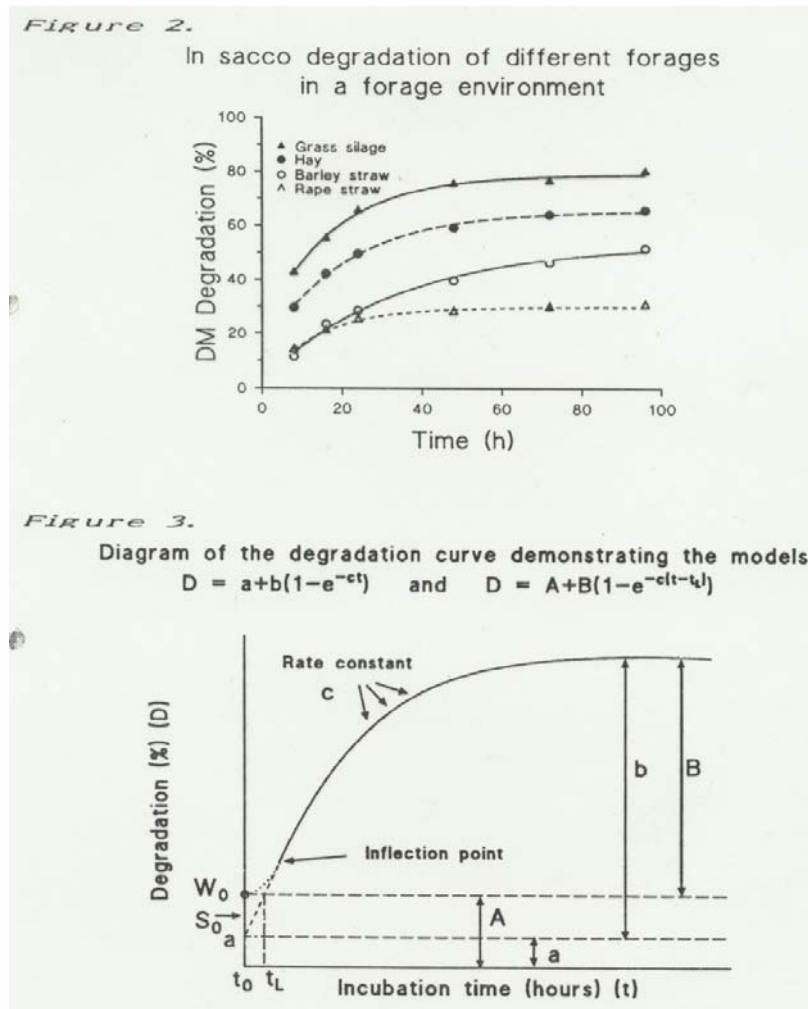
1. Jelaskan secara singkat pentingnya pengelolaan sumber pakan lokal yang optimal untuk menjamin kualitas produksi ternak.
2. Jelaskan dengan diagram interaksi antara ternak, pakan dan lingkungan rumen.
3. Menurut mahasiswa bagaimana konsep evaluasi pakan ruminansia yang cocok diterapkan di Indonesia.

**BAB III**  
**DEGRADASI PAKAN OLEH MIKROBA RUMEN**

**Pendahuluan**

Sasaran pembelajaran ke-2 tentang proses degradasi dan fermentasi pakan oleh mikroba rumen adalah :

1. Mahasiswa mampu menjelaskan perbedaan proses degradasi dan proses fermentasi pakan dalam rumen.
2. Mahasiswa mampu menjelaskan tahapan proses dan hasil akhir proses fermentasi pakan dalam rumen serta manfaatnya bagi mikroba rumen dan ternak.



**Gambar 3.1 Kurva degradasi pakan dalam rumen**

**Uraian Pembelajaran ke-2**  
**DEGRADASI PAKAN OLEH MIKROBA RUMEN**

**2.1 Degradasi Sel Tanaman Pakan oleh Bakteri Rumen**

*Rumen* mengandung banyak tipe bakteri, protozoa, dan jamur. Beberapa spesies mikroba *rumen* mampu menghasilkan enzim *selulase* dan *hemiselulase* yang dapat menghidrolisa isi sel dan dinding sel tanaman pakan. Degradasi pakan oleh ternak *ruminansia* dilakukan di dalam *rumen* dan sebagian besar kebutuhan zat makanan ternak *ruminansia* merupakan hasil degradasi sel tanaman pakan oleh mikroba *rumen*.



**Gambar 3.2 Pengukuran kecernaan pakan**

Jumlah bakteri *rumen* sekitar  $10^{11}$ /ml cairan *rumen* (Hungate, 1966; Stewart dan Bryant, 1988). Bakteri *rumen* mempunyai fungsi penting dalam proses degradasi pakan. Beberapa spesies bakteri *rumen* yang mampu mendegradasi *selulose* dan *hemiselulosa* dalam pakan dapat dilihat di Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Beberapa Spesies Bakteri Rumen dan Fungsinya**

(Stewart and Bryant, 1988; Flint 1994)

Kelompok Fungi	Spesies Bakteri Rumen
Lipolytic	<i>Anaerovibrio lipolytica</i> .
Cellulolytic	<i>Ruminococcus flavefaciens</i> , <i>R. albus</i> , cellulolytic clostridia, <i>Butyrivibrio</i> , <i>Fibrobacter succinogenes</i> , <i>Eubacterium cellulosolvens</i> .
Xylanolytics	<i>Ruminococcus</i> , <i>Butyrivibrio</i> , <i>Fibrobacter</i> , <i>Eubacterium sp.</i>
Pectinolytics	<i>Lachnospira</i> , <i>Butyrivibrio</i> and <i>Prevotella sp.</i>
Methanogens	<i>Methanobrevibacter ruminatum</i> .

Dinding sel tanaman *legum* didegradasi lebih cepat dibandingkan dinding sel jerami diduga oleh perbedaan struktur alami matrik *polisakarida* dalam dinding sel di kedua tanaman pakan tersebut (Hatfield, 1993). Degradasi pakan oleh bakteri *rumen* umumnya bersifat erosi permukaan partikel pakan (Hatfield, 1993; Flint, 1994). Dalam *rumen*, degradasi dan fermentasi pakan tersebut oleh mikroba *rumen* terjadi baik secara sendiri-sendiri, bersama-sama maupun interaksi bakteri, protozoa, dan fungi *rumen*.



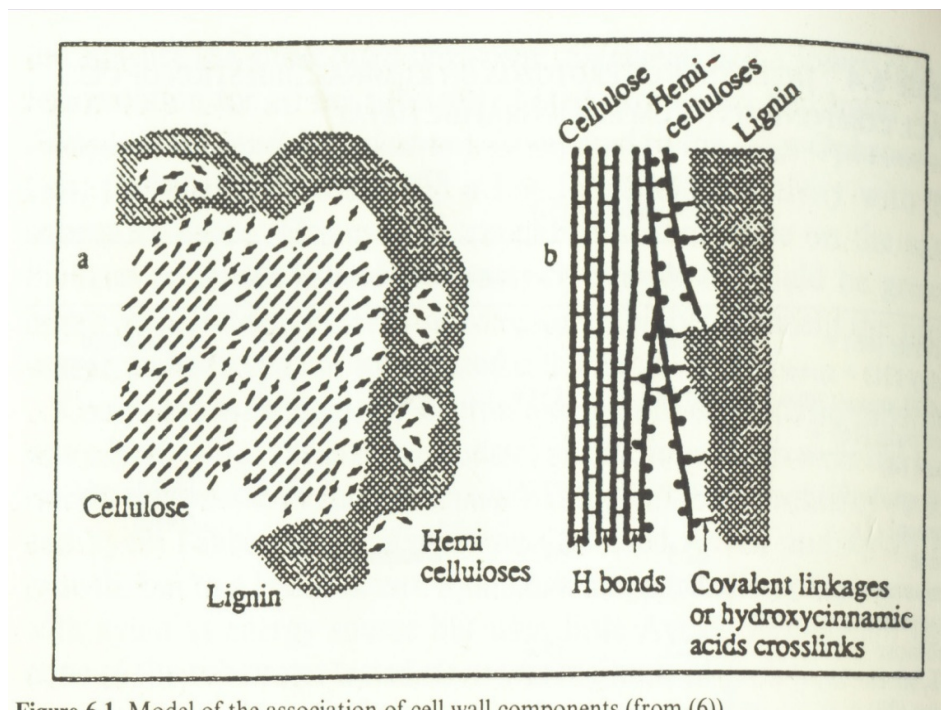
**Gambar 3.3 Pengukuran total faeces ternak**

## 2.2 Degradasi Pakan oleh Protozoa Rumen

Protozoa mengandung *nucleus* (*eukaryotic*), *uniseluler* dan bergerak menggunakan *silia* atau *flagela*. Jumlah protozoa dalam *rumen* berkisar  $10^5 - 10^6$ /ml cairan *rumen* (Hungate, 1966) dan ukuran diameternya berkisar antara 5-250  $\mu\text{m}$ . Protozoa *rumen* diklasifikasikan menjadi 2 kelompok, yaitu *holotrich* dan *entodiniomorphs* (Williams dan Coleman, 1988), lihat Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Beberapa Spesies Protozoa Rumen**  
(Williams dan Coleman, 1988; Brul *et al*, 1994)

Protozoa	Genus	Karakteristik
<i>Rumen ciliates:</i>		
Entodiniomorphs	<i>Polyplastron</i>	123-205µm long, 2 skeletal plates, cilia in zones.
	<i>Diploplastron</i>	88-120µm long, 2 skeletal plates, cilia in zones.
	<i>Entodinium</i>	22-95µm long, cilia in bands of zones.
Holotrich :	<i>Isotricha</i>	80-195µm long, 12 vacuoles, body covered with cilia.
	<i>Dasytricha</i>	50-110µm long, 11 vacuoles, body covered with cilia.
<i>Rumen flagellates:</i>		
	<i>Trichomonas</i>	10-20µm long, possess organelles, motile, amoeboid.



**Gambar 3.4 Model Komposisi Dinding Sel Pakan**  
(R.A. Prins dan C.S. Stewart, 1994)

Selain protein dari tanaman dan asam amino, *bacteri rumen* telah diketahui juga sebagai sumber protein untuk pertumbuhan *protozoa rumen*. Aktifitas *protozoa rumen* yang mendegradasi *hemicellulose* menyebabkan perenggangan ikatan *lignin*

dengan komponen karbohidrat lainnya, seperti *cellulose* yang memungkinkan fermentasi karbohidrat tersebut oleh *mikrobia-enzymes*. Sebagian besar komponen pakan yang dikonsumsi oleh *protozoa rumen* difermentasi menjadi H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, asam asetat dan asam butirat (William dan Coleman, 1988).

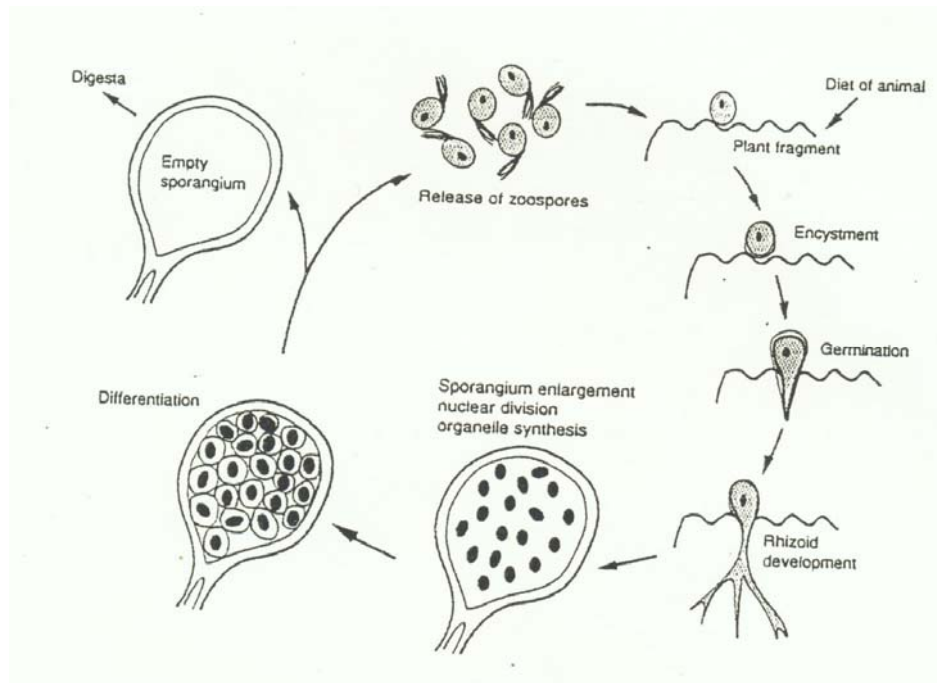
### 2.3 Degradasi Tanaman Pakan oleh Fungi Rumen

Dalam *rumen fungi* mempunyai siklus hidup yang terdiri atas *phase* bergerak *zoospora* dan *phase* vegetatif *sporocyst*. Ada 15 spesies *fungi rumen* yang berhasil diisolasi dari *rumen* ternak *ruminansia* dan sebagian besar adalah bersifat *selulolitik* (Trinci *et al*, 1994).

**Tabel 2.3 Beberapa Spesies Fungi Rumen Diisolasi dari Rumen Domba**

Spesies	Karakteristik
<i>Caecomyces communis</i>	Monocentric or polycentric, unflagellate, spherical holdfasts.
<i>Piromyces communis</i>	Monocentric, unflagellate, filamentous rhizomycellum.
<i>Neocallimastix frontalis</i>	Monocentric, polyflagellate, filamentous rhizomycellum.
<i>Anaeromyces mucronatus</i>	Polycentric, unflagellate, filamentous rhizomycellum.
<i>Orpinomyces joyonii</i>	Polycentric, polyflagellate, filamentous rhizomycellum.

Catatan: Diadaptasi dari Trinci *et al* (1994), Orpin and Joblin (1988).



**Gambar 3.5 Siklus Hidup Fungi Rumen**  
(R.A. Prins dan C.S. Stewart, 1994)

*Zoospora* melekat pada permukaan partikel pakan dan dalam waktu 15 menit *spora* tersebut tumbuh membentuk *mycelium* menghasilkan *rhizoid* (Bauchop, 1981). *Rhizoid* akan mempenetrasi jaringan partikel pakan yang memungkinkan *fungi rumen* mendapatkan sumber nutrisi untuk tumbuh (Ho *et al*, 1988). Kerusakan partikel pakan akibat penetrasi dan kerja *fungi rumen* memungkinkan bakteri *rumen* untuk mengkolonisasi permukaan dinding sel. Diduga *fungi rumen* merenggangkan ikatan *hemiselulosa-lignin* kompleks dan melepas *lignin-karbohidrat* kompleks. *Fungi rumen* memproduksi berbagai *enzyme*, seperti *selulase*, *hemiselulase*, *amylase*, dan *pektinase* yang memungkinkan *fungi* mendegradasi dinding sel tanaman pakan (Gordon dan Phillips, 1992).

## 2.4 Degradasi Bahan Pakan dalam Rumen

Inkubasi pakan untuk waktu yang berbeda di dalam *retikulo-rumen* dan (sampel pakan dalam kantong *nylon*) memungkinkan pengukuran langsung hubungan antara waktu dengan degradasi mikroorganisme *rumen* (teknik *in sacco*). Inkubasi dari sampel *in vitro* dengan cairan *rumen* (CBC), dan pengukuran produksi gas dalam interval waktu serupa (*Menke's gas production technique*) dapat menggambarkan proses degradasi pakan oleh *mikroba rumen*. Kurva degradasi (dapat dilihat pada

Gambar 2.5 dan Gambar 2.6) mengikuti persamaan eksponensial Ørskov dan McDonald (1979).

$$Y = a + b(1 - e^{-ct})$$

di mana :

Y = Degradasi pakan oleh *mikroba rumen* pada waktu t (waktu inkubasi)

a = *Intercept extrapolasi* dari kurva degradasi.

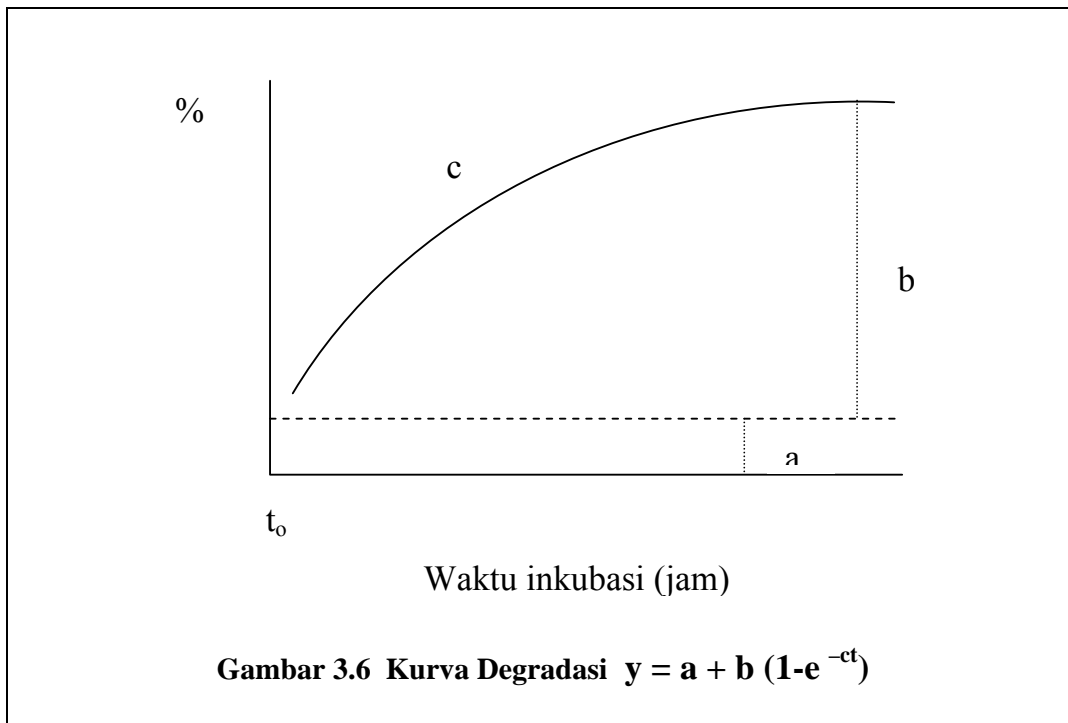
b = *Asymptote eksponensial*  $b(1 - e^{-ct})$ . Dicapai ketika ' t ' = ~

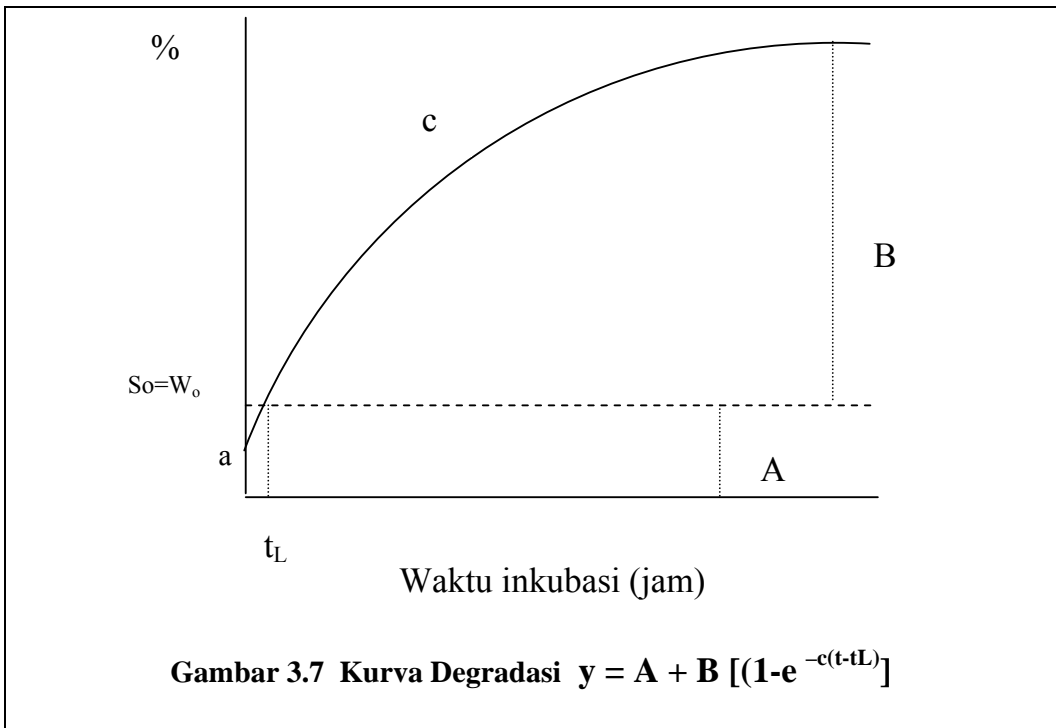
c = Laju degradasi fraksi b.

a + b = Bahan pakan yang berpotensi didegradasi diberi simbol (a + b) meliputi material yang dapat meninggalkan kantong nilon tanpa degradasi.

Wo = *Zero time washing loss*. Hilangnya material dari kantong yang diukur saat dicuci dengan air tanpa diinkubasi dalam *reticulo-rumen*.

So = Material dapat larut dalam air yang diukur menggunakan kertas saring.





Perlu dicatat bahwa 'a' bukanlah komponen pakan yang cepat terdegradasi atau yang dapat larut, dan bahwa 'b' bukanlah komponen yang tidak dapat larut, tapi dapat terdegradasi. Tetapi 'B' lah yang sebenarnya adalah komponen pakan yang tidak dapat larut dan terdegradasi lebih lambat. Sedangkan 'A' sama dengan 'Wo' pada saat pencucian dengan air. Jika diasumsikan bahwa *apparent digestibility (in vivo)* adalah sama dengan *true digestibility (Y)* di dalam *reticulo-rumen*, maka dengan menggunakan kurva degradasi, waktu fraksi pakan tinggal dalam *rumen (retention time)* dapat dihitung sebagai 't' :

$$t = \frac{\ln \frac{(1 - Y - a)}{b}}{-c}$$

Sehingga degradasi pakan dapat didefinisikan sebagai aksi dari mikro-organisme *rumen* untuk memecah bahan pakan dalam *reticulo-rumen*. Sedangkan pencernaan pakan adalah proses kemajuan berikutnya sejalan dengan waktu (t) sebagaimana digambarkan dalam kurva degradasi.

Untuk ternak *ruminansia* zat pakan yang dapat digunakan untuk kebutuhan hidup pokok dan produksi ternak adalah semua zat pakan, baik yang terdegradasi maupun yang lolos (tidak terdegradasi) oleh *mikroba rumen*. Untuk menentukan jumlah zat pakan yang terdegradasi maupun yang tidak terdegradasi, serta laju degradasi zat pakan tersebut dapat dilakukan dengan teknik *in sacco*, yaitu teknik kantong *nilon* yang diinkubasikan dalam *rumen*. Teknik ini dapat memberikan gambaran bagaimana proses individu pakan didegradasi dan difermentasi oleh *mikroba rumen*. Sementara teknik pencernaan *in vivo* (*total collection*) akan memberikan gambaran bagaimana nilai pencernaan pakan dari mulut sampai ke anus, namun tidak memberikan gambaran apapun mengenai nasib individu pakan tersebut dalam *rumen*.

Suhartanto dkk (2000) menyatakan, bahwa teknik *in sacco* di Perancis telah dibakukan untuk mengukur konstituen penyusun N pakan menggunakan metode Michalet-Doreau *et al* (1987) dan nilai degradasi teori dari fraksi N pakan dalam sistem evaluasi N pakan, yakni untuk mengestimasi jumlah protein yang tercerna dalam *intestinum* (*protein digestible intestine*= PDI) (Verite *et al.*, 1987 dan Michalet-Doreau *et al.*, 1992). Penggunaan lebih lanjut dari teknik kantong *nilon* tersebut adalah untuk mengevaluasi pakan sumber energi pada ternak *ruminansia* seperti dalam estimasi sistem PDI. Hal ini dilakukan dalam upaya mengoptimalkan penggunaan sumber energi dari karbohidrat pada ternak *ruminansia* (Sauvant *et al*, 1994).

Di Inggris, protein dalam pakan diklasifikasi menjadi *rumen degradable protein* (RDP) dan *rumen undegradable protein* (UDP). Selanjutnya, AFRC (1993) menyarankan, bahwa RDP terdiri dari *quickly degraded in the rumen* (QDN) dan *slowly degraded in the rumen* (SDN). The QDN, SDN dan *effective rumen degraded dietary nitrogen* (ERDN) dapat dihitung (AFRC,1993) menggunakan persamaan atau formula berikut:

$$\begin{aligned} \text{QDN (g kg}^{-1} \text{ DM)} &= (\mathbf{a} \times \mathbf{CP}) \\ \text{SDN (g kg}^{-1} \text{ DM)} &= (\mathbf{CP}) \times \mathbf{b} \times \mathbf{c} \times (\mathbf{c} + \mathbf{r})^{-1} \\ \text{ERDN (g kg}^{-1} \text{ DM)} &= (\mathbf{a} + \mathbf{bc}) \times (\mathbf{c} + \mathbf{r})^{-1} \end{aligned}$$

Di mana '**a**' adalah *intercept* hasil *extrapolasi* kurva degradasi, **CP** adalah *crude protein* (protein kasar) pakan, nilai '**b**' dan '**c**' diperoleh dari pengukuran kecepatan degradasi protein pakan dalam *rumen*, dan '**r**' adalah kecepatan aliran protein pakan meninggalkan *rumen*. Nilai **a**, **b**, **c**, dan **UDP** untuk jerami padi adalah

0.22, 0.60, 0.08, dan 0.18; dan untuk biji kapas adalah 0.24, 0.69, 0.11, dan 0.08, respectively (AFRC, 1993).

Tingkat pencernaan protein dalam *rumen* sangat dipengaruhi oleh tingkat kecepatan aliran ( $r$ ) protein tersebut meninggalkan *rumen*. Jumlah nilai *effective protein degradability* akan sangat menentukan jumlah protein yang tersedia untuk pertumbuhan *mikroba rumen*. Sehingga **ERDN x CP** adalah sama dengan jumlah zat protein yang tersedia dan dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroba dalam *rumen*.

Tugas sebagai bahan evaluasi mahasiswa

1. Dari penelitian *in sacco* diketahui bahwa sampel pakan yang diinkubasi ke dalam *rumen* ternak kambing, bahan kering yang hilang ( $y$ ) pada jam ( $t$ ) ke-8 adalah 48%. Sedangkan jumlah fraksi yang mudah larut ( $a$ ) adalah 6%, dan fraksi yang potensial terdegradasi ( $b$ ) adalah 86%. Menggunakan kurva degradasi pakan  $y = a + b(1 - e^{-ct})$ , hitunglah berapa kecepatan degradasi pakan ( $c$ ) dalam *rumen* ternak tersebut ?
2. Percobaan *in sacco* menghasilkan protein tercerna dalam *rumen* mengikuti persamaan eksponensial  $y = a + b(1 - e^{-ct})$ . Grafik hubungan antara waktu inkubasi dan protein tercerna dalam *rumen*, menunjukkan, bahwa semakin lama waktu inkubasi semakin tinggi pula pencernaan protein, tetapi dengan kecepatan yang semakin menurun. **ERDP** =  $a + [bc : (c+r)][1 - e^{-(1c+r)t}]$ . ERDP = *Effective Rumen Degradable Protein* (Jumlah protein yang efektif tersedia untuk pertumbuhan mikroba rumen); di mana 'r' adalah kecepatan aliran fraksi pakan meninggalkan *rumen* ke *abomasum*. Sejalan dengan bertambahnya waktu inkubasi, fraksi protein yang tersisa dalam *rumen* semakin menurun dan akhirnya mendekati 0. Demikian juga kecepatan degradasi pakan juga akan mendekati 0. Apabila  $c$  adalah 0, maka: **ERDP** =  $a + [bc : (c + r)]$ . Dimana: 'a' adalah fraksi protein yang cepat didegradasi, sedangkan [bc

:  $(c+r)$ ] adalah fraksi protein yang lambat didegradasi. Contoh soal latihan : Apabila dari percobaan *in sacco* diketahui: **a** = fraksi protein pakan yang mudah didegradasi = 0.30. **b** = fraksi protein pakan yang lambat didegradasi = 0.70. **c** = kecepatan degradasi protein pakan = 0.02, dan **r** = kecepatan fraksi protein meninggalkan rumen ke abomasum = 0.05. maka hiyung berapa ERDP = ??.

**BAB IV**  
**TEKNIK PENELITIAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA**

**Pendahuluan**

**Sasaran pembelajaran ke-3 tentang teknik penelitian pakan ruminansia adalah :**

- 1. Mahasiswa mampu menjelaskan berbagai teknik penelitian terbaru untuk evaluasi pakan ruminansia, baik teknik penelitian *in vitro*, *in sacco*, maupun *in vivo*.**
- 2. Mahasiswa mampu menjelaskan perbedaan dan keunggulan masing-masing teknik penelitian tersebut.**



Gambar 4.1 Analisis *In Vitro* Pakan Ruminansia

### Uraian Pembelajaran 3

#### TEKNIK PENELITIAN PAKAN TERNAK RUMINANSIA

Dari tahun ke tahun teknik evaluasi bahan pakan ternak terus dikembangkan dimulai dari teknik ekstraksi, pencernaan *selulase*, dan inkubasi *in vitro* dengan mikroorganisme *rumen*. Banyak dari pengukuran ini mempunyai kontribusi terhadap perbaikan pencernaan pakan. Namun demikian, teknik tersebut mempunyai keterbatasan, misalnya teknik Tilley dan Terry kelemahannya antara lain menghasilkan nilai tunggal, sedangkan hubungan waktu inkubasi dan degradasi pakan ternak oleh mikroorganisme *rumen* tidak dapat dijelaskan dengan teknik tersebut.



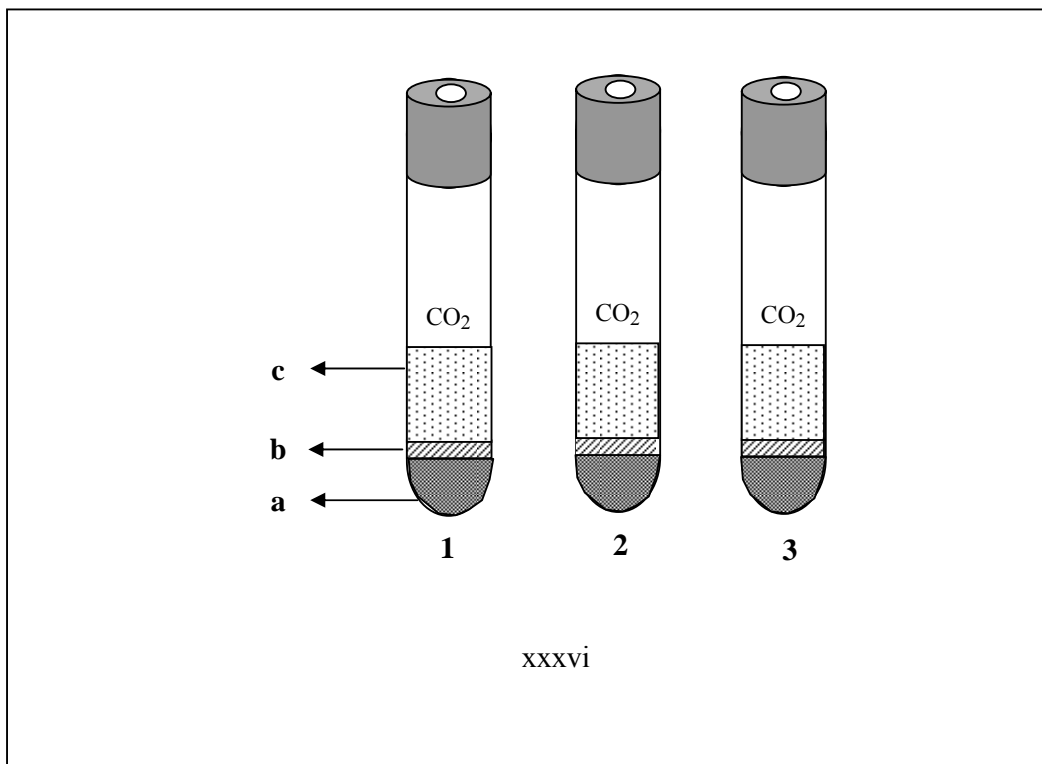
## Gambar 4.2 Pengisian cairan rumen kedalam tabung Menke

### Beberapa teknik evaluasi pakan ternak antara lain:

1. Analisa kimia di Laboratorium (AOAC, 1984), yakni pengujian menggunakan enzim, inkubasi pakan ternak secara *in vitro* (Tilley dan Terry, *Consecutive batch culture*), dan teknik *Menke's gas production*.
2. *In sacco* (*nilon, dacron bags*), yakni tingkat dan laju degradasi pakan ternak dalam *rumen*.
3. *In vivo*; *voluntary feed intake*, yakni pencernaan dan metabolisme.

### 3.1 Penentuan Kecernaan Pakan *In vitro* (Teknik Tilley dan Terry)

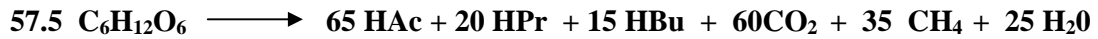
Metode penelitian *in vitro* menggunakan teknik Tilley dan Terry pertama-tama dipublikasikan oleh Tilley dan Terry (1963) yang hanya menirukan pencernaan bahan pakan ternak dalam *rumen* saja. Minson dan McLeod (1972) kemudian memodifikasinya dengan menggunakan sistem dua tahap. Tahap pertama adalah fermentasi bahan yang diteliti dengan *inokulum rumen* serta *buffer* (*saliva buatan*) selama 48 jam yang menirukan pencernaan dalam *rumen*. Tahap kedua adalah pencernaan dengan *pepsin asam* selama 24 jam menirukan pencernaan *pasca-rumen*, dengan demikian diharapkan kecernaan pakan yang diperoleh akan lebih mendekati kecernaan pakan *in vivo*.



- a. Sampel pakan ternak / *substrates* (500 mg)
- b. Cairan *rumen* (10 ml) *mixed microbes, bacteria, protozoa, fungi*
- c. *Artificial saliva* (40 ml)

Gambar 4.3 *A Tilley and Terry Tecnique*

Pengamatan hasil akhir fermentasi, antara lain :



1. Konsentrasi VFA (*Asetat, Propionat, dan Butirat*).
2. Konsentrasi  $\text{NH}_3$
3. Bahan kering tercerna.

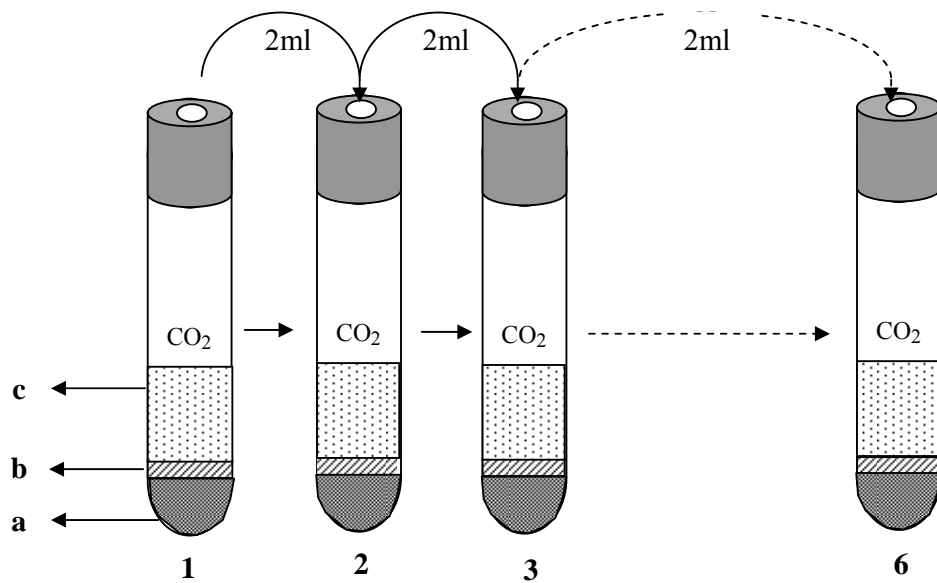
Fermentasi *in vitro* digunakan untuk memprediksi apa yang terjadi pada proses pencernaan sebenarnya (*in vivo*), karena itu diusahakan agar kondisi dalam tabung fermentasi sama dengan kondisi *rumen* yang sebenarnya. Tilley dan Terry (1963) menyarankan temperatur inkubasi antara 38°C - 39°C dan pH nya antara 6,8 – 6,9. Temperatur dan pH yang tidak tepat akan menghasilkan fermentasi yang kurang baik.

Sampel pakan yang akan digunakan digiling melalui saringan 1 mm (Nefsaoui dan Vanbelle, 1985). Tabung fermentasi yang digunakan biasanya adalah tabung *polyethilen*, untuk mencegah sampel terapung di permukaan dengan adanya tekanan gas.

*Inokulum rumen* yang digunakan dalam fermentasi biasanya diperoleh dari ternak sapi atau domba *fistula*. Jika ternak *fistula* tidak mungkin, maka cairan *rumen* dapat diambil dari rumah potong hewan, yaitu dari *rumen* ternak yang baru dipotong atau dapat pula menggunakan *enzim sellulase* sebagai *inokulum* (Minson dan McLeod, 1972).

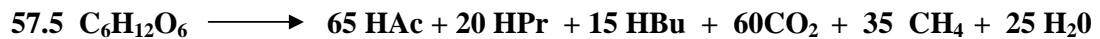
### 3.2 Penentuan Kecernaan Pakan *In vitro* (Teknik *Consecutive Batch Culture* atau CBC)

Teknik CBC mula-mula dipublikasikan oleh Gascoyne (1986). Di dalam prosedur ini masing-masing CBC dibuat dengan *menginokulasikan* tiga tabung kultur berisi medium (8 ml) dan sampel pakan (70 mg) dengan 2 ml *inokulum mikroba rumen* (yang disiapkan dari cairan *rumen*). Setelah 48 jam diinkubasi (pada 39°C), *supernatant* dari tabung kultur yang telah diinkubasi tersebut ditransfer ke dalam tiga tabung berikutnya yang berisi sampel dan medium baru.



- a. Sampel pakan / *substrates* (70 mg)
- b. Cairan *rumen* (2 ml) *mixed microbes*, *bakteria*, *protozoa*, *fungi*)
- c. *Medium Hungate dan Stack* (8 ml)

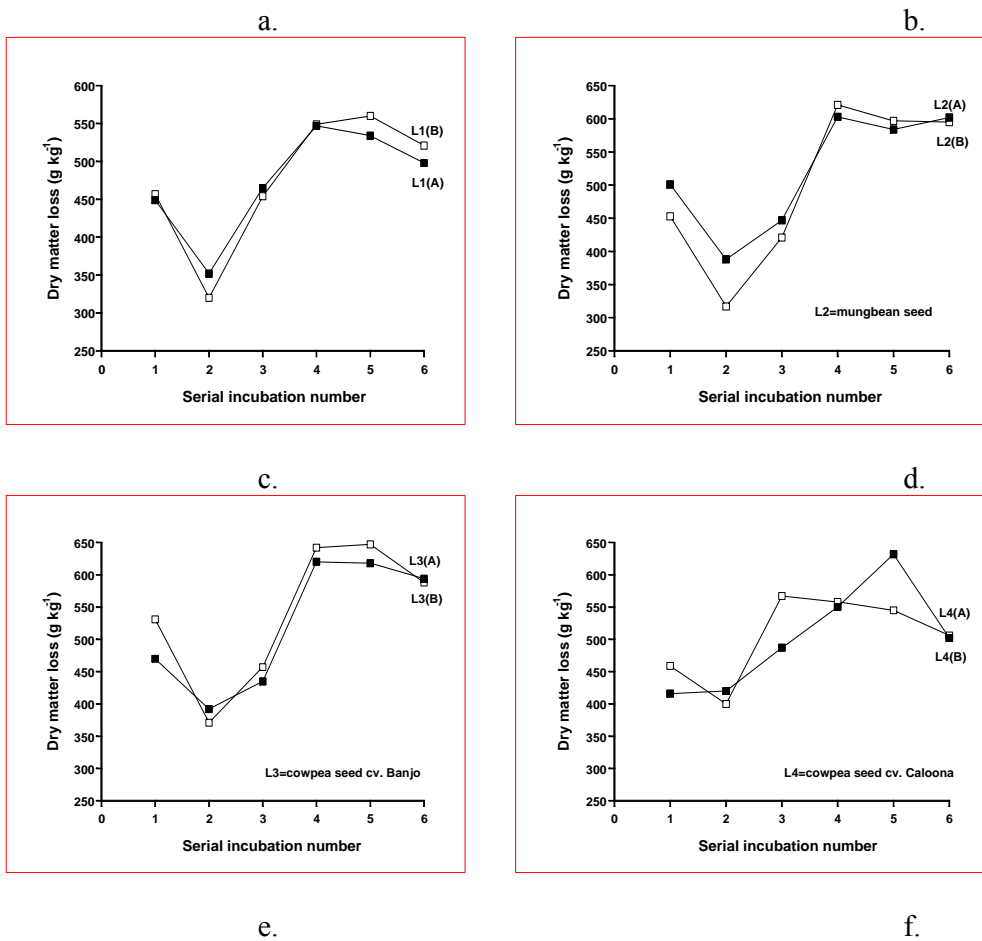
**Pengamatan :**

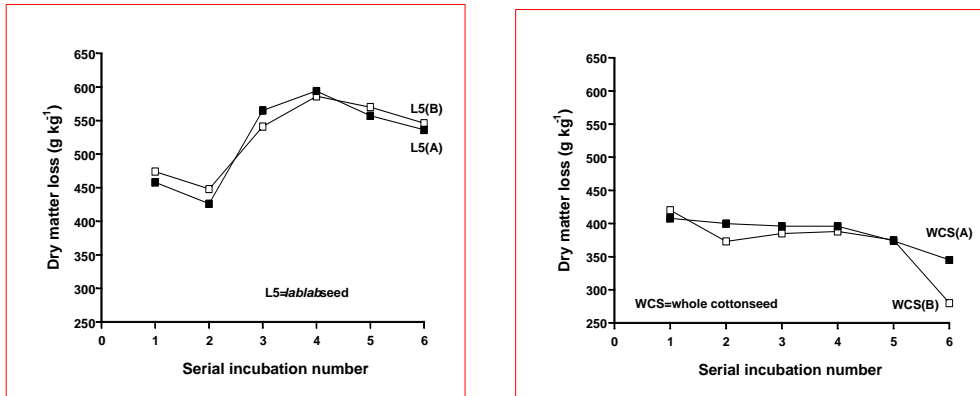


**1. Produksi gas (CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>)**

2. Konsentrasi VFA (*Asetat, Propionat, dan Butirat*)
3. Konsentrasi  $\text{NH}_3$
4. Bahan kering tercerna

Gambar 4.4 *A Consecutive Batch Culture System*





**Gambar 4.5 Hasil Penelitian Menggunakan Teknik CBC**

**Note:**

*Dry matter loss of legume seeds and whole cottonseed over 6 serial incubation number. Replicates A and B of each substrate are shown in solid and open square symbols, respectively.*

Prosedur yang sama dilakukan secara kontinyu sampai dengan 6 kali inkubasi, sehingga jumlah waktu untuk satu sistem CBC adalah 12 hari. Perpindahan *inokulum mikroba* dari waktu inkubasi ke-1 ke waktu inkubasi berikutnya dilakukan untuk menciptakan unit eksperimen dalam perlakuan yang sama, yang memungkinkan pengamatan tingkat adaptasi selama proses pencernaan pakan oleh *mikroba rumen*.

Tingkat adaptasi *mikroba rumen* penting artinya dalam suatu evaluasi pakan, sebab apabila pakan dicurigai mengandung *anti-nutrien*, *mikro-organisme rumen* mungkin peka dan/atau mampu beradaptasi dan mampu mendegradasi *anti-nutrien* tersebut, menghasilkan pencernaan pakan yang lebih baik. Adaptasi dari *mikroba rumen* ditentukan atas dasar meningkatnya pencernaan pakan dari waktu inkubasi satu dan waktu inkubasi berikutnya. Kecernaan bahan kering ditentukan dengan mencuci (dengan *aquades*) tabung kultur yang berisi medium dan residu pakan. Sebagian *supernatant* dapat disimpan untuk analisa *volatile fatty acids*. Setelah dilakukan pencucian tiga kali, residu pakan dalam tabung dikeringkan untuk penentuan bahan kering yang hilang.

**3.3 Penentuan Produksi Gas *In vitro* (Teknik ‘Menke dan Steingass’, 1988)**

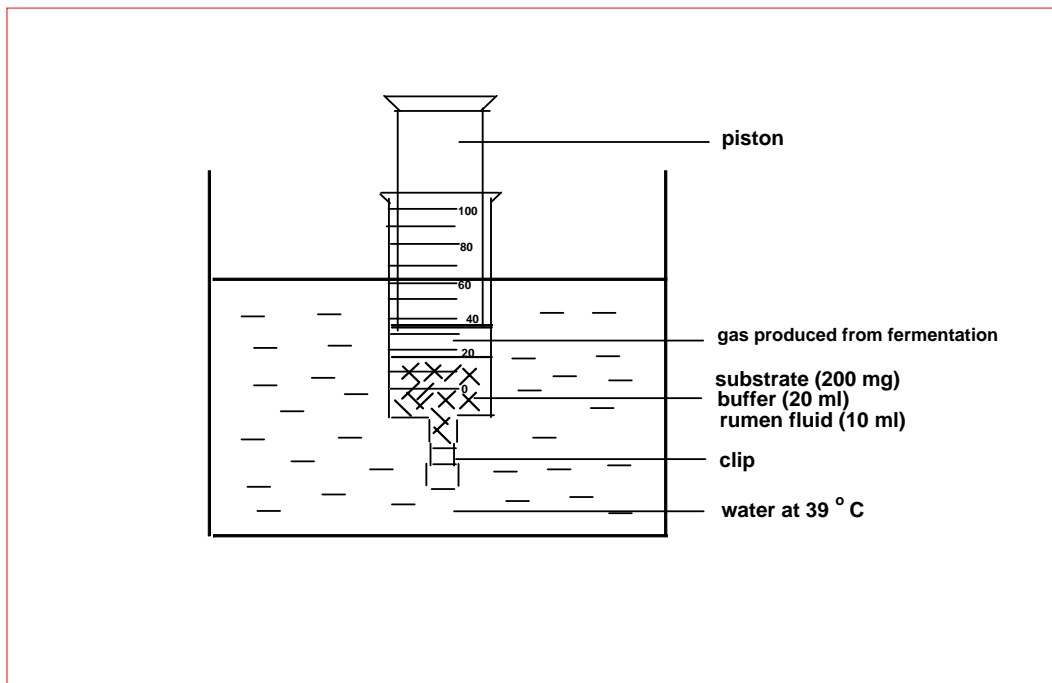
Penilaian nilai energi pakan dari produksi gas yang diinkubasikan menggunakan cairan *rumen* dipublikasikan oleh Menke dan Steingass (1988). Metode ini berdasarkan pada temuan bahwa jumlah gas yang dilepaskan ketika bahan pakan

diinkubasi *in vitro* dengan cairan *rumen* dan medium dalam suatu gelas Menke (kapasitas 100 ml, dengan pemasangan kapiler dan suatu klip) (lihat Gambar 3.5) diperoleh bahwa nilai energi bahan pakan berhubungan erat pada pencernaan bahan pakan tersebut (Menke *et al*, 1988).

Berat sampel pakan tidak melebihi 200 mg bahan kering untuk bahan yang material yang mudah dapat dicerna, dan 300 mg bahan kering untuk material yang kurang dapat dicerna. Komposisi rasio cairan *rumen* (10 ml) dan medium (20 ml) telah diuraikan oleh Menke dan Steingass (1988). Dinyatakan pula bahwa kurva produksi gas diperoleh lebih jelas dengan menggunakan *substrat* yang mengandung *selulosa* dibanding dengan *substrat* yang mengandung karbohidrat yang mudah terfermentasi. Pembacaan produksi gas diambil pada 4, 8, 12, 24, 32, dan 48 jam inkubasi. Dinyatakan pula bahwa dengan menggunakan bahan pakan berserat kering ( $n = 85$ ) energi metabolisme (ME) dapat diperkirakan dari pencernaan bahan organik (DOM), dan DOM dapat diperkirakan dari produksi gas (GP, ml 200 mg<sup>-1</sup> DM dalam 24 jam). Persamaan untuk memperkirakan ME dari DOM dan produksi gas adalah  $ME (MJ kg^{-1} DM) = -20 + 0.1410 DOM$ , di mana  $DOM (\%) = 17.04 + 1.1085 GP$ .

Perlu dicatat bahwa tidak semua produksi gas berasal dari proses fermentasi sampel pakan; tetapi CO<sub>2</sub> mungkin juga berasal dari larutan *buffer* sebagai akibat perubahan pH (penurunan pH) sepanjang inkubasi. Penyebab dari penurunan pH adalah produksi asam lemak terbang (VFA) yang tinggi di akhir masa inkubasi (Menke dan Steingass, 1989).

Suatu modifikasi teknik produksi gas telah dikembangkan oleh Theodorou *et al* (1994). Ini adalah suatu prosedur sederhana, dan tidak memerlukan gelas Menke yang mahal seperti yang digunakan dalam metode produksi gas Menke. Di dalam metode baru tersebut, tekanan gas dihubungkan ke suatu '*readout voltmeter*' digital dan suatu instrumen pengatur gas digunakan untuk mengukur dan melepaskan gas yang dihasilkan oleh botol kultur. Keuntungan dari metode baru tersebut dapat menampung sejumlah besar *substrat* untuk difermentasi dengan waktu inkubasi yang lebih lama.

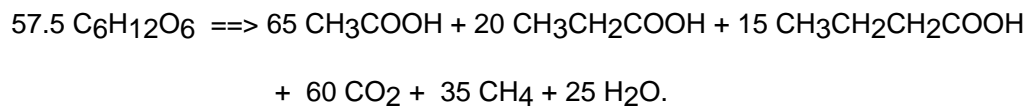


Gambar 4.6 Instrumen Inkubasi Teknik Produksi Gas Menke *In vitro*

Teknik produksi gas Menke telah banyak diterapkan oleh beberapa peneliti (Ørskov *et al*, 1988; Khazal *et al*, 1993a,b; Blummel dan Ørskov, 1993; Ismartoyo *et al*, 1994) untuk tujuan evaluasi nilai nutrisi bahan pakan dengan menggunakan model persamaan seperti yang telah diuraikan oleh Ørskov dan McDonald (1979). Model matematika lain yang cocok untuk data produksi gas telah diuraikan oleh France *et al* (1993), Krishnamoorthy *et al* (1993), serta Jessop dan Herrero (1996).

### 3.4 Contoh Hasil Penelitian Menggunakan Teknik Produksi Gas Menke

Menurut Wolin dan Miller (1983), hasil akhir fermentasi karbohidrat (*hexose*) dalam *rumen* dapat digambarkan dalam persamaan reaksi kimia sebagai berikut.



Sementara hasil penelitian yang menguji pengaruh beberapa konsentrasi *antinutrisi tannin* terhadap fermentasi *selulosa (hexose)* dalam ‘sistem *Menke’s gas production technique*’ (dengan volume kultur 30 ml), dapat dilihat dalam Tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Hasil Penelitian Menggunakan Teknik Gas Menke**

Perlakuan	Produksi per liter			Produksi per 30 ml			
	Asam Asetat	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Total gas	Tercatat
	(mM)	(mM)	(mM)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)
Selulosa (kontrol)	16.0	14.7					15.7
Selulosa + 0.1mM	13.4	12.4					32.0
Selulosa + 0.5mM	12.4	11.4					28.0
Selulosa + 1mM	10.9	10.0					22.5

Pertanyaan:

Berdasarkan persamaan reaksi kimia Wolin dan Miller (1983) di atas, hitung dan buktikan bahwa *tannin* tersebut menghasilkan ‘gas tambahan’ selain gas hasil fermentasi selulosa oleh *mikroba rumen*. Ingat bahwa setiap 1 mM gas (CO<sub>2</sub> atau CH<sub>4</sub>) = 22.4 ml (volume).

Jawaban:

**Tabel 3.2 Hasil Penelitian Menggunakan Teknik Gas Menke**

Perlakuan	Produksi per liter			Produksi per 30 ml			
	Asam asetat	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Total gas	Tercatat
	(mM)	(mM)	(mM)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)
Selulosa (kontrol)	16.0	14.7	8.6	9.8	5.7	15.5	15.7
Selulosa + 0.1mM	13.4	12.4	7.2	8.3	4.8	13.1	32.0
Selulosa + 0.5mM	12.4	11.4	6.7	7.6	5.1	12.7	28.0
Selulosa + 1mM	10.9	10.0	5.9	6.7	3.9	10.6	22.5

Dari hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa untuk perlakuan kontrol total gas hasil perhitungan adalah hampir sama dengan total gas tercatat dalam pengamatan. Namun demikian, perlakuan *gossypol* menunjukkan adanya *extra* gas tercatat selama pengamatan, diduga karena adanya endapan garam terlarut dalam

suasana asam di akhir fermentasi, dan juga adanya fermentasi *mikroba rumen* yang mati dan menghasilkan *extra gas* tersebut.

### **3.5 Penentuan Kecernaan Pakan Menggunakan Teknik *In vivo***

Teknik dasar eksperimen kecernaan pakan koleksi total (*in vivo*) meliputi pengukuran total *voluntary feed intake* dan penimbangan total *feses* ternak (selama 48 jam) dalam kandang *metabolisme*. Nilai kecernaan zat pakan (misalnya: bahan kering, protein, energi) ditentukan oleh jumlah zat pakan tersebut yang tidak ditemukan kembali dalam *feses*.

Apabila hanya 2 macam pakan yang akan diuji, maka rancangan percobaan *cross-over* dan atau *switch back* akan membantu mengurangi jumlah ternak percobaan. Apabila ada beberapa pakan yang akan diuji, maka dapat digunakan rancangan acak lengkap dengan masing-masing perlakuan minimal 3 ulangan. Fase penyesuaian (*adjustment period*) sebaiknya 14 - 21 hari, sedangkan fase observasi dapat 5 - 10 hari. Pemberian pakan dapat secara *ad libitum*, sesuai kebutuhan pokok, di bawah dan atau di atas kebutuhan hidup pokok. Umumnya diperlukan waktu 48 jam untuk ternak *ruminansia* menyelesaikan proses pencernaan dan mengeluarkan sisa pakan melalui *feses*.

### **3.6 Contoh Percobaan In sacco dan In vivo**

Contoh Percobaan In sacco dan In vivo, yakni Pemberian Suplemen Biji Kapas untuk Ternak Domba yang Diberi Pakan Basal Hay terhadap Kecernaan dan Karakteristik Degradasi Pakan.

Empat ekor ternak domba dewasa diberi 4 macam ransum masing-masing T1 = hay sebagai kontrol, T2 = hay + 150 g biji kapas, T3 = hay + 300 g biji kapas, dan T4 = hay + 500 g biji kapas.



**Gambar 4.7 Penelitian *In sacco* pada Kambing Berfistula**

### 3.6.1 Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah:

1. untuk menentukan kecernaan pakan dan karakteristik *rumen* (pH, ammonia and VFA concentration);
2. untuk menentukan karakteristik degradasi pakan biji kapas dan hay setelah 8, 16, 24, 48, 72 and 96 jam inkubasi dalam kantong *nylon* yang di-inkubasikan ke dalam *rumen* domba tersebut.

Ke-4 ekor domba dewasa tersebut masing-masing ber-kanula *rumen* dengan diameter 5 cm. Domba dikandangkan secara individu dalam kandang *metabolisme* yang diletakkan dalam suatu ruangan kandang terbuka.

Ke-4 *ransum* diberikan kepada masing-masing ternak domba yang dialokasikan ke dalam 4 kandang *metabolisme* tersebut berdasarkan rancangan percobaan Latin Square (4 x 4) selama 4 periode. Masing-masing periode adalah 3 minggu (*adjustment period* 2 minggu, dan *observation period* 1 minggu).

**Tabel 3.3 Alokasi Ternak dan Ransum Menurut 4 x 4 Latin Square**

Periode	Nomor Domba dan Ransum
---------	------------------------

		<b>Sheep 8</b>	<b>Sheep 5</b>	<b>Sheep 4</b>	<b>Sheep 9</b>
I	(21 hari)	T1	T2	T3	T4
II	(21 hari)	T3	T4	T2	T1
III	(21 hari)	T2	T1	T4	T3
IV	(21 hari)	T4	T3	T1	T2

Catatan :

T1 = *hay* sebagai kontrol, T2 = *hay* + 150 g biji kapas, T3 = *hay* + 300 g biji kapas, dan T4 = *hay* + 500 g biji kapas.

### 3.6.2 Inkubasi Sampel Pakan

Empat ulangan setiap sampel pakan disiapkan untuk didistribusikan ke dalam rumen 4 domba, diinkubasikan selama 4, 8, 16, 24, 48 72 dan 96 jam untuk sampel biji kapas dan 8, 16, 24, 48, 72, 96 jam untuk *hay*. Setelah *withdrawal* dari rumen, semua kantong *nylon* dicuci dengan air dingin, diperas dan disimpan dalam *freezer* - 20°C.

Di akhir percobaan semua kantong *nylon* kemudian dilepas dari tali plastik dan dikeringkan pada temperatur 60°C selama 72 jam. Setelah didinginkan dalam *desikator* sampel ditimbang untuk penentuan jumlah bahan kering tercerna. Empat kantong *nylon* juga disiapkan untuk penentuan *Zero hour washing loss (Zo)*, diperlakukan sama dengan sampel lainnya tetapi tanpa inkubasi ke dalam rumen.

Data bahan pakan tercerna, kemudian dimasukkan ke dalam persamaan eksponensial  $p = a + b(1 - e^{-ct})$  (Ørskov and McDonald, 1979), untuk menghitung a, b, c, dan a + b; where (a) is the intercept by extrapolation of the degradation curve to 't' = 0, (b) is the asymptote of the exponential, (a + b) is the potential degradability, and (c) is the fractional rate constant relating to b.

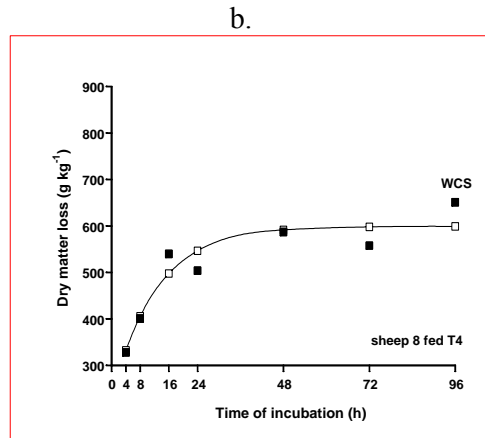
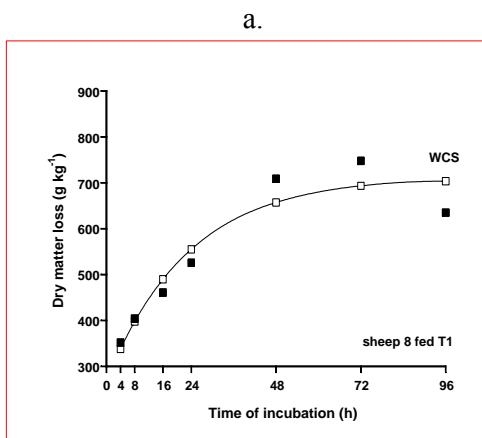
Kelarutan (*solubilitas*) sampel pakan dalam air (So) diukur dengan jalan menimbang 200 mg sampel, ditambah 50 ml *aquades*, dicampur merata selama 15 min. Larutan sampel kemudian disaring dengan kertas saring (Whatman No.1) dicuci dengan 500 ml *aquades*. Sisa sampel menempel pada kertas disaring kemudian dikeringkan dalam oven 100°C selama 24 jam untuk menghitung persentase kelarutan dari sampel tersebut.

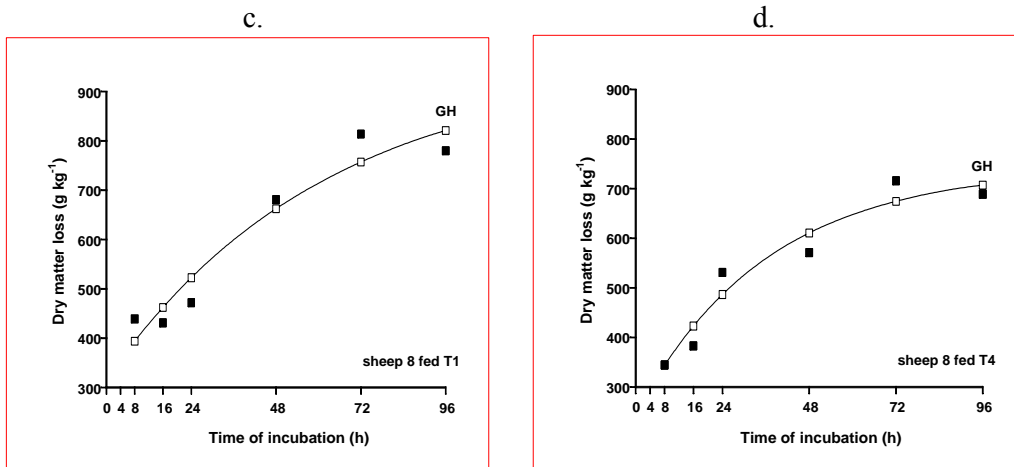
**Tabel 3.4 Waktu untuk *Insertion (i)* dan *Withdrawal (w)* dari Kantong Nylon**

Hari	Waktu untuk 'i' and 'w'	Nomor Ternak dan Tali** Pengikat Nylon			
		4 (T3)	5 (T2)	8 (T1)	9 (T4)
d-1	4 h (8am to 12am)	Tali 1	Tali 2	Tali 3	Tali 7
	8 h (8am to 4pm)	Tali 4	Tali 16	Tali 5	Tali 14
d-2	24 h (8am to 8am,d3)	Tali 10	Tali 11	Tali 12	Tali 6
	16 h (4pm to 8am,d3)	Tali 18	Tali 15	Tali 8	Tali 21
d-3	96 h (8am to 8am,d8)	Tali 24	Tali 59	Tali 52	Tali 60
d-4	72 h (4pm to 8am,d8)	Tali 49	Tali 53	Tali 36	Tali 58
d-8	48 h (8am to 8am,d10)	Tali 54	Tali 22	Tali 68	Tali 66
d-10	8am (last 'w').				

Catatan:

'i' = *insertion*, 'w' = *withdrawal*, d = *day*, h = *jam*, \*\* = setiap tali berisi 2 kantong *nylon* (satu berisi *hay* dan lainnya berisi biji kapas), T1 = *hay* sebagai kontrol, T2 = *hay* + 150 g biji kapas, T3 = *hay* + 300 g biji kapas, dan T4 = *hay* + 500 g biji kapas.





**Gambar 4.8 Hasil Penelitian Menggunakan Teknik *In sacco***

**Note:**

*Degradation curves of WCS (a, b) and GH (c, d) in the rumen of sheep 8 fed diet T1 compared to those of the same sheep when fed diet T4. Where WCS = whole cottonseed, GH = grass hay, T1 = GH alone, a control diet; T4 = GH + 500 g WCS. Data DM loss and fitted values of the DM loss are shown in solid and open square symbols, respectively.*

**3.7 Konsep Baru Nilai Indeks Pakan**

Untuk tujuan praktis, sangat bermanfaat apabila dapat diberikan nilai tunggal (nilai indeks) untuk masing-masing jenis bahan pakan. Dengan cara ini, pakan yang berbeda dapat disusun dan diranking secara teratur menurut nilai nutrisinya, untuk menghasilkan *ransum* yang cukup untuk tujuan produksi ternak. Konsep baru nilai indeks tersebut telah dicoba oleh Ørskov (1989), atas dasar persamaan regresi yang digunakan untuk memprediksi konsumsi bahan kering dari sapi muda (Y) dari 'a', 'b' dan 'c' dan untuk menghasilkan nilai-nilai 'koefisien' dari persamaan:  $Y = X_1a + X_2b + X_3c$ . Dalam rangka menyederhanakan persamaan ini, koefisien untuk 'a' diubah menjadi 1 (satu), dengan jalan membagi masing-masing komponen dalam persamaan tersebut dengan  $X_1$ . Prosedur ini menghasilkan koefisien untuk 'b' dan 'c' masing-masing 0.4 dan 200. Dengan memasukkan koefisien tersebut dalam persamaan di atas, maka penjumlahan  $(a + 0.4b + 200c)$  disebut sebagai **nilai indeks**.

Sebagai contoh, nilai indeks untuk jerami (tanpa perlakuan) adalah:

$$12.5 + (0.4 \times 26.3) + (200 \times 0.0359) = 30.2$$

Ketika jerami ditambah dengan UMB, maka nilai indeks berubah menjadi:

$$16.0 + (0.4 \times 46.3) + (200 \times 0.0257) = 39.6$$

Nilai indeks pakan dapat digunakan untuk memprediksi kualitas pakan minimum yang diperlukan untuk memungkinkan suatu ternak mengkonsumsi pakan yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi hidup pokok (*maintenance*). Misalnya, nilai indeks sekitar 35.5 dibutuhkan jika sapi muda harus mengkonsumsi pakan yang cukup guna memenuhi kebutuhan energi untuk *maintenance* (yang selama ini diasumsikan sebagai  $450 \text{ kJ ME/kgW}^{0.75}/\text{d}$ ).

Nilai indeks pakan akan sangat bermanfaat untuk meranking bahan pakan sesuai dengan urutan nilai nutrisinya dan potensinya untuk dikonsumsi secara cukup guna memenuhi kebutuhan *nutrien* dalam berbagai tingkatan status produksi ternak. Contoh hasil perhitungan nilai indeks pakan dapat dilihat pada Tabel 3.5.

**Tabel 3.5 Nilai Indeks Pakan dan Formula Prediksi Konsumsi Pakan, Kecernaan Pakan, dan Pertambahan Berat Domba dari Karakteristik Degradasi Pakan (faktor a, b, dan c) (Hasil Penelitian HB XII/II-2005)**

Faktor	Persamaan Regresi (Formula prediksi)	Indeks Pakan	Intercept	R-Sq (%)
<b>1. Jerami jagung</b>				
a,b,c	VFI=-12.5+0.39a+0.27b-7.7c	38.91	-12.5	89.80
a,b,c	Kec=-907+23.6a+17.4b+489c	40.66	-907	93.40
a,b,c	PBB=1319-17.1a-19.8b-3417c	71.53	1319	27.20

<b>2.Daun ubi kayu</b> a,b,c a,b,c a,b,c	VFI=0.56-0.16a+0.05b+23.6c	34.04	0.56	81.20
	Kec=-31-1.03a+1.96b+531c	102.97	-31.00	73.60
	PBB=4.062-8.1a-86.0b+4305c	483.06	4.06	84.30
<b>3.Daun gamal</b> a,b,c a,b,c a,b,c	VFI=-19.6+0.46a+0.31b+33.5c	45.23	-19.6	25.90
	Kec=-244+6.5a+4.89b+345c	48.02	-244.0	15.00
	PBB=-945+18.4a+16.8b+1.291c	56.22	-945.0	34.70
<b>4.Pucuk tebu</b> a,b,c a,b,c a,b,c	VFI=-59.2+1.79a+1.67b-46.0c	39.90	-59.20	64.90
	Kec=-2.287+66.9a+66.2b-2.02c	42.14	-2.29	80.20
	PBB=-1329+43a+43b-1955c	33.36	-1329.0	18.10
<b>5.Jerami kedelai</b> a,b,c a,b,c a,b,c	VFI=-32.8+0.726a+0.39b+106c	48.05	-32.80	94.10
	Kec=-611+13.7a+7.51b+2.178c	49.62	-611.00	93.00
	PBB=5.095-56.5a-86.9b-7.52c	89.29	5.09	52.80
<b>6.Daun lamtoro</b> a,b,c a,b,c a,b,c	VFI=0.6-0.98a+0.223b+76c	1.61	0.6	13.40
	Kec=187-32.7a+4.07b+2.190c	3.53	187.0	25.70
	PBB=-362-133a+37.9b+9115c	3.76	-362.0	28.80

Keterangan:

VFI = Konsumsi bahan kering pakan sukarela (*Voluntary Feed Intake*)

Kec = Kecernaan bahan kering pakan *in vivo*

PBB = Pertambahan berat badan domba

a = Fraksi pakan cepat terdegradasi

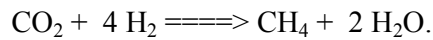
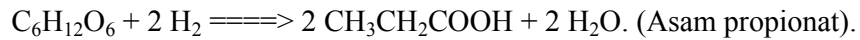
b = Fraksi pakan lambat terdegradasi

c = Kecepatan degradasi pakan

Tugas sebagai bahan evaluasi mahasiswa :

1. Berapa total energi (dalam bentuk VFA) yang dihasilkan apabila 110 g karbohidrat (*hexose*) difermentasi dalam *rumen* menghasilkan asam lemak terbang (VFA = *Volatile Fatty Acid*) dengan *molar* proporsi masing-masing:
  - a. 75% asam asetat, 15% asam propionat, 10% asam butirat.

Reaksi pembentukan VFA :



Dari reaksi di atas diketahui bahwa:

Jumlah mole *hexose* yang harus difermentasi untuk menghasilkan satu mole VFA = 0.5 mole as. asetat + 0.5 as. propionat + 1 mole as. butirat.

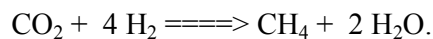
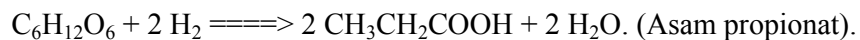
Jumlah mole metan yang diproduksi = 0.5 mole as. asetat - 0.25 as. propionat + 0.5 mole as. butirat.

(Berat molekul hexose = 162, dan kandungan energi as. asetat = 874 kJ, as. propionat = 1536 kJ, as. butirat = 2193 kJ, dan gas methane = 883 kJ).

2. Berapa total energi (dalam bentuk gas *methane*) yang dihasilkan apabila 110 g karbohidrat (*hexose*) difermentasi dalam *rumen* menghasilkan asam lemak terbang (VFA) dengan *molar* proporsi masing-masing:

75% asam asetat, 15% asam propionat, 10% asam butirat.

Reaksi pembentukan VFA :



Dari reaksi di atas diketahui bahwa:

Jumlah mole *hexose* yang harus difermentasi untuk menghasilkan satu mole VFA = 0.5 mole as. asetat + 0.5 as. propionat + 1 mole as. butirat.

Jumlah mole *methane* yang diproduksi = 0.5 mole as. asetat - 0.25 as. propionat + 0.5 mole as. butirat.

(Berat molekul hexose = 162, dan kandungan energi as. asetat = 874 kJ, as. propionat = 1536 kJ, as. butirat = 2193 kJ, dan gas methane = 883 kJ).

3. Dalam suatu percobaan menggunakan teknik *consecutive batch culture* (CBC) *in vitro* direncanakan meneliti pengaruh beberapa konsentrasi *anti-*

*nutrien gossypol* terhadap degradasi pakan. Tiga perlakuan konsentrasi *gossypol* yang ingin diteliti adalah 1 mM, 3 mM, dan 6 mM. Apabila diketahui berat molekul *gossypol* murni = 518.56 dan volume kultur dalam tabung CBC = 10 ml, hitung berapa mg *gossypol* harus ditambahkan dalam setiap perlakuan tersebut?.

4. Seekor domba dewasa (berat 40 kg) diberi pakan basal jerami padi *ad libitum* dan suplemen biji kapas 300 g per hari. Kandungan *anti-nutrien gossypol* dalam biji kapas 1.32%. Volume *rumen* domba 33% dari berat badan. Menggunakan teknik CBC *in vitro* ingin diteliti pengaruh *anti-nutrien gossypol* terhadap pencernaan pakan jerami tersebut. Hitung berapa mg *gossypol* murni harus ditambahkan ke dalam tabung CBC yang berisi *substrat* jerami (volume kultur 10 ml)?
5. Dalam percobaan *in vivo* diketahui bahwa seekor domba mengkonsumsi pakan basal jerami padi 1.63 kg yang mengandung 18 MJ/kg. Sedangkan 0.76 kg *faeses* mengandung 18.7 MJ/kg. Hitung berapa pencernaan *energy* dari pakan jerami tersebut?

## **BAB V**

### **PROGRAM *NOWAY* DAN PROGRAM *NEWAY***

#### **Pendahuluan**

Sasaran pembelajaran ke-4 tentang penggunaan program Noway dan program Neway dalam menganalisis data hasil penelitian baik penelitian *in vitro* maupun penelitian *in sacco* adalah :

1. Mahasiswa mampu menjelaskan manfaat penggunaan program Noway dan program Neway.
2. Mahasiswa mampu mengoperasikan komputer menggunakan program Noway dan program neway.
3. Mahasiswa mampu menganalisis dan mampu membuat kurva degradasi pakan dalam rumen berdasarkan output data program Noway dan Neway.



**Gambar 5.1 Analisis data penelitian**

## **Uraian Pembelajaran 4**

### **PROGRAM NOWAY DAN PROGRAM NEWAY**

Program *Noway* dan *Neway* adalah program analisis data menggunakan komputer hasil penelitian *in vitro* dan *in sacco*. Hasil analisis data dapat digunakan untuk menentukan kurva produksi gas (*in vitro*) dan/atau kurva degradasi pakan dalam *rumen* (*in sacco*). Dari kurva tersebut dapat ditentukan karakteristik degradasi pakan ternak yang diteliti.

Analisis data produksi gas hasil penelitian menggunakan teknik ‘produksi gas Menke’ (*in vitro*) biasanya digunakan program *Noway*. Sedangkan analisis data hasil penelitian *in sacco* digunakan program *Neway*.

#### **5.1 Analisis Data Menggunakan Program Noway**

##### **5.1.1 Tahapan Penggunaan Program Noway**

Tahapan penggunaan Program Noway, sebagai berikut:

1. Klik start.
2. Klik icon window explorer.
3. Klik folder C.
4. Klik folder Noway.
5. Double klik file application Noway.
6. Di layar monitor muncul :
  - Welcome to Noway.
  - Please give output filename ....(Tulis nama file, misalnya : Menke-1)
7. Tekan <enter>.
8. Muncul tulisan sbb.:

- Please enter experiment name or \* to terminate session ...

(Tulis nama percobaan, misalnya : GH).

9. Tekan <enter>.

10. Muncul tulisan sbb.:

- Please enter times, terminating the series with 0.

(Tulis lama waktu inkubasi (jam) dan akhiri dengan 0, misalnya sbb.:)

2 <enter>

6 <enter>

8 <enter>

10 <enter>

12 <enter>

24 <enter>

22 <enter>

24 <enter>

0

11. Muncul tulisan sbb.:

- Please enter measurements :

(Tulis hasil pengamatan, misalnya produksi gas (ml), sbb.:)

1.75 <enter>

4 <enter>

5.25 <enter>

8 <enter>

9 <enter>

11.5 <enter>

13.5 <enter>

15.75 <enter>

12. Muncul hasil kalkulasi karakteristik kurva produksi gas, sbb.:

### 5.1.2 Contoh Hasil Printing Program Noway

```
***** NOWAY *****
A Program for the Calculation of Degredation Curves
(C) 1994 Chris Harbron, SASS, Rowett Research Institute
United Kingdom
*****

Nama sample pakan : GH
A: -1.35   B: 19.08   C: 0.0816   Asymptote: 17.73
Residual Sum of Squares: 3.31
Residual Standard Deviation: 0.81
Times:           2.00    4.00    6.00    8.00    10.00   12.00   22.00
24.00
Measurements:    1.75    4.00    5.25    8.00    9.00    11.50   13.50
15.75
Fitted values:   1.52    3.96    6.03    7.79    9.29    10.56   14.56
15.03
K:    0.01    0.02    0.03    0.04    0.05    0.06
P:   15.64   13.97   12.60   11.45   10.48   9.64
K:    0.07    0.08    0.09    0.10    0.11    0.12
P:    8.92    8.28    7.72    7.22    6.77    6.37

*****
```

Nama sample pakan : GH-1mm  
 A: -1.29 B: 123.55 C: 0.0136 Asymptote: 122.26  
 Residual Sum of Squares: 5.35  
 Residual Standard Deviation: 1.03  
 Times: 2.00 4.00 6.00 8.00 10.00 12.00 22.00  
 24.00  
 Measurements: 3.00 4.75 7.50 11.00 14.25 18.15 31.75  
 32.00  
 Fitted values: 2.02 5.24 8.37 11.42 14.39 17.28 30.61  
 33.06

Constraining Asymptote to 100  
 A: -1.62 B: 101.62 C: 0.0173 Asymptote: 100.00  
 Residual Sum of Squares: 5.47  
 Residual Standard Deviation: 0.96  
 Times: 2.00 4.00 6.00 8.00 10.00 12.00 22.00  
 24.00  
 Measurements: 3.00 4.75 7.50 11.00 14.25 18.15 31.75  
 32.00  
 Fitted values: 1.84 5.18 8.40 11.52 14.53 17.44 30.56  
 32.92  
 K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06  
 P: 62.78 45.52 35.56 29.07 24.51 21.13  
 K: 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12  
 P: 18.53 16.46 14.77 13.37 12.20 11.19

\*\*\*\*\*

Nama sample pakan : GH-5mM  
 A: 0.38 B: 144.01 C: 0.0094 Asymptote: 144.39  
 Residual Sum of Squares: 5.64  
 Residual Standard Deviation: 1.06  
 Times: 2.00 4.00 6.00 8.00 10.00 12.00 22.00  
 24.00  
 Measurements: 3.00 6.00 8.50 10.50 12.75 15.60 29.00  
 28.00  
 Fitted values: 3.06 5.68 8.26 10.79 13.27 15.70 27.21  
 29.39

Constraining Asymptote to 100  
 A: 0.01 B: 99.99 C: 0.0144 Asymptote: 100.00  
 Residual Sum of Squares: 5.79  
 Residual Standard Deviation: 0.98  
 Times: 2.00 4.00 6.00 8.00 10.00 12.00 22.00  
 24.00  
 Measurements: 3.00 6.00 8.50 10.50 12.75 15.60 29.00  
 28.00  
 Fitted values: 2.85 5.61 8.29 10.89 13.42 15.88 27.16  
 29.23  
 K: 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06

P:	59.02	41.87	32.44	26.48	22.37	19.37
K:	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
P:	17.07	15.27	13.81	12.60	11.59	10.73

\*\*\*\*\*

Nama sample pakan : GH-10mM

A: 0.74      B: 236.30      C: 0.0043      Asymptote: 237.04

Residual Sum of Squares: 14.04

Residual Standard Deviation: 1.68

Times:	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	22.00
24.00							
Measurements:	2.75	5.25	7.25	8.50	8.35	14.10	24.05
22.50							
Fitted values:	2.77	4.79	6.79	8.77	10.74	12.69	22.18
24.03							

Constraining Asymptote to 100

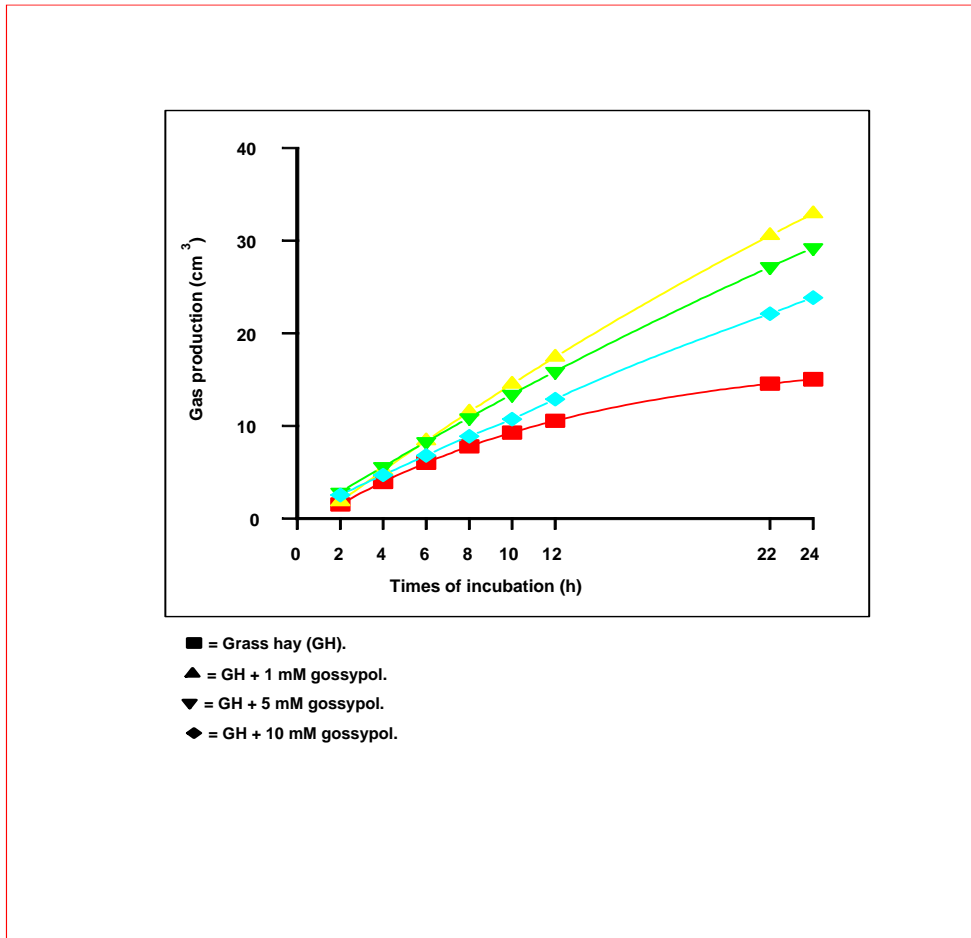
A: 0.34      B: 99.66      C: 0.0112      Asymptote: 100.00

Residual Sum of Squares: 14.23

Residual Standard Deviation: 1.54

Times:	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	22.00
24.00							
Measurements:	2.75	5.25	7.25	8.50	8.35	14.10	24.05
22.50							
Fitted values:	2.55	4.71	6.82	8.89	10.91	12.89	22.13
23.85							
K:	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	
P:	53.02	36.14	27.46	22.16	18.60	16.03	
K:	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	
P:	14.10	12.59	11.38	10.39	9.56	8.85	

Hasil analisis data tersebut dapat digunakan untuk membuat kurva produksi gas. Contoh kurva produksi gas tersebut seperti tampak pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.2 Contoh Kurva Produksi Gas**

Note:

Gas production from grass hay with and without gossypol incubated with fraction of rumen content rich in rumen protozoa in vitro fitted to an exponential equation of  $y = a + b(1 - e^{-ct})$ .

**5.2 Analisis Data Menggunakan Program Neway**

Perbedaan program ini (*Neway*) dengan program sebelumnya (*Noway*), yaitu bahwa dengan menggunakan program *Neway* akan dapat ditentukan berapa lama *lag phase* atau *lag time* untuk setiap bahan pakan yang diinkubasi. Namun demikian, untuk memperoleh data *lag time* tersebut diperlukan informasi mengenai *solubilitas* bahan pakan tersebut. *Solubilitas* pakan adalah angka kelarutan partikel pakan tersebut dalam air.

**5.2.1 Tahapan Penggunaan Program Neway**

Tahapan penggunaan Program *Neway*, sebagai berikut:

1. Klik start.
2. Klik window explorer.
3. Klik folder C.
4. Klik folder Neway.
5. Double klik file Neway.
6. Di layar monitor muncul:
  - Neway Program
  - Rowett Research Institute
  - Model  $Y = A + B (1 - e^{-c.t})$
  - How many incubation times are there ?
  - Note : Do not include washing loss at the 0 time measurements.

(Tulis berapa kali jumlah waktu inkubasi (jam), misalnya 6 kali ), maka:
7. Tekan 6, <enter>
  - Enter the incubation times in hours, one per line.

(Tulis waktu inkubasi tersebut, sbb.)

4 <enter>

8 <enter>

12 <enter>

24 <enter>

48 <enter>

72 <enter>

  - Enter a short heading (max. 20 characters) to identify the following set of observations. (Tulis nama sample pakan ke-1, misalnya Grass-1).
8. Grass-1 <enter>
  - Enter the disappearances values (%) at each incubation time one per line. If any values are missing, press <enter> alone.
9. Tulis hasil pengamatan misalnya, BK tercerna (%), sbb.:

25 <enter>

30 <enter>

33 <enter>

38 <enter>

40 <enter>

45 <enter>

- Enter the initial washing loss. Enter 0 if not measured.

10. Tulis solubilitas bahan pakan, misalnya 15%, maka tulis :

15 <enter>

- Are there more sets of observations.

11. Tulis Yes atau No. Tulis Yes apabila masih ada data lain untuk perlakuan lainnya. Misalnya ditulis Yes <enter>

- Are there incubation times the same ?

12. Tulis yes atau no. Tulis yes apabila jumlah dan lama waktu inkubasi sama.

Misalnya ditulis yes <enter>

- Enter a short heading (max. 20 characters).
- to identify this following set of observations.

13. Tulis nama perlakuan berikutnya, misalnya Biji-1.

- Biji-1 <enter>.
- Enter the disappearance values (%) at each incubation time, one per line. If any values missing, press <enter> alone.

14. Tulis hasil pengamatan BK tercerna Biji-1. Misalnya :

25 <enter>

28 <enter>

30 <enter>

40 <enter>

55 <enter>

60 <enter>

- Enter the initial washing loss. Enter 0 if not measured.

15. Tulis solubilitas dari Biji-1. Misalnya 16%, maka tulis :

16<enter>

- Are there more sets of observations ?

No <enter>

Please note: Your results have been stored in a file called 'Results'.

16. Exit program. Lihat hasilnya di dalam file 'Results'. Oleh karena semua hasil akan diberi nama 'results', maka hasil sebelumnya YANG SUDAH TERSIMPAN DALAM HARD DISK sebaiknya diubah namanya, misalnya 'Results-1'.

### 5.2.2 Contoh Printing Hasil Program Neway

Model based on McDonald 1981 J.Agric.Sci.Camb.96: 251-252

The degradation curve is described as:

1 Within a lag time  $T$   $Y = A$  i.e. the initial washing loss.

2 Beyond the time  $T$   $Y = a+b(1-EXP(-ct))$

potential degradation (B) is calculated as  $a+b-A$

\* \* \* \* \*

#### Nama file : insacco-1

A = 15.00  
 B = 28.70  
 A + B = 43.70  
 C = .0569

Lag time  $T = -4.3$  hr

There is something wrong with either the washing loss or the measurements of rumen incubation of the first few hrs

The fitted curve is:

$$Y = 21.18 + 22.51 [1 - \text{EXP}(-.0569 t)]$$

RSD = 1.75

Times            4.   8.   12.   24.   48.   72.

Measurements    25.00 30.00 33.00 38.00 40.00 45.00

Fitted values    25.77 29.41 32.32 37.95 42.23 43.32

Rumen outflow rate (k)    .0100   .0200   .0300   .0400   .0500   .0600

$A + b \cdot c / (c + k) \cdot \text{EXP}(-(c + k) \cdot T)$     40.5   38.1   36.4   35.0   33.9   33.0

Rumen outflow rate (k)    .0700   .0800   .0900   .1000   .1100   .1200

$A + b \cdot c / (c + k) \cdot \text{EXP}(-(c + k) \cdot T)$     32.3   31.8   31.3   30.9   30.6   30.4

Model based on McDonald 1981 J.Agric.Sci.Camb.96: 251-252

The degradation curve is described as:

1 Within a lag time  $T$   $Y = A$  i.e. the initial washing loss.

2 Beyond the time  $T$   $Y = a + b(1 - \text{EXP}(-ct))$

potential degradation (B) is calculated as  $a + b - A$

\*\*\*\*\*

**Nama file : biji-1**

A = 16.00

B = 56.71

A + B = 72.71

C = .0208

Lag time  $T = -3.3$  hr

There is something wrong with either the washing loss  
or the measurements of rumen incubation of the first few hrs

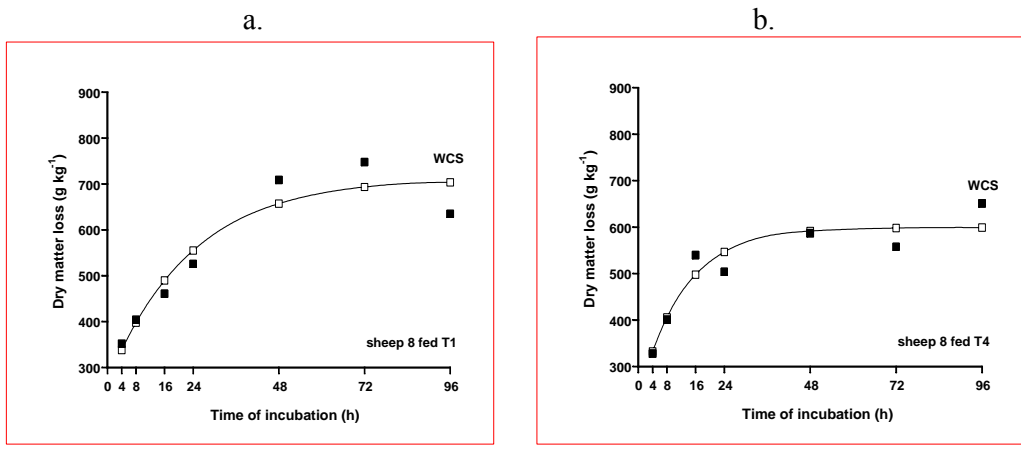
The fitted curve is:

$$Y = 19.76 + 52.95 [1 - \text{EXP}(-.0208 t)]$$

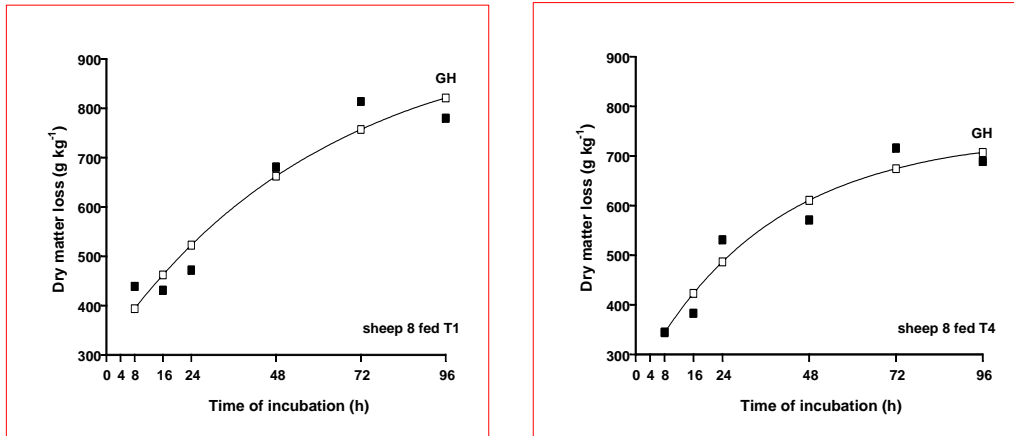
RSD = 1.58

Times	4.	8.	12.	24.	48.	72.
Measurements	25.00	28.00	30.00	40.00	55.00	60.00
Fitted values	23.99	27.88	31.46	40.58	53.21	60.88
Rumen outflow rate (k)	.0100	.0200	.0300	.0400	.0500	.0600
$A+b*c/(c+k)*EXP(-(c+k)*T)$	55.6	46.9	41.6	38.1	35.7	33.8
Rumen outflow rate (k)	.0700	.0800	.0900	.1000	.1100	.1200
$A+b*c/(c+k)*EXP(-(c+k)*T)$	32.4	31.2	30.3	29.6	29.0	28.5

Dari hasil analisis data tersebut dapat digunakan untuk membuat kurva degradasi pakan dalam *rumen*. Contoh kurva degradasi pakan tersebut seperti tampak pada Gambar 5.2.



c. d.



**Gambar 5.3 Contoh Kurva Degradasi Pakan**

Note:

Degradation curves of WCS (a, b) and GH (c, d) in the rumen of sheep 8 fed diet T1 compared to those of the same sheep when fed diet T4. Where WCS = whole cottonseed, GH = grass hay, T1 = GH alone, a control diet; T4 = GH + 500 g WCS. Data DM loss and fitted values of the DM loss are shown in solid and open square symbols, respectively.

Tugas sebagai bahan evaluasi mahasiswa

1. Percobaan *in sacco* menghasilkan protein tercerna dalam *rumen* mengikuti persamaan eksponensial  $y = a + b(1 - e^{-ct})$ .

Grafik hubungan antara waktu inkubasi dan protein tercerna dalam *rumen*, menunjukkan, bahwa semakin lama waktu inkubasi semakin tinggi pula kecernaan protein, tetapi dengan kecepatan yang semakin menurun.

ERDP = *Effective Rumen Degradable Protein* (jumlah protein yang tersedia untuk pertumbuhan mikroba *rumen*).

$$ERDP = a + [bc : (c+r)][1 - e^{-(c+r)t}]$$

di mana 'r' adalah kecepatan aliran fraksi pakan meninggalkan *rumen* ke *abomasum*. Sejalan dengan bertambahnya waktu inkubasi, fraksi protein yang tersisa dalam *rumen* semakin menurun dan akhirnya mendekati 0. Demikian juga kecepatan degradasi pakan juga akan mendekati 0. Apabila c adalah 0, maka:

$$ERDP = a + [bc : (c + r)]$$

di mana: 'a' adalah fraksi protein yang cepat didegradasi, sedangkan  $[b + c + r]$  adalah fraksi protein yang lambat didegradasi.

Contoh soal latihan :

Apabila dari percobaan *in sacco* diketahui:

**a** = fraksi protein pakan yang mudah didegradasi = 0.30.

**b** = fraksi protein pakan yang lambat didegradasi = 0.70.

**c** = kecepatan degradasi protein pakan = 0.02, dan

**r** = kecepatan fraksi protein meninggalkan rumen ke abomasum = 0.05.

Hitung berapa persen ERDP dari kandungan total protein kasar ransum ?

## **BAB VI**

### **CONTOH PERTANYAAN DAN JAWABAN**

#### Pendahuluan

Sasaran pembelajaran ke-5 tentang diskusi dan pembahasan berbagai persoalan serta tugas sebagai bahan evaluasi mahasiswa adalah :

1. Mahasiswa mampu mendiskusikan dalam kelompok belajar berbagai persoalan berkaitan dengan pakan ruminansia.
2. Mahasiswa mampu memecahkan masalah dan mencari jalan keluar dari berbagai persoalan dan tugas yang harus dikerjakan oleh mahasiswa.
3. Mahasiswa mampu mngemukakan ide atau gagasan baru tentang pemecahan masalah pakan ruminansia yang lebih efektif dan efisien.



**Gambar 6.1 Kelompok mahasiswa membahas persoalan pakan ruminansia**

## Uraian Pembelajaran 5

### CONTOH PERTANYAAN DAN JAWABAN

Pada bab ini disajikan contoh pertanyaan dan jawaban untuk evaluasi pakan ternak secara *in vitro*, *in sacco*, dan *in vivo*.

#### 4.1 Contoh 1

Percobaan *in sacco* menghasilkan protein tercerna dalam *rumen* mengikuti persamaan eksponensial  $y = a + b(1 - e^{-ct})$ .

Grafik hubungan antara waktu inkubasi dan protein tercerna dalam *rumen*, menunjukkan, bahwa semakin lama waktu inkubasi semakin tinggi pula pencernaan protein, tetapi dengan kecepatan yang semakin menurun.

ERDP = *Effective Rumen Degradable Protein* (jumlah protein yang tersedia untuk pertumbuhan mikroba *rumen*).

$$\mathbf{ERDP = a + [bc : (c+r)][1 - e^{-(c+r)t}]}$$

di mana 'r' adalah kecepatan aliran fraksi pakan meninggalkan *rumen* ke *abomasum*. Sejalan dengan bertambahnya waktu inkubasi, fraksi protein yang tersisa dalam *rumen* semakin menurun dan akhirnya mendekati 0. Demikian juga kecepatan degradasi pakan juga akan mendekati 0. Apabila c adalah 0, maka:

$$\mathbf{ERDP = a + [bc : (c + r)]}$$

di mana: 'a' adalah fraksi protein yang cepat didegradasi, sedangkan [bc : (c+r)] adalah fraksi protein yang lambat didegradasi.

Contoh soal latihan :

Apabila dari percobaan *in sacco* diketahui:

a = fraksi protein pakan yang mudah didegradasi = 0.30.

b = fraksi protein pakan yang lambat didegradasi = 0.70.

c = kecepatan degradasi protein pakan = 0.02, dan

r = kecepatan fraksi protein meninggalkan rumen ke abomasum = 0.05.

maka ERDP =  $0.3 + 0.7 \times 0.02 : (0.02 + 0.05) = 0.50$ .

Sehingga jumlah protein yang tersedia untuk pertumbuhan *mikroba rumen* adalah :

$$(\text{ERDP} \times \text{kandungan protein pakan}) = (0.50 \times \text{protein pakan}).$$



**Gambar 6.2 Pemisahan protozoa dari bakteri dan fungi rumen**

## 4.2 Contoh 2



**Gambar 6.3 Penelitian *In sacco* pada Sapi Berfistula**

Dari penelitian *in sacco* diketahui bahwa sampel pakan yang diinkubasi ke dalam *rumen* ternak kambing, bahan kering yang hilang ( $y$ ) pada jam ( $t$ ) ke-8 adalah 48%. Sedangkan jumlah fraksi yang mudah larut ( $a$ ) adalah 6%, dan fraksi yang potensial terdegradasi ( $b$ ) adalah 86%. Menggunakan kurva degradasi pakan  $y = a + b(1 - e^{-ct})$ , hitunglah berapa kecepatan degradasi pakan ( $c$ ) dalam *rumen* ternak tersebut ?

**Jawab :**

$$y = a + b(1 - e^{-ct}).$$

$$48 = 6 + 86(1 - e^{-c \cdot 8}).$$

$$48 = 6 + 86 - 86(-e^{-c \cdot 8}).$$

$$86(-e^{-c \cdot 8}) = 6 + 86 - 48$$

$$(-e^{-c \cdot 8}) = \frac{6 + 86 - 48}{86}$$

$$86$$

$$\ln(-e^{-c \cdot 8}) = \ln 0.51$$

$$-c \ln e = -0.67$$

$$c = 0.08$$

*Lag phase / lag time* dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$L = 1/c (b/a + b - a).$$

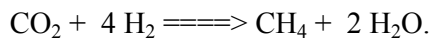
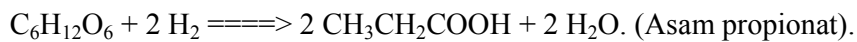
$$L = 1/8 (86/6 + 86 - 6) = 11 \text{ jam}$$

### 4.3 Contoh 3

Berapa total energi (dalam bentuk VFA) yang dihasilkan apabila 110 g karbohidrat (*hexose*) difermentasi dalam *rumen* menghasilkan asam lemak terbang (VFA = *Volatile Fatty Acid*) dengan *molar* proporsi masing-masing:

a. 75% asam asetat, 15% asam propionat, 10% asam butirat.

Reaksi pembentukan VFA :



Dari reaksi di atas diketahui bahwa:

- Jumlah mole *hexose* yang harus difermentasi untuk menghasilkan satu mole VFA = 0.5 mole as. asetat + 0.5 as. propionat + 1 mole as. butirat.
- Jumlah mole metan yang diproduksi = 0.5 mole as. asetat - 0.25 as. propionat + 0.5 mole as. butirat.

(Berat molekul *hexose* = 162, dan kandungan energi as. asetat = 874 kJ, as. propionat = 1536 kJ, as. butirat = 2193 kJ, dan gas methane = 883 kJ).

**Jawab:**

Jumlah *hexose* yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 mol VFA yang terdiri atas 75% asetat, 15% propionat, dan 10% butirat =  $(0.5 \times 0.75) + (0.5 \times 0.15) + (1 \times 0.10) = 0.55 \text{ mol}$ .

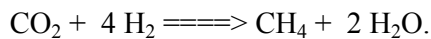
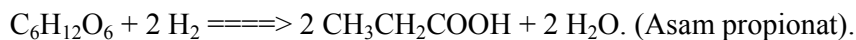
Sedangkan jumlah *hexose* yang difermentasi adalah  $110\text{g}/162 = 0.679$  mol. Sehingga jumlah VFA yang diproduksi adalah  $= 0.679/0.55 = 1.234$  mol. Maka Total *energy* yang dihasilkan  $= 1.234 \times [(0.75 \times 874) + (0.15 \times 1536) + (0.10 \times 2192)] = 1364$  kJ.

#### 4.4 Contoh 4

Berapa total energi (dalam bentuk gas *methane*) yang dihasilkan apabila 110 g karbohidrat (*hexose*) difermentasi dalam *rumen* menghasilkan asam lemak terbang (VFA) dengan *molar* proporsi masing-masing:

- 75% asam asetat, 15% asam propionat, 10% asam butirat.

Reaksi pembentukan VFA :



Dari reaksi di atas diketahui bahwa:

- Jumlah mole *hexose* yang harus difermentasi untuk menghasilkan satu mole VFA = 0.5 mole as. asetat + 0.5 as. propionat + 1 mole as. butirat.
- Jumlah mole *methane* yang diproduksi = 0.5 mole as. asetat - 0.25 as. propionat + 0.5 mole as. butirat.

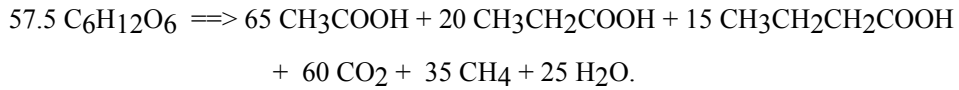
(Berat molekul *hexose* = 162, dan kandungan energi as. asetat = 874 kJ, as. propionat = 1536 kJ, as. butirat = 2193 kJ, dan gas *methane* = 883 kJ).

**Jawab:**

*Methane* yang diproduksi untuk setiap mol VFA =  $(0.5 \times 0.75) + (0.10 \times 0.5) - (0.15 + 0.25) = 0.3875$  mol. Sehingga jumlah *methane* yang diproduksi untuk 1.234 mol VFA =  $1.234 \times 0.3875 = 0.4781$  mol. Jumlah *energy* dalam bentuk *methane* adalah  $= 0.4781 \times 883 = 422$  kJ.

#### 4.5 Contoh 5

Menurut Wolin dan Miller (1983), hasil akhir fermentasi *hexose* dalam rumen dapat digambarkan dalam persamaan reaksi kimia sebagai berikut.



Sementara hasil penelitian yang menguji pengaruh beberapa konsentrasi *antinutrisi tannin* terhadap fermentasi *selulosa (hexose)* dalam ‘sistem Menke’s gas production technique’ (dengan volume kultur 30 ml) sebagai berikut:

**Tabel 4.1 Hasil Percobaan Menggunakan Teknik Produksi Gas Menke**

Perlakuan	Produksi per liter			Produksi per 30 ml			
	Asam Asetat	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Total Gas	Tercatat
	(mM)	(mM)	(mM)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)
Selulosa (kontrol)	16.0	14.7					15.7
Selulosa + 0.1 mM	13.4	12.4					32.0
Selulosa + 0.5 mM	12.4	11.4					28.0
Selulosa + 1 mM	10.9	10.0					22.5

**Pertanyaan :**

Berdasarkan persamaan reaksi kimia Wolin dan Miller (1983) di atas, hitung dan buktikan bahwa *tannin* tersebut menghasilkan ‘gas tambahan’ selain gas hasil fermentasi *selulosa* oleh *mikroba rumen*. Ingat bahwa setiap 1 mM gas (CO<sub>2</sub> atau CH<sub>4</sub>) = 22.4 ml (volume).

**Jawaban:**

**Tabel 4.2 Hasil Percobaan Menggunakan Teknik Produksi Gas Menke**

Perlakuan	Produksi per liter			Produksi per 30 ml			
	Asam Asetat	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	Total gas	Tercatat
	(mM)	(mM)	(mM)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)
Selulosa (kontrol)	16.0	14.7	8.6	9.8	5.7	15.5	15.7
Selulosa + 0.1 mM	13.4	12.4	7.2	8.3	4.8	13.1	32.0
Selulosa + 0.5 mM	12.4	11.4	6.7	7.6	5.1	12.7	28.0

Selulosa + 1 mM	10.9	10.0	5.9	6.7	3.9	10.6	22.5
-----------------	------	------	-----	-----	-----	------	------

Dari hasil perhitungan di atas menunjukkan, bahwa untuk perlakuan kontrol total gas hasil perhitungan adalah hampir sama dengan total gas tercatat dalam pengamatan. Namun demikian, perlakuan *gossypol* menunjukkan adanya *extra* gas tercatat selama pengamatan, diduga karena adanya endapan garam terlarut dalam suasana asam di akhir fermentasi, dan juga adanya fermentasi *mikroba rumen* yang mati dan menghasilkan *extra* gas tersebut.

#### 4.6 Contoh 6

Dalam suatu percobaan menggunakan teknik *consecutive batch culture* (CBC) *in vitro* direncanakan meneliti pengaruh beberapa konsentrasi *anti-nutrien gossypol* terhadap degradasi pakan. Tiga perlakuan konsentrasi *gossypol* yang ingin diteliti adalah 1 mM, 3 mM, dan 6 mM. Apabila diketahui berat molekul *gossypol* murni = 518.56 dan volume kultur dalam tabung CBC = 10 ml, hitung berapa mg *gossypol* harus ditambahkan dalam setiap perlakuan tersebut?

##### Jawab :

- 1 M (1 mol) *gossypol* = 518.56 g / liter.  
1 mM (1 millimol) *gossypol* = 518.56 mg / liter = 5.18 mg / 10 ml.  
*Gossypol* yang harus ditambahkan untuk memperoleh konsentrasi 1 mM dalam kultur adalah 5.18 mg.
- 3 mM *gossypol* = 3 x 5.18 mg/10 ml.
- 6 mM *gossypol* = 6 x 5.18 mg/10 ml.

#### 4.7 Contoh 7

Seekor domba dewasa (berat 40 kg) diberi pakan basal jerami padi *ad libitum* dan suplemen biji kapas 300 g per hari. Kandungan *anti-nutrien gossypol* dalam biji kapas 1.32%. Volume *rumen* domba 33% dari berat badan. Menggunakan teknik CBC *in vitro* ingin diteliti pengaruh *anti-nutrien gossypol* terhadap pencernaan pakan jerami tersebut. Hitung berapa mg *gossypol* murni harus ditambahkan *ke dalam* tabung CBC yang berisi *substrat* jerami (volume kultur 10 ml)?

##### Jawab :

- Kandungan *gossypol* dalam biji kapas = 1.32% x 300g = 3.96 g.
- Volume rumen domba = 33% x 40kg = 13.2 kg (=13.2 liter).

- **Konsentrasi gossypol dalam rumen =  $3.96 \text{ g} / 13.2 \text{ liter} = 0.3 \text{ g} / \text{liter} = 3 \text{ mg} / 10 \text{ ml}$ .**

#### 4.8 Contoh 8

Dalam percobaan *in vivo* diketahui bahwa seekor domba mengkonsumsi pakan basal jerami padi 1.63 kg yang mengandung 18 MJ/kg. Sedangkan 0.76 kg *faeses* mengandung 18.7 MJ/kg. Hitung berapa pencernaan *energy* dari pakan jerami tersebut?

**Jawab:**

- Total *energy* yang dikonsumsi adalah  $1.63 \text{ kg} \times 18 \text{ MJ/kg} = 29.3 \text{ MJ/hari}$ .
- Total *energy faeses* adalah  $0.76 \text{ kg} \times 18.7 \text{ MJ/kg} = 14.2 \text{ MJ/hari}$ .
- Pencernaan *energy* adalah  $(29.3 - 14.2) / 29.3 \text{ MJ} = 0.515$ .
- Maka pakan jerami tersebut mengandung pencernaan energi =  $0.515 \times 18 \text{ MJ/kg} = 9.3 \text{ MJ/kg}$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Acamovic, T. 1994. *The advantages and disadvantages of xenobiotics in plant foods and feeds. In: Development and ethical considerations in toxicology.*(Ed. M.I.Weitzner) Royal Society of Chemistry. pp.129-138.
- AFRC. 1993. *Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on responses to nutrients.* CAB International, Wallingford, United Kingdom.pp. 9-18.
- A.O.A.C. 1984. *Official methods of analysis.* 12<sup>th</sup> edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Blaney, B.J., R.J.W. Gartner and T.A. Head. 1982. *The effects of oxalate in tropical grasses on calcium, phosphorus and magnesium availability to cattle. J. Agr. Sci. (Cambridge), 99: 533-539.*
- Blummel, M. and E.R. Ørskov. 1993. *Comparison of in vitro gas production and nylon bag degradability of roughages in predicting feed intake in cattle. Anim. Feed Sci. Technol., 40: 109-119.*
- Bryant, M.P. 1972. *Commentary on the Hungate technique for cultivation on anaerobic bacteria. Am. J. Clin. Nutr., 25:1324-1328.*
- Brul, S., A. Lauwers and G.D. Vogels. 1994. *Hydrogenosomes; ubiquitous organelles in anaerobic protozoa and anaerobic fungi. In: Micro-organisms in ruminant nutrition.* (Eds. R.A. Prins and C.S. Stewart, 1994). Nottingham, University Press.pp.209-221.
- Burns, R.E.1963. *Methods of tannin analysis for forage crop evaluation. Technical Bulletin N.S. 32.* Georgia Agric. Experiment station, University of Georgia College of Agriculture, Athens, Georgia.
- Cavalier-Smith, T. 1993. *Kingdom protozoa and its 18 phyla. Microbiol. Rev., 57: 953-994.*
- Chen, X. 1994. *Neway Program. International Feed Resources Unit,* Rowett Research Institute, Backburn, Aberdeen.
- Craig, A.M. 1995. *Detoxification of plant and fungal toxins by ruminant microbiota. In: Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Proceedings of the eighth International Symposium on Ruminant Physiology.* (Eds. W.v. Engelhardt, S.Leonhard-Marek, G.Breves and D.Giesecke). pp. 271-282.

- Dawson, K.A. and M.J. Allison. 1988. *Digestive disorders and nutritional toxicity*. In: *The Rumen Microbial Ecosystem*. (Ed. P.N. Hobson). Elsevier Applied Science, Elsevier Science Publishing Co., Inc. New York, USA. pp. 445-459.
- Devendra, C. 1982. *The nutritive value of Leucaena leucocephala cv. Peru in balance and growth studies with goats and sheep*. *MARDI Res. Bull*, 10: 138-150.
- Eadie, J.M. and A.E. Oxford. 1955. *Factors involved in the production of a novel kind of derangement of storage mechanism in living holotrich ciliate protozoa from sheep rumen*. *J. Gen. Microbiol.*, 12: 198-310.
- Fay, J.P. and F.M.A. Ovejero. 1986. *Effect of lactate on the in vitro digestion of Agropyron elongatum by rumen microorganism*. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 16: 161-167.
- Flint, H.J. 1994. *Degradation of plant cell wall polysaccharides by rumen bacteria*. In: *Microorganism in ruminant nutrition*. (Eds. R.A.Prins and C.S.Stewart, 1994). Nottingham, University Press. pp. 49-67.
- France, J., M.S. Dhanoa, M.K. Theodorou, S.J. Lister, D.R. Davies and D. Isac. 1993. *A model to interpret gas accumulation profiles associated with in vitro degradation of ruminant feeds*. *J. Theor. Biol.*, 163: 99-111.
- Gascoyne, D.J. 1986. *Consecutive batch culture - an in vitro technique for studying potential rumen manipulants*. *J. Sci. Food Agric.*, 37: 262-263.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. *Forage fibre analysis*. USDA Agric. Handbook No.379, Washington.
- Gordon, G.L.R. and M.W. Phillips. 1992. *Extra cellular pectin lyase produced by Neocalimastix sp.LM1, a rumen anaerobic fungus*. *Lett. Appl. Microbiol.*, 15:113-115.
- Grant, G., L.J. More, N.H. McKenzie, J.C. Stewart and A. Pusztai. 1983. *A survey of the nutritional and haemagglutination properties of legume seeds generally available in the UK*. *Brit. J. Nutr.*, 50: 207-214.
- Hatfield, R.D. 1993. *Cell wall polisaccharide interactions and degradability*. In: *Forage cell wall structure and digestibility* (Eds. H.G.Jung, D.R.Buxton, R.D.Hatfield, and J.Ralph). ASA-CSSA-SSSA. Madison, USA. pp.285-313.
- Hartley, R.D. 1981. *Chemical constituents and processing of lignocellulosic wastes in relation to nutritional quality for animal*. *Agric. Environ.*, 6: 91-113.
- Hobson, P.N. 1969. *Rumen bacteria*. In: *Methods in microbiology*. Vol.3B. (Eds. J.R. Norris and D.W. Ribbons). Academic Press, London and New York. pp. 133-149.
- Hungate, R.E. and R.J. Stack. 1982. *Phenylpropanoic acid: growth factor for Ruminococcus albus*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 44: 79-83.

- Ismartoyo, C.S. Stewart, W.J. Shand and T. Acamovic. 1994. *The effect of gossypol on the rumen protozoal degradation of grass hay (GH) in vitro. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology* , 25-30 September 1994, Willingen, Germany. p. 205.
- Ismartoyo, T. Acamovic, and C.S. Stewart.1993. *The effect of gossypol on the rumen microbial degradation of grass hay (GH) under consecutive batch culture (CBC). Animal Production*, 56: 462 (A).
- Ismartoyo, C.S. Stewart and T. Acamovic. 1994. *In vitro rumen microbial degradation of a selection oilseeds and legume seeds under consecutive batch culture (CBC). Animal Production*, 58: 453 (A).
- Ismartoyo, C.S. Stewart, T. Acamovic and A.J. Richardson. 1995. *The effect of gossypol on the rumen fungal attachment to and degradation of cellulose in culture. Animal Production*, 60: 552 (A).
- Ismartoyo dan Budiman, N. 2000. *A consecutive batch culture system is a new and an appropriate concept of feed evaluation system in South Sulawesi*. Final report DCRG 2000/2001.
- Jones, L.A. 1991. *Definition of gossypol and its prevalence in cottonseed products. In: Cattle Research with gossypol containing feeds: A collecting of papers addressing gossypol effects in Cattle. (Eds L.A. Jones, D.H. Kinard and J.S. Mills)*. Published by National Cottonseed Products Association, Memphis, Tennessee. pp.1-18.
- Jouany, J.P. and K. Ushida. 1994. *Plant cell-wall degradation by rumen protozoa. In: Micro-organism in ruminant nutrition (Eds. R.A. Prins and C.S. Stewart, 1994)*. Nottingham, University Press.pp.69-95.
- Joblin, K.N., G.E. Naylor. 1989. *Fermentation of woods by rumen anaerobic fungi. FEMS Microbiol. Lett.*, 65: 111-122.
- Jung, H.G., and M.P. Russelle. 1991. *Light source and nutrient regime effects on fibre composition and digestibility of forages. Crop Sci.*, 31: 1065-1070.
- Kenney, P.A. 1987. *Lupins in grain diets for drought affected lambs weaned at different ages. Aust. J. Exp. Agric. Anim.Husb.*, 27: 625-628.
- Kartadisastra, H.R. 1997. *Penyediaan dan Pengelolaan Pakan Ternak Ruminansia (Sapi, Kerbau, Domba, Kambing)*. Penerbit Kanisius. Percetakan Kanisius Yogyakarta.
- Khazal, K., M.T. Dentinho, J.M. Ribeiro and E.R. Ørskov. 1993a. *A comparison of gas production during incubation with rumen contents in vitro and nylon bag degradability as predictors of the apparent digestibility in vivo and the voluntary intake of hays. Anim. Prod.*, 57: 105-112.

- Khazal, K., X. Markantonatos, A. Nastis and E.R. Ørskov. 1993b. *Changes with maturity in fibre composition and levels of extractable polyphenols in Greek browse: Effects on in vitro gas production and in sacco dry matter degradation. J. Sci. Food Agric., 63: 237-244.*
- Krishnamoorthy, U., H. Soller, H. Steingass and K. H. Menke. 1991. *A comparative study on rumen fermentation energy supplements in vitro. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr., 65: 28-35.*
- Lowe, S.E., M.K. Theodorou and A.P.J. Trinci. 1987. *Cellulases and xylanase of an anaerobic rumen fungus grown on wheat straw, wheat straw hollocellulose, cellulose and xylan. Appl. Environ. Microbiol., 53: 1216-1223.*
- Lusby, K., D. Herd and R.D. Randel. 1991. *'Recommendation statement' on feeding cottonseed and cottonseed meal to beef cattle in Texas and Oklahoma. In: Cattle research with gossypol containing feeds. (Eds. L.A.Jones, D.H.Kinard and J.S.Mills). Published by National Cottonseed Product Association, Memphis, Tennessee. pp.93-96.*
- Marvin-Sikkema, F.D. 1993. *Hydrogenosomes of the anaerobic fungus Neocallimastix sp. L2. Rijksuniversiteit Groningen, Ph.D. Thesis. pp.2-22.*
- McCoy, G.C., T.H. Klusmeyer, and M.F Hutjens. 1992. *Effects of feeding an extruded mixture of whole cottonseed and soybeans on milk production and milk composition. J. Dairy Sci., 75: (Suppl.1). 279 (A).*
- McDougall, G.J., I.M. Morrison, D. Stewart and J.R. Hillman. 1996. *Plant cell walls as dietary fibre: Range, structure, processing and function. J. Sci. Food Agric.,70: 133-150.*
- McDonald, I. 1981. *A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. J. Agric. Sci. (Cambridge), 96: 251-252.*
- McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh and C.A. Morgan. 1995. *Animal Nutrition. Longman Scientific and Technical Publisher. New York, U.S.A.*
- McKenzie, R.A., B.J. Blaney and R.J.W. Gartner. 1981. *The effect of oxalate on calcium, phosphorus and magnesium balance in horses. J. Agr. Sci. (Cambridge), 97: 69-79.*
- Menke, K.H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz, W. Scneider. 1979. *The estimation of the digestibility and the metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs liquor in vitro. J. Agr. Sci. (Cambridge.), 93: 217-222.*
- Menke, K.H. and H. Steingass. 1988. *Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. Develop., 28: 7-55.*
- Moniello, G., A.J. Richardson and C.S. Stewart. 1995. *Effects of the plant metabolites saponin, coumarin and sparteine on attachment, cellulolysis, and fermentation*

of glucose by anaerobic fungus *Neocallimastix frontalis* strain RE1. In: *Abstracts of the 95<sup>th</sup> general meeting of the American Society for Microbiology 1995*. Washington, D.C. p. 326 (A).

- Moniello, G., A.J. Richardson, S.H. Duncan and C.S. Stewart. 1996. *Effects of Coumarin and Sparteine on attachment to cellulose and cellulolysis by Neocallimastix frontalis* RE1. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62: 4666-4668.
- Mounford, D.O. and R.A. Asher. 1989. *Production of xylanase by the ruminal anaerobic fungus Neocallimastix frontalis*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 55: 1016-1022.
- Newbold, C.J., A.J. William and D.G. Chamberlain. 1987. *The in vitro metabolism of DL-lactic acid by rumen microorganism*. *J. Sci. Food. Agric.*, 38: 9-18.
- N.R.C. 1985. *Nutrient requirements of sheep*. National Academy Press, Washington, D.C. pp. 45-46.
- Orpin, C.G. 1983. *The role of ciliate protozoa and fungi in the rumen digestion of plant cell walls*. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 10: 121-143.
- Ørskov, E.R. and E. McDonald. 1979. *The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate passage*. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*, 92: 499-503.
- Ørskov, E.R., G.W. Reid, and M.Kay. 1988. *Prediction of intake by cattle from degradation characteristics of roughages*. *Anim. Prod.*, 46: 29-34.
- Pearce, P.D. and T. Bauchop. 1985. *Glycosidases of the rumen anaerobic fungus Neocallimastix frontalis grown on cellulosic substrates*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 49: 1265-1269.
- Perdok, H.B. and R.A. Leng. 1987. *Hyperexcitability in cattle fed ammoniated roughages*. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 17:121-366.
- Preston, T.R. and A.R. Leng. 1987. *Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics*. Penambul books: Armidale, New South Wales, Australia.
- Risco, C.A. and C.C. Chase, Jamie Robertson. 1997. *Gossypol*. In: *Plant and fungal toxicants*. (Ed. J.P.F. D'Mello). CRC Press, Boca Raton, Florida. pp. 243-252.
- Roger, V., E.Grenet, J. Jamot, E. Bernalier, G. Fonty and Ph. Gouet. 1992. *Degradation of maize stem by two rumen fungal species, Piromyces communis and Caecomyces communis, in pure cultures or in association with cellulolytic bacteria*. *Reprod. Nutr. Develop.*, 32: 321-329.
- Roger, V., E. Bernalier, E. Grenet, G. Fonty, J. Jamot and Ph. Gouet. 1993. *Degradation of wheat straw and maize stem by a monocentric and a*

*polycentric rumen fungi, alone or in association with rumen cellulolytic bacteria. Anim. Feed Sci. Tech., 42: 69-82.*

- Rooke, J.A., Alison J. Borman and D.G. Armstrong. 1990. *The effect of inoculation with Lactobacillus plantarum on fermentation in laboratory silos of herbage low in water-soluble carbohydrate. Grass and Forage Sci., 45:143-152.*
- Smith, G.H. and P.A. Kenney. 1987. *Lupin grain supplements for sheep and cattle. In: Recent Advances in Animal Nutrition. (Ed. D.J. Farrel). University of New England, Armidale, Australia. pp.72-79.*
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. *Principle and procedures of statistics. A Biometrical Approach. Second Edition. McGraw Hill International Book Company. Japan. pp.195-229.*
- Stewart, C.S., M.Fevre and R.A. Prins. 1995. *Factors affecting fermentation and polymer degradation by anaerobic fungi and the potential for manipulation of rumen function. In: Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction. Proceedings of the eighth International Symposium on Ruminant Physiology. (Eds. W.v. Engelhardt, S. Leonhard-Marek, G.Breves and D.Giesecke). pp. 251-265.*
- Stewart, C.S. and M.P. Bryant. 1988. *The rumen bacteria. In: The Rumen Microbial Ecosystem. (Ed. P.N. Hobson,1988). Elsevier Applied Science. pp. 21-75.*
- Stephenson, R.G.A. and A.R. Bird. 1987. *Effects of supplement on the lambing performance of pregnant Merino ewes. In: Herbivore Nutrition Research. (Ed. M.Rose). Australian Society of Animal Production Occasional Publication. pp. 201-202.*
- Stephenson, R.G.A., D. Cobon, K.R. McGuigan and P.S. Hopkins. 1984. *The measurement of rumen ammonia concentration as an indicator of the nitrogen status of lambing ewes. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod., 15: 601-603.*
- Subur, P.S.B. 1999. *New concept of fibrous feed evaluation system in the tropics. Project URGE Batch III, 1988/1999.*
- Theodorou, M.K., D.J. Gassoynne, D.E. Akin and R.D. Hantley. 1987. *Effect of phenolic acids and phenolics from plant cell walls on rumen like fermentation in consecutive batch culture. Appl. Environ. Microbiol., 53:1046-1050.*
- Theodorou, M.K., D.E. Beever, M.J. Haines, and A. Brooks. 1990. *The effect of a fungal probiotic on intake and performance of early weaned calves. Anim. Prod., 50: 577 (A).*
- Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. *A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grassland Soc., 18: 104-11.*

- Topps, J.H. 1992. *Potential, composition and use of legume shrubs and trees as fodder for livestock in the tropics*. A Review. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*, 118: 1-8.
- Trinci, A.P.J., D.R. Davies, K.Gull, M.I. Lawrence, B.B. Nielsen, A. Rickers and M.K. Theodorou. 1994. *Anaerobic fungi in herbivorous animals*. *Mycol. Res.*, 98 (2): 129-152.
- Ushida, K. C. Kayouli, S. De Smet and J.P. Jouany. 1990. *Effect of defaunation on protein and fibre digestion in sheep fed on ammonia-treated straw-based diets with and without maize*. *Brit. J. Nutr.*, 64: 675-775.
- Van Soest, P.J. 1982. *Nutritional ecology of the ruminant; Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and chemistry of forages and plant fibres*. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca. p.82.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca - New York. pp. 93-107.
- Williams, A.G. and G.S. Coleman. 1988. *The rumen protozoa*. In: *The rumen microbial ecosystem* (Ed.P.N.Hobson). Elsevier applied Science Publisher, Ltd. pp.77-128.
- Wolin, M.J. 1960. *A theoretical rumen fermentation balance*. *J. Dairy Sci.*, 43: 1452-1459.
- Wolin, M.J. and T.L. Miller. 1983. *Carbohydrate fermentation*. In: *Human intestinal microflora in health and disease*. (Ed. D.J.Hentges). Academic Press, Inc.pp. 147-165.
- Wolin, M.J. and T.L. Miller. 1988. *Microbe-microbe interactions*. In: *The Rumen Microbial Ecosystem*. (Ed. P.N. Hobson.1988). Elsevier Applied Science. pp.343-359.
- Wubah, D.A., D.E. Akin and W.S. Borneman. 1993. *Biology, fibre-degradation, and enzymology of anaerobic zoosporic fungi*. *Crit. Revs. Microbiol.*, 19: 99-115.