

**PENINGKATAN NILAI NUTRISI JERAMI PADI DENGAN
FERMENTASI RAGI ISI RUMEN**

TESIS

Oleh

TUNGGUL FERRY SITORUS



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU TERNAK
PROGRAM PASCA SARJANA-FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2002

**PENINGKATAN NILAI NUTRISI JERAMI PADI DENGAN
FERMENTASI RAGI ISI RUMEN**

Oleh

TUNGGUL FERRY SITORUS

NIM : H4A000016

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Magister Pertanian
pada Program Studi Magister Ilmu Ternak, Program Pascasarjana
Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU TERNAK
PROGRAM PASCA SARJANA-FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2002

Judul Tesis : PENINGKATAN NILAI NUTRISI JERAMI
PADI DENGAN FERMENTASI RAGI ISI
RUMEN

Nama Mahasiswa : TUNGGUL FERRY SITORUS

Nomor Induk Mahasiswa : H4A 000 016

Program Studi : MAGISTER ILMU TERNAK

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji
dan dinyatakan lulus pada tanggal 15-06-2002

Pembimbing Utama



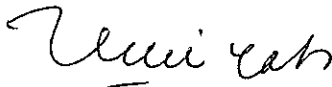
Prof. Dr. Ir. C. Imam Sutrisno

Pembimbing Anggota



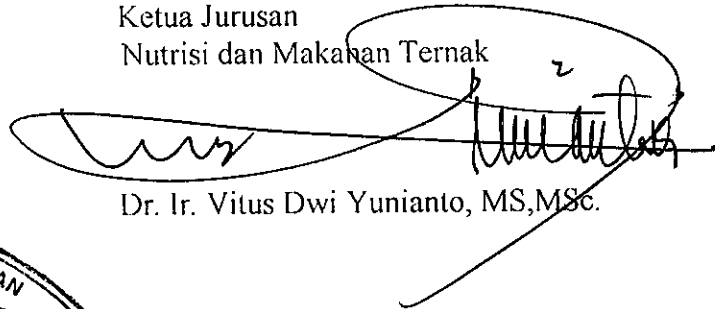
Dr. Ir. Joelal Achmadi, MSc.

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Ternak

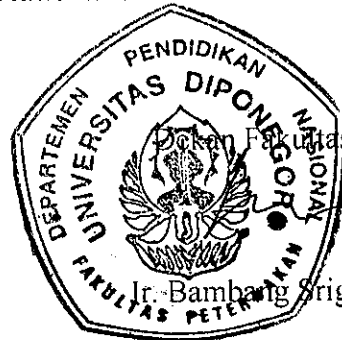


Dr. Ir. Umiyati Atmomarsono

Ketua Jurusan
Nutrisi dan Makanan Ternak



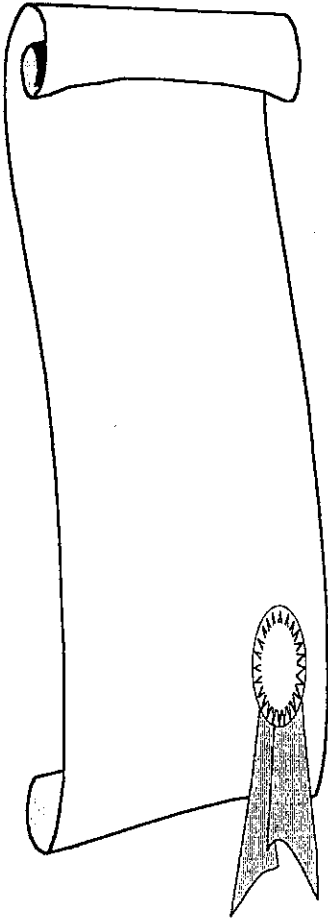
Dr. Ir. Vitus Dwi Yuniarto, MS, MSc.



Dekan Fakultas Peternakan

Ir. Bambang Srigandono, MSc.

MOTTO HIDUP



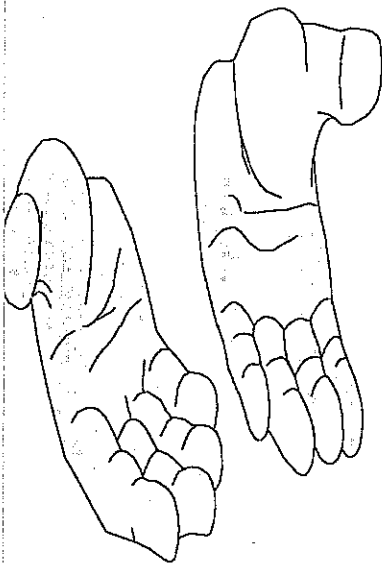
Takut akan TUHAN adalah permulaan pengetahuan, tetapi orang bodoh menghina hikmat dan didikan (Amsal 1,7).

Karena TUHAN-lah yang memberikan hikmat, dari mulutNya-lah datang pengetahuan dan kepandaian (Amsal 2, 6).

Bersandarlah kepada TUHAN dengan segenap hatimu, dan janganlah bersandar kepada pengertianmu sendiri (Amsal 3, 5).

Siapa mengindahkan didikan, menuju jalan kehidupan, tetapi siapa mengabaikan teguran, tersesat (Amsal 10, 17).

Tidak ada hikmat dan pengertian, dan tidak ada pertimbangan yang dapat menandingi TUHAN (Amsal 21,30).



**Tesis ini saya persembahkan sebagai rasa terima kasih kepada :
Isteri Rasmida N. Simanjuntak dan Putra-putri yang tersayang :**

- Fenny Diasiarina Anastasya S.
- Vera Aprialin S.
- Frans Immanuel S.
- Franco Emerald S.

**Orang tua yang tercinta :
Drs. L.M. Sitorus (+) dan T. Manurung,
E. Simanjuntak, BSc dan D. Hutabarat
beserta
saudara-saudariku yang tersayang.**

SUMMARY

TUNGGUL FERRY SITORUS. NIM : H4A000016. The Nutritive Value Improvement of Rice Straw by Fermentation with "Ragi Isi Rumen" (Thesis Supervisors : **C. IMAM SUTRISNO** and **JOELAL ACHMADI**).

The experiment was aimed to investigate the effect of fermentation with "ragi isi rumen" on nutritive value of rice straw. The experiment was conducted in September, 7th until December, 16th, 2001 in Feed Technology Laboratory and Feed Science Laboratory, Faculty of Animal Agriculture, University of Diponegoro.

The experiment was done using rice straw, rumen content (*bolus*), rice bran, and proximate analyses, fiber analyses and *in vitro* digestibility apparatus. The treatments were level of "ragi isi rumen" (10, 15, 20% of dry matter of rice straw) and duration of fermentation (4, 6, 8 weeks). The combined treatments of "RIR" level and duration of fermentation on rice straw were:

- R₁T₁ = 10% RIR + 4 weeks fermentation
- R₁T₂ = 10% RIR + 6 weeks fermentation
- R₁T₃ = 10% RIR + 8 weeks fermentation
- R₂T₁ = 15% RIR + 4 weeks fermentation
- R₂T₂ = 15% RIR + 6 weeks fermentation
- R₂T₃ = 15% RIR + 8 weeks fermentation
- R₃T₁ = 20% RIR + 4 weeks fermentation
- R₃T₂ = 20% RIR + 6 weeks fermentation
- R₃T₃ = 20% RIR + 8 weeks fermentation

The parameters were crude protein (CP), neutral-detergent fiber (NDF), acid-detergent fiber (ADF) contents, *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD) and *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD). The experimental design used in the experiment was completely randomized design in factorial 3 x 3 with 3 replications. Data were analyzed using an analysis of variance by orthogonal polynomials.

The CP contents of rice straw were 7,90; 9,88; 9,38; 9,31; 11,28; 10,07; 9,49; 11,38; 11,09 for R₁T₁; R₁T₂; R₁T₃; R₂T₁; R₂T₂; R₂T₃; R₃T₁; R₃T₂; R₃T₃, respectively. The NDF contents were 81,66; 82,10; 81,38; 83,67; 80,62; 82,29; 82,72; 84,38; 81,73% for R₁T₁; R₁T₂; R₁T₃; R₂T₁; R₂T₂; R₂T₃; R₃T₁; R₃T₂; R₃T₃, respectively. The ADF contents were 55,88; 58,12; 57,09; 58,13; 57,60; 57,82; 56,25; 58,75; 57,40% for R₁T₁; R₁T₂; R₁T₃; R₂T₁; R₂T₂; R₂T₃; R₃T₁; R₃T₂; R₃T₃, respectively. The mean values of IVDMD were 31,75; 33,33; 32,06; 30,06; 32,59; 39,03; 42,30; 39,27; 44,32% for R₁T₁; R₁T₂; R₁T₃; R₂T₁; R₂T₂; R₂T₃; R₃T₁; R₃T₂; R₃T₃, respectively. The mean values of IVOMD were 28,99; 34,71; 30,98;

30,05; 35,32; 35,66; 40,72; 38,20; 41,64% for R₁T₁; R₁T₂; R₁T₃; R₂T₁; R₂T₂; R₂T₃; R₃T₁; R₃T₂; R₃T₃, respectively.

The results showed that there was no significant interaction between level of “ragi isi rumen” and duration of fermentation on CP, NDF, ADF contents and IVDMD and IVOMD. The level of “ragi isi rumen” caused a significant (P<0.05) increase in CP content, IVDMD and IVOMD linearly, but gave no significant effect on NDF and ADF contents. Duration of fermentation caused a significant (P<0.05) effect on CP and ADF contents quadratically, but gave no significant effect on NDF content and IVDMD and IVOMD.

The conclusions were the level of “ragi isi rumen” up to 20% of dry matter of rice straw could improve CP content and IVDMD and IVOMD. Duration of fermentation of six weeks gave a highest CP content and ADF content. Duration of fermentation of eight weeks gave a highest rate of IVDMD and IVOMD, and lowest content of NDF.

According to the experiment results, the use of level of “ragi isi rumen” up to 20% and duration of fermentation of six weeks gave the maximum improvement of nutritive value of rice straw.

An *in vivo* experiment is needed to get more information before application. It was recommended that the use of level of “ragi isi rumen” up to 20% of dry matter of rice straw with duration of fermentation of 7,3 weeks for *in vivo* experiment.

Key words: rice straw, “ragi isi rumen”, fermentation, nutritive value

RINGKASAN

TUNGGUL FERRY SITORUS. NIM : H4A000016. Peningkatan Nilai Nutrisi Jerami Padi dengan Fermentasi Ragi Isi Rumen (Pembimbing : **C. IMAM SUTRISNO** dan **JOELAL ACHMADI**).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh fermentasi dengan ragi isi rumen (RIR) terhadap nilai nutrisi jerami padi. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 7 September sampai dengan tanggal 16 Desember 2001 di Laboratorium Teknologi Makanan Ternak dan Laboratorium Ilmu Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro.

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah jerami padi, isi rumen (bolus), dedak, perangkat analisis proksimat, komponen serat dan pencernaan *in vitro*. Perlakuan dalam penelitian ini terdiri atas aras RIR yakni 10, 15, 20% dari bahan kering jerami dan lama fermentasi yakni 4, 6, 8 minggu. Kombinasi perlakuan aras RIR dan lama fermentasi yakni:

R_1T_1	=	10% RIR	+	4 minggu fermentasi
R_1T_2	=	10% RIR	+	6 minggu fermentasi
R_1T_3	=	10% RIR	+	8 minggu fermentasi
R_2T_1	=	15% RIR	+	4 minggu fermentasi
R_2T_2	=	15% RIR	+	6 minggu fermentasi
R_2T_3	=	15% RIR	+	8 minggu fermentasi
R_3T_1	=	20% RIR	+	4 minggu fermentasi
R_3T_2	=	20% RIR	+	6 minggu fermentasi
R_3T_3	=	20% RIR	+	8 minggu fermentasi

Parameter yang diukur meliputi kadar protein kasar (PK), neutral-detergent fiber (NDF), acid-detergent fiber (ADF), pencernaan bahan kering (KcBK) dan pencernaan bahan organik (KcBO) *in vitro*. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap pola faktorial 3 x 3 dengan 3 ulangan. Analisis data menggunakan analisis ragam dengan Polinomial Ortogonal.

Kadar PK jerami padi adalah 7,90; 9,88; 9,38; 9,31; 11,28; 10,07; 9,49; 11,38; 11,09% masing-masing untuk R_1T_1 ; R_1T_2 ; R_1T_3 ; R_2T_1 ; R_2T_2 ; R_2T_3 ; R_3T_1 ; R_3T_2 ; R_3T_3 . Kadar NDF adalah 81,66; 82,10; 81,38; 83,67; 80,62; 82,29; 82,72; 84,38; 81,73% masing-masing untuk R_1T_1 ; R_1T_2 ; R_1T_3 ; R_2T_1 ; R_2T_2 ; R_2T_3 ; R_3T_1 ; R_3T_2 ; R_3T_3 . Kadar ADF adalah 55,88; 58,12; 57,09; 58,13; 57,60; 57,82; 56,25; 58,75; 57,40% masing-masing untuk R_1T_1 ; R_1T_2 ; R_1T_3 ; R_2T_1 ; R_2T_2 ; R_2T_3 ; R_3T_1 ; R_3T_2 ; R_3T_3 . Rataan tingkat KcBK *in vitro* adalah 31,75; 33,33; 32,06; 30,06; 32,59; 39,03; 42,30; 39,27; 44,32% masing-masing untuk R_1T_1 ; R_1T_2 ; R_1T_3 ; R_2T_1 ; R_2T_2 ; R_2T_3 ; R_3T_1 ; R_3T_2 ; R_3T_3 . Rataan tingkat KcBO *in vitro* adalah 28,99; 34,71; 30,98; 30,05; 35,32; 35,66; 40,72; 38,20; 41,64% masing-masing untuk R_1T_1 ; R_1T_2 ; R_1T_3 ; R_2T_1 ; R_2T_2 ; R_2T_3 ; R_3T_1 ; R_3T_2 ; R_3T_3 .

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi aras RIR dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar PK, NDF, ADF, tingkat KcBK dan KcBO *in vitro* jerami padi. Aras RIR memberikan pengaruh yang nyata ($P < 0.05$) meningkatkan secara linier kadar PK, KcBK, KcBO, tetapi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar NDF dan ADF. Lama fermentasi memberikan pengaruh yang nyata secara kuadrat ($P < 0.05$) terhadap kadar PK dan ADF, tetapi tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar NDF, KcBK dan KcBO *in vitro*.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah perlakuan aras RIR hingga 20% dari bahan kering jerami padi dapat meningkatkan kadar PK, tingkat KcBK dan KcBO *in vitro*. Lama fermentasi 6 minggu menghasilkan kadar PK dan ADF yang paling tinggi, sedangkan lama fermentasi 8 minggu menghasilkan KcBK dan KcBO *in vitro* paling tinggi dan kadar NDF paling rendah.

Berdasarkan keseluruhan hasil penelitian, penggunaan aras RIR hingga 20% dari bahan kering jerami padi dan lama fermentasi 6 minggu dibutuhkan untuk memperoleh peningkatan nilai nutrisi jerami padi yang maksimal.

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan untuk melakukan percobaan *in vivo* untuk memperoleh informasi lanjut sebelum diaplikasikan di lapangan, dan disarankan penggunaan aras ragi isi rumen sebesar 20% dari bahan kering jerami padi dengan lama fermentasi 7,3 minggu untuk percobaan *in vivo*.

Kata kunci : jerami padi, ragi isi rumen, fermentasi, nutrisi

KATA PENGANTAR

Pemanfaatan jerami padi sebagai pakan ruminansia hingga saat ini belum maksimal, yang disebabkan oleh rendahnya nilai nutrisi, kercernaan dan konsumsinya. Kandungan nutrisi, kercernaan dan konsumsi jerami padi dapat ditingkatkan melalui pra-perlakuan jerami padi secara biologis melalui penambahan "additive" dan fermentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh fermentasi dengan ragi isi rumen (RIR) terhadap nilai nutrisi jerami padi.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. C. Imam Sutrisno sebagai penasihat utama dan Dr. Ir. Joelal Achmadi, MSc sebagai penasihat anggota atas bimbingan, saran dan pengarahannya sehingga penelitian dan penulisan tesis ini dapat diselesaikan. Demikian juga kepada Ir. Merry Christiyanto, MP dan Limbang Kustiawan, SPt., MP serta Kelik Isharyudono, AMd atas bantuannya dalam analisis laboratoris.

Kepada pimpinan Fakultas Peternakan, Direktur Program Pasca Sarjana dan Ketua Program Studi Magister Ilmu Ternak Universitas Diponegoro beserta staf, penulis ucapkan terima kasih atas bimbingan dan kesempatan yang telah penulis terima selama belajar di perguruan tinggi ini.

Pada kesempatan terakhir penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Semarang, Mei 2002

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENJELASAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
SUMMARY	v
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR ILUSTRASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Manfaat Penelitian	4
1.4. Hipotesis Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Limbah Pertanian sebagai Pakan Ruminansia	5
2.1.1. Jerami Padi sebagai Pakan	7
2.1.1.1. Potensi Jerami Padi sebagai Pakan	8
2.1.1.2. Kendala Jerami Padi sebagai Pakan	9
2.2. Pengolahan Jerami Padi	11
2.2.1. Pra-perlakuan Fermentasi Jerami Padi dengan RIR	15
2.2.1.1. Bolus sebagai "Starter"	17
2.2.1.2. Dedak sebagai "RAC"	19
2.3. Uji Nutrisi Jerami Padi	20
2.3.1. Komponen Proksimat Jerami Padi	21

2.3.2. Komponen Serat Jerami Padi	23
2.4. Uji Kecernaan	28
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	32
3.2. Materi Penelitian	32
3.3. Prosedur Penelitian	33
3.3.1. Tahap Persiapan	33
3.3.1.1. Pembuatan Ragi Isi Rumen (RIR)	34
3.3.1.2. Pembuatan Jerami Padi-RIR Terfermentasi	34
3.3.2. Tahap Uji laboratoris (<i>In Vitro</i>)	35
3.3.2.1. Penentuan Kadar Protein Kasar	35
3.3.2.2. Penentuan Kadar NDF	36
3.3.2.3. Penentuan Kadar ADF	37
3.3.2.4. Penentuan Kecernaan Bahan Kering dan Bahan Organik <i>In Vitro</i>	38
3.4. Rancangan Percobaan	39
3.5. Analisis Data	40
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Rekapitulasi Kadar Protein Kasar, NDF, ADF, KcBK dan KcBO <i>In Vitro</i> (%) Jerami Padi menurut Aras Ragi Isi Rumen dan Lama Fermentasi	41
4.2. Kadar Protein Kasar	42
4.3. Kadar “Neutral Detergent Fibre”	48
4.4. Kadar “Acid Detergent Fibre”	49
4.5. Tingkat Kecernaan Bahan Kering <i>In Vitro</i>	53
4.6. Tingkat Kecernaan Bahan Organik <i>In Vitro</i>	57
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	62
5.1. Kesimpulan	62
5.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	74
RIWAYAT HIDUP	98

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Komposisi Kimia (% BK) dan KBO <i>In Vitro</i> Jerami Padi dan Fraksinya	8
2. Perbandingan Sistem Nutrisi	25
3. Rekapitulasi Kadar Protein Kasar, NDF, ADF, KcBK dan KcBO <i>In Vitro</i> (%) menurut Aras Ragi Isi Rumen dan Lama Fermentasi	41
4. Kadar Protein Kasar Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi (%)	42
5. Kadar NDF Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi (%)	48
6. Kadar ADF Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi (%)	50
7. Tingkat Kecernaan Bahan Kering <i>In Vitro</i> Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi (%)	54
8. Tingkat Kecernaan Bahan Organik <i>In Vitro</i> Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi (%)	58

DAFTAR ILUSTRASI

Nomor	Halaman
1. Pengaruh Aras RIR (%) terhadap Kadar PK (%)	43
2. Pengaruh Lama Fermentasi (minggu) terhadap Kadar PK (%)	46
3. Pengaruh Lama Fermentasi (minggu) terhadap Kadar ADF(%)	51
4. Pengaruh Aras RIR (%) terhadap Tingkat KcBK <i>In Vitro</i>	55
5. Pengaruh Aras RIR (%) terhadap Tingkat KcBO <i>In Vitro</i>	59

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Analisis Proksimat Bahan Penelitian	74
2. Data Kadar PK, NDF, ADF, KcBK dan KcBO <i>In Vitro</i> (%)	75
3. Perhitungan Kebutuhan Air pada pembuatan RIR	76
4. Perhitungan Kebutuhan Air pada Pembuatan Jerami Padi-RIR Terfermentasi	77
5. Analisis Statistik Kadar Protein Kasar	79
6. Analisis Statistik Kadar NDF	84
7. Analisis Statistik Kadar ADF	86
8 Analisis Statistik Tingkat Kecernaan Bahan Kering <i>In Vitro</i>	90
9. Analisis Statistik Tingkat Kecernaan Bahan Organik <i>In Vitro</i> ...	94

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam usaha peternakan sapi potong, satu diantara beberapa faktor yang sangat penting adalah penyediaan pakan, disamping faktor-faktor lain seperti bangsa dan cara pemeliharaannya. Hijauan pakan merupakan bahan pakan utama bagi ternak ruminansia. Produksi hijauan pakan menjadi lebih terbatas karena pertambahan penduduk yang membutuhkan penambahan lahan untuk pemukiman serta perluasan lahan untuk produksi pangan. Sumber hijauan umumnya berasal dari kebun-kebun, pematang sawah, pinggir sungai, pinggir jalan, yang kesemuanya ini berkualitas rendah dengan kuantitas yang tidak kontinu, sedangkan penanaman khusus hijauan pakan masih terbatas.

Peningkatan produksi tanaman pangan akan diikuti oleh peningkatan produksi limbah pertanian. Seluruh limbah pertanian umumnya telah dimanfaatkan oleh petani peternak sebagai pakan ruminansia, tetapi masih perlu ditingkatkan nilai nutrisinya. Di Indonesia jerami padi merupakan limbah pertanian yang tersedia melimpah dibandingkan dengan limbah pertanian lainnya. Produksi jerami padi sekitar 40 juta ton bahan kering per tahun, yang diestimasi berdasarkan luas area panen padi di Indonesia sekitar 10,5 juta ha (Biro Pusat Statistik, 1992 yang disitasi Utomo *et al.*, 1998). Meskipun produksi bahan kering jerami padi cukup banyak tetapi pemanfaatannya masih terbatas sebagai

bahan pakan ruminansia, alas kandang dan untuk industri kertas. Pemanfaatan jerami padi masih sekitar 38% dari jumlah produksi, sehingga jumlah jerami padi yang belum dimanfaatkan dan masih dapat dimanfaatkan sebesar 62% dari jumlah yang tersedia (Soejono *et al.*, 1988).

Hambatan pemanfaatan jerami padi secara luas untuk pakan ruminansia adalah rendahnya nilai nutrisi bila dibandingkan dengan hijauan pakan. Hal ini disebabkan karena kadar protein kasarnya rendah, kandungan energi yang dapat dimanfaatkan rendah (Neelakantan *et al.*, 1993), kecernaannya rendah dan kadar mineralnya tidak serasi, sehingga konsumsi bahan keringnya terbatas (Ranjhan, 1986 ; McDonald *et al.*, 1987; Soejono *et al.*, 1988; Becker dan Einfeldt, 1995). Kandungan Ca dan P pada jerami padi juga rendah, masing-masing 0,15 dan 0,10% (Rangkuti, 1988). Kecernaan jerami padi hanya mencapai 35-37 % dengan kandungan protein kasar 3-4%, sedangkan untuk hidup pokok ternak ruminansia membutuhkan bahan pakan dengan kecernaan minimal 50-55 % dan kandungan protein kasar sekitar 8% (Djajanegara, 1983 yang disitasi Thalib *et al.*, 1995). Disamping itu, jerami padi mengandung oksalat (Sutrisno, 1985^a ; Ranjhan, 1986) dan silika (Sutrisno, 1985^a ; Preston dan Leng, 1987; McDonald *et al.*, 1987; Soejono *et al.*, 1988) yang tinggi. Konsentrasi silika di dalam lapisan epidermal bisa mencapai 13,4% dari berat jerami padi, yang bisa bertindak sebagai penghambat yang nyata terhadap pemecahan lignoselulosa (Preston, 1984; Paterson, 1989). Keseluruhan faktor-faktor tersebut bisa membatasi efisiensi pemanfaatan jerami padi sebagai pakan ruminansia.

Kandungan nutrisi, pencernaan dan konsumsi jerami dapat ditingkatkan melalui suplementasi dengan bahan pakan lain atau diperlakukan lebih dahulu ("pre-treatment"). Proses perlakuan awal ini dapat diklasifikasikan secara fisik, kimia, biologis, dan kombinasinya (Banerjee, 1978 ; Sutrisno, 1985^b ; Ter Meulen dan El-Harith, 1985 ; Ranjhan, 1986).

Perlakuan awal bertujuan agar supaya ikatan lignoselulosa tersebut lebih mudah direnggangkan oleh mikrobia (Haryanto dan Djajanegara, 1993). Setelah ikatan lignoselulosa putus, selulosa menjadi dalam bentuk mudah tersedia (McDonald *et al.*, 1987; Haryanto dan Djajanegara, 1993). Diantara berbagai perlakuan awal tersebut, perlakuan uap, perlakuan alkali, pra-perlakuan fermentasi dan enzimatik terbukti mampu merenggangkan ikatan lignoselulosa (Ryu, 1989). Akhir-akhir ini penggunaan mikrobia dalam biokonversi lignoselulosa meningkat dalam berbagai penelitian. Sebagian besar perlakuan biologis bertujuan untuk memproduksi protein mikroba dengan metoda fermentasi medium cair atau fermentasi semi padat (Komar, 1984; Basuki dan Wiryasmita, 1988; Ryu, 1989).

Penelitian ini di disain untuk menggunakan ragi isi rumen (RIR) sebagai "additive" dalam fermentasi jerami. Ragi isi rumen terdiri atas campuran bolus (isi rumen) dengan dedak. Pemilihan bahan "additive" ini berdasarkan pertimbangan bahwa bahan-bahan ini merupakan limbah, yaitu limbah rumah potong hewan (RPH) dan limbah pengolahan gabah menjadi beras yang secara relatif masih mudah diperoleh dan di beberapa daerah tertentu di Indonesia, bolus sering menimbulkan masalah pencemaran lingkungan serta kurang dimanfaatkan.

Bolus berperan sebagai sumber mikrobial ("starter") yang murah, sedangkan dedak berperan sebagai "readily available carbohydrate" (RAC) dan sebagai tambahan substrat untuk pembentukan asam-asam organik oleh mikrobial anaerobik selama proses fermentasi. Pengaruh berbagai lama fermentasi dengan berbagai aras ragi isi rumen terhadap nilai nutrisi jerami padi hingga saat ini belum diketahui.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh fermentasi dengan ragi isi rumen (RIR) terhadap nilai nutrisi jerami padi.

1.3. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai informasi teknologi alternatif dan pedoman bagi petani-peternak dalam pembuatan jerami padi-RIR terfermentasi dalam pengembangan usaha penggemukan sapi potong di Indonesia. Disamping itu, hasil penelitian juga dapat dimanfaatkan sebagai informasi dalam kajian-kajian lebih lanjut terhadap pemanfaatan jerami padi dan bolus (isi rumen) sebagai pakan.

1.4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dalam penelitian ini adalah :

1. Terdapat interaksi aras RIR dan lama fermentasi dalam meningkatkan kualitas nutrisi jerami padi.

2. Semakin tinggi aras RIR dan semakin lama fermentasi akan meningkatkan kualitas nutrisi jerami padi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Pertanian sebagai Pakan Ruminansia

Masalah mendasar dari segi pakan yang mempengaruhi produksi dan produktivitas ruminansia di Indonesia pada umumnya adalah rendahnya kualitas, kuantitas dan kontinuitas pakan hijauan (Widyati *et al.*, 1997; Utomo *et al.*, 1998). Masalah tersebut dapat diatasi dengan mengefisienkan penggunaan lahan, penanganan pasca panen hijauan dan pemanfaatan limbah pertanian (Widyati *et al.*, 1997).

Limbah adalah sisa atau hasil ikutan dari produk utama. Limbah pertanian adalah bagian tanaman pertanian di atas tanah atau bagian pucuk, batang yang tersisa setelah dipanen atau diambil hasil utamanya (Sutrisno, 2002), dan merupakan pakan alternatif yang dapat digunakan sebagai pakan, khususnya ruminansia (Widiyanto, 1993). Beberapa limbah pertanian yang potensial dan belum banyak dimanfaatkan secara optimal berturut-turut antara lain jerami padi, jerami jagung, pucuk tebu, jerami kedele, jerami ketela rambat dan jerami kacang tanah (Soejono *et al.*, 1988; Van Bruchem dan Sutanto, 1988; Widiyanto, 1993; Pangestu, 1995; Widyati *et al.*, 1997).

Beberapa faktor pembatas sehubungan dengan penggunaan limbah pertanian sebagai pakan meliputi: "procurement", penyimpanan, konsumsi ("intake") pakan yang jelek, kandungan nutrien yang rendah, dan selanjutnya

penampilan ternak yang rendah (Kategile, 1983; Ter Meulen dan El-Harith, 1985).

2.1.1. Jerami Padi sebagai Pakan

Jerami padi merupakan salah satu jenis limbah pertanian yang paling potensial di antara jenis-jenis limbah pertanian tersebut, karena kuantitasnya tinggi dan ketersediaannya melebihi jumlah yang dibutuhkan oleh ruminania, khususnya di Indonesia (Kosilla, 1988 yang disitasi Van Bruchem dan Zemmeling, 1995).

Ditinjau dari segi kualitas, jerami padi kaya akan energi karbohidrat (selulosa dan hemiselulosa) dan bersifat dapat diperbaharui (Hardjo *et al.*, 1989; Judoamidjojo *et al.*, 1989; Pangestu, 1995). Bagian-bagian jerami padi dapat dibedakan menjadi helai daun, pelepah daun, dan batang yang dapat dipilah atas ruas dan buku yang proporsinya sangat kecil. Proporsi helai daun, pelepah daun dan ruas adalah 15-27%, 23-30% dan 15-37% (Soejono, 1996 yang disitasi Sutrisno, 2002). Kandungan komponen dinding sel bisa beragam sesuai proporsi bagian tanaman (Soejono *et al.*, 1988). Komposisi kimia (% bahan kering, BK) dan pencernaan bahan organik (KBO) *in vitro* jerami padi dan fraksinya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia (% BK) dan KBO *In Vitro* Jerami Padi dan Fraksinya (Soejono *et al.*, 1988)

	Jerami Padi			
	Seluruhnya	Ruas	Pelepah	Daun
Protein kasar	3,4	1,7-6,4	2,0-6,9	3,2-8,6
Abu	21,0	11-20	14-25	12-25
NDF	72,0	75-85	77-86	71-81
ADF	50,0	55-64	54-62	47-56
Hemiselulosa	22,0	13-28	21-31	20-29
Selulosa	31,0	38-51	33-45	27-35
Silika	11,0	-	-	-
KBO <i>In Vitro</i>	39	34-54	39-54	31-54

2.1.1.1. Potensi Jerami Padi sebagai Pakan

Jerami padi merupakan limbah pertanian berserat kasar tinggi, tersedia dalam jumlah melimpah dan berharga relatif murah pada musim panen (Schiere, 1988; Soejono *et al.*, 1988).

Produksi jerami padi sekitar 40 juta ton bahan kering per tahun, yang diestimasi berdasarkan luas area panen padi di Indonesia sekitar 10,5 juta ha (Biro Pusat Statistik, 1992 yang disitasi Utomo *et al.*, 1998), sebab produksi jerami padi rata-rata adalah 3,86 ton bahan kering per ha (Soejono *et al.*, 1988). Sayangnya hanya sekitar 31-38% yang digunakan sebagai pakan (Utomo *et al.*,

1998) atau sekitar 62% dari jumlah yang tersedia belum digunakan dan masih dapat dimanfaatkan (Soejono *et al.*, 1988).

Potensi jerami padi sebagai pakan ruminansia terletak pada nilai energi yang berasal dari selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstrak tanpa nitrogen atau BETA-N (Singh dan Oosting, 1993; Chowdhury dan Huque, 1997; Abdurrachman, 1980 yang disitasi Sutrisno, 2002). Kandungan serat kasar dan BETA-N jerami padi yang berkisar antara 36,4-39,01 dan 34,3-39,2% (Batubara *et al.*, 1981 yang disitasi Sutrisno, 2002) memberikan kemungkinan jerami padi untuk dimanfaatkan sebagai pakan sumber energi yang potensial bagi ruminansia (Sutrisno, 2002).

2.1.1.2. Kendala Jerami Padi sebagai Pakan

Kendala pemanfaatan jerami padi secara luas untuk pakan ruminansia adalah rendahnya nilai nutrisi bila dibandingkan dengan pakan hijauan (Preston dan Leng, 1987) dan diklasifikasikan sebagai pakan berkualitas rendah (Becker dan Einfeldt, 1995) karena tanaman padi di panen setelah tanaman cukup tua.

Rendahnya nilai dan kualitas nutrisi jerami padi disebabkan oleh kandungan protein kasar (nitrogen), mineral dan vitaminnya yang rendah (El-Shobokshy *et al.*, 1989; Chowdhury dan Huque, 1997; Huque dan Chowdhury, 1997), dan hampir seluruh kandungan nitrogen jerami padi terikat dengan bagian yang tidak tercerna (Maynard dan Loosli, 1978; Juergenson, 1980). Dalam pakan kasar berkualitas sangat rendah seperti jerami padi, kandungan protein bukan

hanya tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan ternak, tetapi juga sering tidak cukup untuk mempertahankan populasi mikrobial rumen yang aktif, sehingga menyebabkan populasi mikrobial rumen menurun (Price, 1981). Kandungan energi yang dapat dimanfaatkan rendah (Neelakantan dan Deodhar, 1993) disebabkan energi di dalam selulosa dan hemiselulosa hanya sebagian yang tersedia bagi ternak, karena kecernaannya sangat rendah akibat unsur-unsur penghambat di dalam jerami (El-Shobokshy *et al.*, 1989; Singh dan Oosting, 1993), seperti kadar lignin yang tinggi serta adanya ikatan lignin dengan selulosa dan hemiselulosa, kristalisasi selulosa dan hemiselulosa, kadar silika yang tinggi yang dapat menghambat aktivitas mikrobial rumen, dan adanya kutin yang sukar dicerna pada bagian luar batang yang keras dan mengkilap (Komar, 1984).

Jerami padi pada umumnya mengandung komponen dinding sel mudah tersedia yang rendah (Preston dan Leng, 1987; Zhiliang *et al.*, 1996; Bergner, 1997); kecernaannya rendah dan kadar mineralnya tidak serasi sehingga konsumsi bahan keringnya terbatas (Ranjhan, 1986; McDonald *et al.*, 1987; Wilkinson, 1988; Becker dan Einfeldt, 1995). Kandungan karoten (provitamin A) jerami padi juga rendah, sehingga memerlukan tambahan vitamin A apabila ternak akan diberi pakan tunggal dari jerami padi (Sutrisno, 2002).

Kandungan Ca dan P pada jerami padi juga rendah, masing-masing 0,15 dan 0,10% (Rangkuti, 1988). Disamping itu, jerami padi mengandung oksalat (Sutrisno, 1985^a; Ranjhan, 1986) dan silika (Sutrisno, 1985^a; Preston dan Leng, 1987; McDonald *et al.*, 1987; Soejono *et al.*, 1988) yang tinggi. Konsentrasi silika di dalam lapisan epidermal bisa mencapai 13,4% dari berat jerami padi,

yang bisa bertindak sebagai penghambat yang nyata terhadap pemecahan lignoselulosa (Preston, 1984; Wilkinson, 1985; Paterson, 1989).

Tingginya kandungan lignoselulosa (ikatan lignin-hemiselulosa) mengakibatkan polisakarida sulit dicerna oleh fermentasi mikrobial rumen (Haryanto dan Djajanegara, 1993), pemecahan selulosa dalam rumen menjadi dibatasi oleh kristalinitas selulosa, yang merupakan penghambat terhadap enzim-enzim mikrobial, yang tercipta melalui pembungkusan selulosa oleh lignin dan hemiselulosa dalam dinding sel tanaman (Komar, 1984; Richards, 1976 yang disitasi Hatfield, 1989; Paterson, 1989). Dalam bentuk kristal, molekul glukosa selain dikokohkan oleh ikatan β -1,4 diperkokoh pula oleh ikatan hidrogen-2,6 yang mempersulit pencernaannya (Sutrisno, 2002).

Keseluruhan faktor-faktor tersebut bisa membatasi efisiensi pemanfaatan jerami padi sebagai pakan ruminansia, karena konsumsi ("voluntary intake") nya rendah (El-Shobokshy *et al.*, 1989).

2.2. Pengolahan Jerami Padi

Pengolahan jerami padi adalah daya upaya untuk meningkatkan kualitas jerami padi yang rendah hingga kualitas jerami potensial menjadi riil, terutama untuk meningkatkan efektivitas cerna oleh enzim mikrobial melalui penghancuran ikatan lignin, silika dan kutin serta meningkatkan kandungan protein jerami padi (Komar, 1984).

Kandungan nutrisi, pencernaan dan konsumsi jerami padi dapat ditingkatkan melalui suplementasi dengan bahan pakan lain atau diperlakukan lebih dahulu (“pre-treatment”). Proses perlakuan awal ini dapat diklasifikasikan secara fisik, kimia, biologis, dan kombinasinya (Banerjee, 1978; Komar, 1984; Sutrisno, 1985^b; Ter Meulen dan El-Harith, 1985; Ranjhan, 1986; Gatenby, 1986; Soejono *et al.*, 1988; Sundstol, 1988; El-Shobokshy *et al.*, 1989; Ter Meulen, 1992; Sutrisno, 2002).

Perlakuan fisik (“physical treatment”) bertujuan untuk merubah struktur fisik dan komposisi kimia antara lain karena terlarutnya isi sel atau perubahan struktur karbohidrat pada dinding sel jerami (Komar, 1984; Gatenby, 1986). Metoda ini meliputi pemotongan (“chopping”), penggilingan (“grinding”), pembuatan pellet (“pelleting”), perendaman (“soaking”), penguapan dengan tekanan (“steaming under pressure”), dan radiasi sinar gamma (“gamma irradiation”) (Sutrisno, 1985^b; Gatenby, 1986; Soejono *et al.*, 1988; Sundstol, 1988). Penggilingan dapat memperbaiki konsumsi (“intake”) bahan organik tercerna hingga 30% (Greenhalgh dan Wainman, 1972 yang disitasi Gatenby, 1986), sedangkan penguapan dengan tekanan dapat meningkatkan pencernaan hingga 50% (Guggolz *et al.*, 1971 yang disitasi Gatenby, 1986).

Perlakuan kimia (“chemical treatment”) bertujuan untuk menaikkan pencernaan dan konsumsi jerami padi dengan jalan melarutkan sebagian komponen dinding sel atau memecah hubungan kompleks antara lignin dengan komponen karbohidrat dinding sel (Komar, 1984; Soejono *et al.*, 1988).

Macam bahan kimia yang telah dicobakan secara meluas dengan tujuan untuk menaikkan degradasi dinding sel dapat dikategorikan dalam 3 kelompok yaitu bahan kimia bersifat alkalis (NaOH, KOH, Ca(OH)₂, Na₂CO₃, NH₃, NH₄OH dan urea), bersifat asam (H₂SO₄, HCl, dan lain-lain) dan bersifat oksidatif (sulfur oksida, ozone, sodium chlorit) (Komar, 1984; Soejono *et al.*, 1988; Sundstol, 1988; Ter Meulen, 1992).

Perlakuan dengan alkali menghasilkan hidrolisis ikatan di antara lignin dan hemiselulosa, saponifikasi ikatan ester dan pembengkakan kerangka lignin, sehingga mengekspos komponen-komponen yang dapat dicerna terhadap serangan bakteri (Kristensen, 1982; Gatenby, 1986). Perlakuan asam akan menghidrolisis hemiselulosa pada dinding sel yang berakibat terlepasnya gula. Selain itu juga ikatan lignin dengan karbohidrat yang bersifat "acid-labile" mungkin dapat dipecah selama perlakuan, bahkan apabila menggunakan asam kuat selulosa akan dapat dihidrolisis juga (Soejono *et al.*, 1988). Perlakuan senyawa oksidatif dimaksud untuk mengurangi kandungan lignin dan memecah ikatan lignin karbohidrat (Soejono *et al.*, 1988; Sundstol, 1988).

Perlakuan biologis ("biological processing") dilakukan dengan pengomposan, pembuatan silase (Soejono *et al.*, 1988), penumbuhan jamur (Soejono *et al.*, 1988; Jung *et al.*, 1992; Yusiati *et al.*, 1995; Callaway dan Martin, 1997), penambahan enzim (Soejono *et al.*, 1988; Ridla dan Uchida, 1997), penambahan bakteri asam laktat (Yusiati *et al.*, 1995; Bolsen *et al.*, 1996; Ridla dan Uchida, 1998) dan penambahan kultur mikrobia rumen (Widiyanto, 1993; Thalib *et al.*, 1995; Yusiati *et al.*, 1995; Widyati *et al.*, 1997; Sutrisno, 2002).

Sebagian besar perlakuan biologis ini bertujuan untuk memproduksi protein mikrobia dengan fermentasi medium cair atau fermentasi semi padat (Hardjo *et al.*, 1989; Judoamidjojo *et al.*, 1989; Ryu, 1989). Perlakuan secara biologis juga bertujuan untuk meningkatkan nilai nutrisi dan pencernaan jerami padi dengan bantuan mikrobia, misalnya dengan menumbuhkan jamur (*Pleurotus spp.*, *Volvariella volvaca*, *Stropharia rugosa annulata*, *Chaetomium cellulolyticum*, dan lain-lain), bakteri (misalnya *Lactobacillus plantarum*, dan lain-lain) maupun dengan menambahkan enzim (selulase atau xylanase) (Komar, 1984; Soejono *et al.*, 1988; El-Shobkshy *et al.*, 1989; Hardjo *et al.*, 1989; Judoamidjojo *et al.*, 1989; Thomas, 1989; Yusiati *et al.*, 1995; Ridla dan Uchida, 1998). Mikrobia mampu mendegradasi lignoselulosa dan lignohemiselulosa, yang merupakan komponen serat utama pada tanaman, sehingga nilai nutrisi dan pencernaan suatu bahan pakan meningkat (Stapleton, 1981 yang disitasi Gantenby, 1986; Zadrazil, 1979 yang disitasi Soejono *et al.*, 1988).

Perlakuan awal umumnya bertujuan untuk menyebabkan ikatan lignoselulosa lebih mudah diregangkan oleh mikrobia (Gantenby, 1986; Haryanto dan Djajanegara, 1993). Setelah ikatan lignoselulosa putus, selulosa menjadi dalam bentuk mudah tersedia (McDonald *et al.*, 1987; Haryanto dan Djajanegara, 1993). Di antara berbagai perlakuan awal tersebut, perlakuan penguapan dengan tekanan, perlakuan alkali, pra-perlakuan fermentasi dan enzimatik terbukti mampu merenggangkan ikatan lignoselulosa (Ryu, 1989).

Akhir-akhir ini penggunaan mikrobia dalam biokonversi lignoselulosa meningkat dalam berbagai penelitian. Degradasi secara mikrobiologis dengan

menggunakan *Basidiomycetes*, “White rot fungi”, dan bakteri telah banyak dilakukan (Komar, 1984; Tanuwidjaja, 1988; Thomas, 1989) untuk mengubah jerami menjadi bahan-bahan yang berguna. Akin dan Benner (1988) yang disitasi Yusiati *et al.* (1995) menyatakan bahwa degradasi polisakarida dan lignin dapat dilakukan oleh fungi dan bakteri ruminal. Fungi *chytridiomycete* anaerobik saat ini telah diketahui dengan baik sebagai salah satu di antara komponen-komponen utama mikroflora rumen, yang memiliki peranan dalam pencernaan serat meskipun kontribusinya secara kuantitatif terhadap pencernaan serat masih belum begitu jelas diketahui (Ushida *et al.*, 1997)

Masalahnya adalah menemukan suatu jenis mikrobia (bakteri atau fungi) yang dapat mendekomposisi lignin di dalam jerami tetapi tidak menghancurkan selulosa dan hemiselulosa, serta dapat tumbuh dengan subur di bawah kondisi (pH dan temperatur) pada mana patogen dihambat (Gatenby, 1986; Flegel dan Meevootisom, 1986; Sundstol, 1988).

2.2.1. Pra-perlakuan Fermentasi Jerami Padi dengan Ragi Isi Rumen

Pra-perlakuan fermentasi jerami padi dengan ragi isi rumen merupakan pengolahann secara biologis yang bertujuan untuk mengubah struktur fisik oleh enzim delignifikasi dan memperkaya jerami dengan protein mikrobia (Komar, 1984).

Fermentasi adalah suatu reaksi oksidasi-reduksi di dalam sistem biologis yang menghasilkan energi, di mana sebagai donor dan aseptor elektron digunakan

senyawa organik (Winarno dan Fardiaz, 1993). Sedangkan menurut Cappuccino dan Sherman (1983) bahwa fermentasi merupakan suatu proses bioksidatif yang tidak membutuhkan oksigen (anaerobik) dalam mana suatu substrat organik berperan sebagai aseptor elektron terakhir. Judoamidjojo *et al.* (1989) menyatakan bahwa fermentasi anaerobik merupakan proses perombakan suatu bahan menjadi bahan lain dengan bantuan mikrobia tertentu dalam keadaan anaerob.

Dalam fermentasi, substrat seperti karbohidrat dan alkohol mengalami disimilasi anaerobik dan menghasilkan asam-asam organik seperti asam laktat, asam format dan asam asetat, yang bisa disertai dengan gas-gas seperti hidrogen atau karbon dioksida (Cappuccino dan Sherman, 1983; Bolsen *et al.*, 1996), dan bila asam yang dihasilkan oleh mikrobia cukup tinggi, maka pertumbuhan mikrobia proteolitik dan lipolitik akan terhambat.

Tujuan perlakuan fermentasi adalah memecah ikatan kompleks lignoselulosa dan meningkatkan kandungan selulosa untuk dipecah oleh enzim selulase yang dihasilkan oleh mikrobia (Millet *et al.*, 1976 yang disitasi Basuki dan Wiryasmita, 1988). Mikrobia pemecah lignoselulosa mempunyai arti penting dalam meningkatkan nilai nutrisi bahan pakan. Dalam mendegradasi komponen serat melalui fermentasi substrat padat oleh mikrobia banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilannya; faktor-faktor tersebut adalah pH, temperatur, aerasi, kelembaban, sifat mikrobia, tipe substrat dan lama fermentasi (Rai *et al.*, 1988).

Fermentasi jerami padi ditambah bahan-bahan “additive” seperti RIR sebagai perlakuan biologis; disamping dapat menyebabkan depolimerasi selulosa sehingga meningkatkan kecernaannya juga dapat mengubah struktur fisik oleh enzim delignifikasi dan memperkaya bahan dengan protein mikrobia. Degradasi secara mikrobiologis yang terjadi pada saat proses fermentasi merupakan salah satu cara yang dapat mengubah bahan yang mengandung komponen serat seperti selulosa dan lignin menjadi bahan yang berguna seperti monosakarida atau selobiosa (Anah dan Tanuwijaya, 1988).

Ragi isi rumen (RIR) merupakan salah satu bahan “additive”, yang selain mengandung kultur mikrobia campuran (bakteri : $2,3 \times 10^3$ sel/gram RIR dan fungi: $2,1 \times 10^3$ koloni/gram RIR) yang bersumber dari isi rumen, juga dapat menyediakan sumber energi bagi aktivitas mikrobia yang terkandung di dalamnya. Selain itu, ragi isi rumen mengandung protein kasar yang cukup tinggi (14,92%/100% BK). Hal ini sesuai dengan pernyataan Fendiarto *et al.* (1984); Hardjo *et al.* (1989); Judoamidjojo *et al.* (1989); dan Widiyanto (1993) bahwa isi rumen/bolus merupakan sumber mikrobia yang cukup baik karena di dalamnya terdapat mikrobia selulolitik yang berperan mencerna serat kasar dan mikrobia juga dapat menggunakan nitrogen bukan protein untuk membentuk protein tubuhnya.

2.2.1.1. Bolus sebagai “Starter”

Bolus adalah pakan yang sudah dicerna tetapi belum sempat dimanfaatkan oleh induk semang, yang terdapat di dalam saluran retikolorumen (Fendiarto *et al.*

1984), yang volumenya bisa mencapai 10 – 15% dari bobot badan (Arora, 1995). Bolus mengandung mikrobial rumen yang terdiri dari bakteri, protozoa dan jamur (Banerjee, 1978; Sutrisno *et al.* 1992), sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber mikrobial (“starter”) dalam fermentasi silase (Nurwantoro dan Sutrisno, 1998). Bolus telah mengalami fermentasi terlebih dahulu di dalam rumen sehingga mengandung mikrobial yang dapat memperkaya protein bolus. Nilai biologis protein mikrobial sangat tinggi, juga kaya akan vitamin dan memiliki spektrum asam amino yang sama dengan asam amino yang berasal dari hewan (Boda, 1990), serta kaya akan lisin, methionin, threonin, alanin, valin, leusin, isoleusin, tirosin, phenilalanin, histidin dan asam aspartat (Ergul dan Vogt, 1984). Mikrobial juga mengandung vitamin B kompleks yang dibutuhkan bagi pertumbuhan ternak (Arora, 1983). Sutrisno *et al.* (1992) melaporkan bahwa bolus segar merupakan sumber mikrobial yang cukup baik, karena pada bolus sapi segar mengandung total bakteri $3,7 \times 10^9$ sel/gram dan bolus kambing segar mengandung total bakteri $1,1 \times 10^8$ sel/gram.

Penggunaan bolus sebagai “starter” bertujuan untuk meningkatkan populasi bakteri tertentu yang diperlukan agar proses fermentasi dapat berjalan dengan cepat, selanjutnya memacu terbentuknya suasana asam agar bakteri pembusuk maupun yang bersifat pathogen tidak dapat tumbuh (McDonald, 1981). Di dalam bolus dijumpai adanya bakteri amilolitik, proteolitik, pembentuk asam, fungi (kapang dan khamir) dan bakteri selulolitik (Nurwantoro *et al.*, 1996; Nurwantoro dan Sutrisno, 1998). Disamping itu kandungan nutrisi bolus itu sendiri cukup tinggi yakni protein kasar (18,42%), lemak kasar (2,41%), abu

(25,07%), serat kasar (22,00%) dan BETN (32,10%) berdasarkan bahan kering (Sutrisno *et al.*, 1992). Sedangkan menurut Suwandystuti (1980) yang disitasi Riswantiyah *et al.* (1988) isi rumen sapi mengandung air (12,90%), protein kasar (8,17%), lemak kasar (2,01%), serat kasar (21,41%), kalsium (1,19%) dan fospor (2,15%).

2.2.1.2. Dedak sebagai "RAC"

Dedak merupakan hasil sampingan proses penggilingan padi menjadi beras, yang terdiri dari lapisan aleuron dan sebagian kecil endosperma, pericarp, pegmen dan germ (Tangendjaja, 1988). Selanjutnya dinyatakan bahwa dedak dihasilkan sebanyak 8-10% dari berat padi yang digiling, sehingga ketersediaannya cukup melimpah. Secara kimiawi dedak padi mempunyai kandungan bahan kering (88,30%), serat kasar (15,30%), abu (9,90%), protein kasar (10,10%), lemak kasar (4,90%) dan BETN (48,10%) (Udiyono, 1987).

Dedak merupakan sumber karbohidrat mudah tersedia ("Readily Available Carbohydrate", RAC) dan sangat efektif dalam memperbaiki kualitas fermentasi dari jerami padi (Bolsen *et al.*, 1996) karena dapat meningkatkan suplai energi tersedia bagi pertumbuhan mikrobial (yang terdapat dalam substrat dan bolus) (McDonald, 1981; Chaudhry, 1998). RAC tersebut akan difermentasi oleh mikrobial menjadi asam laktat dan produk-produk lainnya (McDonald, 1982; Armstrong, 1986) dan akan menurunkan level pH (Armstrong, 1986) dan level N-NH₃ dalam jerami padi terfermentasi (McDonald, 1981), dan selanjutnya meningkatkan pertumbuhan bakteri asam laktat serta meningkatkan kualitas

fermentasi dan preservasi (Ridla dan Uchida, 1998), mengurangi proteolisis dan memperbaiki stabilitas asam-asam amino (McDonald, 1981).

2.3. Uji Mutu Nutrisi Jerami Padi

Sebagaimana jenis *gramineae* (rumput-rumputan), jerami padi terdiri dari dua (2) bagian yakni “inti sel” yang disebut sitoplasma dan dinding sel. Sitoplasma mengandung zat-zat yang mudah larut, sedangkan dinding sel mengandung zat-zat yang tidak mudah larut (Van Soest, 1972; Komar, 1984). Bagian dinding sel ini merupakan bagian terbesar dari jerami padi yaitu berkisar 80 sampai 90% (Komar, 1984).

Bila diperinci lebih lanjut maka pada jerami padi, inti selnya mengandung: gula-gula terlarut; lemak; protein kasar sebesar 0,5-1,5; 1-3,5; 2-6% dan sebagian kecil mineral. Sedang dinding sel mengandung hemiselulosa $27,2 \pm 4,4\%$, selulosa $43,7 \pm 8,1\%$, lignin $9,8 \pm 2,5\%$, substansi pektik $1,4 \pm 0,36\%$ dan silika 13% (Komar, 1984). Sutrisno (2002) menyatakan bahwa kandungan protein kasar, serat kasar dan BETA-N jerami padi sawah sebesar 3,96; 27,645 dan 43,85%, sedangkan untuk jerami padi gogo sebesar 3,70; 30,098 dan 45,622%.

Faktor-faktor yang mempengaruhi komposisi kimia dan nilai nutrisi jerami padi meliputi varietas, curah hujan, temperatur, kesuburan tanah, jenis dan taraf aplikasi pupuk, stasi kedewasaan, tinggi pemotongan, rasio daun terhadap batang dan penanganan pasca panen (Le Trong Tung, 1986).

Atas dasar kandungan zat-zat nutrisi yang terdapat dalam jerami padi tersebut maka bila dibandingkan dengan berbagai jenis rumput jelas nampak bahwa nilai hayatinya dan kecernaannya rendah (Komar, 1984).

2.3.1. Komponen Proksimat Jerami Padi

Komponen proksimat jerami padi terdiri dari bahan kering, protein kasar, serat kasar, BETN, ekstrak ether dan abu (Sutardi, 1980; Tillman *et al.*, 1986; Anggorodi, 1994; Van Soest, 1994).

Bahan kering ("dry matter") dihitung sebagai selisih antara 100% dengan persen kadar air, yang ditetapkan dengan cara pengeringan sampel bahan dalam oven pada suhu 105°C selama 4-6 jam, sampai bobotnya tetap (Sutardi, 1980; Anggorodi, 1994). Kadar bahan kering jerami padi biasanya meningkat dengan semakin tua nya tanaman, karena berkurangnya kadar air dalam tanaman. Kadar bahan kering jerami padi berkisar 60 –85% (Komar, 1984).

Protein kasar ("crude protein") diukur melalui perolehan kandungan N dan dikalikan 6,25. Gambaran ini termasuk protein dan NPN (Non Protein Nitrogen). Protein murni ("true protein") menunjuk pada protein aktual di dalam jerami padi, yakni sekitar 70% dari total N (Van Soest, 1972) atau 75-90% (McDonald, 1981) dalam jerami segar, dan dalam proporsi yang lebih rendah untuk silase. NPN meliputi glutamin, asam glutamat, asparagin, asam aspartat, asam gamma-amino-butirat dan nitrat. Dalam silase, NPN meliputi amonia, amina dan garam-garamnya (Van Soest, 1972). Suatu fraksi yang tidak larut berkombinasi dengan lignin yang merupakan N tidak dapat dicerna dan menyusun

5-10% dari total N jerami padi (Van Soest, 1972; Price, 1981). Fraksi ini biasanya tidak ditetapkan sebagai NPN. Protein murni dan NPN yang dapat larut biasanya tersedia secara sempurna, sehingga kualitas protein sejati adalah tinggi, bisa jadi lebih baik daripada protein biji. Kandungan protein kasar jerami padi sangat rendah, yaitu sekitar 3,96 dan 3,70% untuk jerami padi sawah dan jerami padi gogo (Sutrisno, 2002).

Serat kasar ("crude fiber") adalah karbohidrat yang tidak dapat larut, yang merupakan polisakarida-polisakarida yang tidak dapat larut (selulosa dan hemiselulosa) dan lignin. Lignin, meskipun bukan karbohidrat seringkali berikatan dengan karbohidrat struktural selulosa dan hemiselulosa yang membentuk ikatan kompleks lignoselulosa dan lignohemiselulosa yang sangat berpengaruh terhadap pencernaan karena ketahanannya terhadap aktivitas enzim yang dihasilkan oleh ternak maupun mikrobia yang ada dalam saluran pencernaan ternak (Tillman *et al.*, 1986). Selulosa tidak dapat larut dan hanya dapat dicerna oleh aksi mikrobia; hemiselulosa tidak begitu mudah dicerna karena berikatan dengan lignin; lignin ditemukan pada dinding sel jerami padi dan tidak dapat dicerna sama sekali (Van Soest, 1972; Anggorodi, 1994). Kandungan serat kasar jerami padi berkisar 36,4 – 39,01% (Batubara *et al.*, 1981 yang disitasi Sutrisno, 2002).

Bahan ekstrak tanpa nitrogen ("Nitrogen-Free Extract", NFE) merupakan karbohidrat yang dapat larut meliputi monosakarida (glukosa, fruktosa, galaktosa), disakarida (sukrosa, laktosa, maltosa) dan polisakarida (pati)

(Van Soest, 1972; Anggorodi, 1994). Kandungan BETA-N jerami padi berkisar 34,3 – 39,2% (Batubara *et al.*, 1981 yang disitasi Sutrisno, 2002).

Ekstrak ether atau lipida tanaman bisa mempengaruhi palatabilitas. Komponen ini meliputi galaktolipid (daun), trigliserida (biji), lilin, pigmen dan beberapa asam organik (Van Soest, 1972). Asam palmitat, oleat dan stearat terdapat luas pada tumbuh-tumbuhan, dan linoleat merupakan persentase terbesar dari banyak lemak tumbuh-tumbuhan (Anggorodi, 1994). Kandungan lipida pada jerami padi biasanya sangat rendah, yaitu sekitar 2% dari bahan kering (Van Bruchem dan Soetanto, 1988).

Abu (“ash”) merupakan bahan anorganik yang terdapat dalam jerami padi meliputi K, Ca, P, Mg, S, Si, Fe, Cu, Mn, Mo, Zn, B, Cr, Se dan I (Van Soest, 1972). Kandungan abu jerami padi bisa mencapai 21,0% (Soejono *et al.*, 1988). Jerami mengandung silika yang tinggi dan bisa mencapai 13,4% dari berat jerami (Preston, 1984; Paterson, 1989), yang bisa bertindak sebagai penghambat yang nyata terhadap pemecahan lignoselulosa; sedangkan kandungan Ca dan P, yaitu 0,413 dan 0,292%. Padahal taraf pemberian yang aman bagi ternak di Indonesia adalah sekitar 1,0% Ca dan 0,75% P dari bahan kering ransum (Sutrisno, 2002).

2.3.2. Komponen Serat Jerami Padi

Analisa proksimat Weende bekerja sangat baik untuk bahan-bahan pakan konsentrat, tetapi untuk bahan hijauan berserat seperti jerami padi terdapat beberapa pembatas, karena adanya variasi yang besar dalam pencernaan serat yang dikandungnya (Blakely dan Bade, 1998). Perbedaan dalam pencernaan serat kasar

berpengaruh terhadap pencernaan seluruh nutrien sebab serat yang utuh menghalangi aksi enzim-enzim pencernaan pada nutrien-nutrien yang lain (Maynard dan Loosli, 1978). Maka agar bahan hijauan berserat dapat di analisis dengan baik, dikembangkan sistem analisis deterjen atau analisis Van Soest (Blakely dan Bade, 1998), yang membagi bahan kering pakan dalam 2 kelompok, yakni: bahan larut dalam deterjen netral (“neutral detergent solubles”) dan residu deterjen netral (“neutral detergent residue”).

Bahan larut dalam deterjen netral terdiri atas isi sel (“cell contents”) tanaman (protein, lemak dan karbohidrat yang mudah larut seperti gula dan pati). Isi sel semuanya dapat dicerna dan dapat dimanfaatkan oleh hewan. Residu deterjen netral terdiri dari konstituen dinding sel (“cell wall constituents”) tanaman (selulosa dan karbohidrat yang tidak dapat dicerna). Bahan ini bervariasi dalam pencernaan dan kemanfaatannya bagi hewan. Pembagian selanjutnya atas serat deterjen netral oleh deterjen asam (“acid detergent”) dapat memisahkan karbohidrat yang memiliki tingkat pencernaan tertentu dari karbohidrat yang benar-benar tidak dapat dicerna. Perbandingan kedua sistem nutrisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Sistem Nutrisi (Blakely dan Bade, 1998)

Sistem Weende	Komponen Nutrien	Sistem Van Soest	
Abu	Mineral	Larutan Deterjen Netral (Isi Sel)	
Ekstrak Ether	Lemak		
Protein Kasar	Protein		
Ekstrak Tanpa N (BETA-N)	Karbohidrat Pati Gula		
Serat Kasar	Hemiselulosa	Serat Deterjen Asam Serat Deterjen Netral	
	Lignin		
	Selulosa		

Ciri-ciri pokok dari metoda proksimat adalah pembagian fraksi karbohidrat menjadi : serat kasar (SK) dan bahan ekstrak tanpa N (BETA-N). Total karbohidrat (KH) diprediksi dengan mengurangi jumlah abu, ekstrak ether dan protein ($N \times 6,25$) dari 100. Pengurangan SK dari total KH sama dengan BETA-N, yang merupakan sisa yang tidak dapat dihitung dengan menggunakan analisis ini (hanya berdasarkan pengurangan) (Van Soest, 1972; Maynard dan Loosli, 1978; McDonald *et al.*, 1987).

Pembagian KH menjadi SK dan BETA-N digunakan untuk memisahkan KH berselulosa yang kurang dapat dicerna dari gula dan pati yang mudah dicerna. Akan tetapi, dalam 20-30% dari pakan yang telah didaftar oleh Morrison, BETA-N kurang dapat dicerna dibanding SK. Hal ini terjadi karena beberapa alasan, pertama dari metoda SK (pendidihan yang berlebihan dengan larutan NaOH dan H_2SO_4) tidak menemukan kembali seluruh serat, dan sejumlah besar konstituen

serat diekstraksi ke dalam BETA-N, dan yang paling penting dari fraksi ini adalah lignin dan hemiselulosa. Lignin dilarutkan oleh NaOH dan hemiselulosa dilarutkan baik oleh asam maupun alkali (Van Soest, 1972). Selanjutnya dinyatakan bahwa kesalahan mendasar dari konsep BETA-N adalah asumsi bahwa jika suatu konstituen dapat larut maka konstituen tersebut dapat dicerna. Lignin, yang merupakan komponen "rigid" dari kayu, bukan hanya tidak dapat dicerna tetapi juga menurunkan pencernaan substansi dengan mana ia berasosiasi (Van Soest, 1972; Maynard dan Loosli, 1978).

NDF ("Neutral Detergent Fiber") adalah bagian lain dari bahan kering yang tidak larut dalam larutan deterjen netral. Komposisi utamanya adalah komponen dinding sel yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin, poliuronat, pektin, dan silika (Banerjee, 1978; Van Soest, 1994), yang 98% merupakan fraksi yang tidak dapat dicerna. Fraksi serat ini sangat penting bagi ruminansia dan sejumlah minimal dibutuhkan dalam ransum agar rumen dapat berfungsi dengan baik (Van Soest, 1994).

ADF ("Acid Detergent Fiber") adalah bagian lain dari bahan kering yang tidak larut dalam larutan deterjen asam. Komposisi utamanya adalah selulosa dan lignin (Van Soest, 1994). ADF juga meliputi kutin, silika dan substansi N terikat (Arora, 1995; McDonald *et al.*, 1987). ADF merupakan suatu pengukuran laboratoris yang bermanfaat karena berhubungan dengan pencernaan pakan (Wilkinson, 1985) atau berkorelasi baik secara statistik dengan pencernaan (McDonald *et al.*, 1987), dan digunakan secara luas sebagai metoda yang cepat untuk mengestimasi serat dalam pakan serta seringkali menggantikan serat kasar

sebagai bagian dari analisis proksimat (Van Soest, 1994). Selisih antara kandungan NDF dan ADF di dalam pakan adalah hemiselulosa dan N dinding sel (Banerjee, 1978; Tillman *et al.*, 1986; McDonald *et al.*, 1987; Van Soest, 1994).

Fraksi dinding sel ini hanya sebagian yang dapat dicerna. Besarnya komponen ini yang dapat dicerna tergantung secara luas pada jumlah lignin (Maynard dan Loosli, 1978; Wilkinson, 1985), yang terakumulasi di dalam dinding sel ketika tanaman menua dan memberikan pada tanaman kekakuan strukturalnya (Wilkinson, 1985). Selulosa, hemiselulosa dan pektin dapat dicerna dengan baik, sedangkan lignin itu sendiri secara ekstrim stabil dan secara sempurna hampir tidak dapat dicerna serta bisa mempengaruhi proses pencernaan (Arora, 1995). Lignin membentuk ikatan-ikatan dengan selulosa dan hemiselulosa dalam bentuk lignoselulosa dan lignohemiselulosa (Chuzaemi dan Soejono, 1988; Van Bruchem dan Soetanto, 1988), yang mencegah matriks dinding sel mengembang sehingga akan menghambat penetrasi enzim-enzim mikrobal di dalam rumen (Wilkinson, 1985; Ranjhan, 1986; Arora, 1995), karena enzim-enzim yang disekresikan oleh mikobia tidak mampu memecah lignin (Banerjee, 1978; Ranjhan, 1986), sehingga mengurangi kecernaan jika berada dalam dinding sel (Arora, 1995).

Jerami padi kaya akan lignin, yang bisa mencapai lebih dari 10% (Arora, 1995), dan konsekuensinya rendah kecernaannya jika tidak diolah/diperlakukan untuk memecah ikatan antara lignin dengan karbohidrat (McDonald *et al.*, 1987).

2.4. Uji Kecernaan

Istilah kecernaan menggambarkan proporsi bahan pakan yang menyediakan energi dan protein yang bermanfaat bagi ternak (Wilkinson, 1985), atau proporsi (biasanya dalam %) bahan pakan yang tidak ditemukan kembali dalam feses (Crampton, 1969; Ranjhan, 1981; Van Soest, 1994). Ketika kecernaan diekspresikan dalam persentase maka disebut koefisien kecernaan (Ranjhan, 1986).

Koefisien kecernaan diestimasi untuk bahan kering, protein kasar, serat kasar, ekstrak ether, BETN, energi total, ADF, NDF, selulosa dan lain-lain (Ranjhan, 1981; Van Soest, 1994). Percobaan pencernaan pada prinsipnya dapat dilakukan dengan metoda *in vivo* dan *in vitro* atau *in sacco in situ* (Banerjee, 1978; Ranjhan, 1981; Reksohadiprodjo, 1988).

Percobaan pencernaan dengan ternak (percobaan *in vivo*) sangat penting karena komposisi kimia dari pakan saja tidak akan memberikan penaksiran yang layak mengenai nilai nutrisi dari pakan, karena nilai pakan selain dipengaruhi komposisi kimia juga tergantung pada jumlah nutrien yang dapat dicerna dan dimanfaatkan oleh ternak (Ranjhan, 1981; Van Soest, 1994). Meskipun analisis kimiawi dari pakan kasar ada hubungannya dengan nilai pakan bagi ternak, hal tersebut tidak menunjukkan kecernaannya (Anggorodi, 1994). Komposisi kimia dari pakan hanya memberikan nilai potensial tetapi tidak memberikan nilai aktual dari pakan sehingga kehilangan nutrien dalam feses, urine, gas, dan lain-lain dari hewan selama pencernaan, absorpsi dan metabolisme juga dipertimbangkan

(Ranjhan, 1981; Williamson dan Payne, 1993). Nutrien yang terdapat dalam pakan tidak tersedia secara sempurna bagi tubuh hewan, karena sebagian besar nutrien diekskresikan dalam feses sebab tidak dapat dicerna di dalam saluran pencernaan. Disamping itu, percobaan *in vivo* memberikan informasi tentang palatabilitas pakan, keberadaan faktor-faktor yang dapat membahayakan ternak, dan lain-lain (Ranjhan, 1981).

Faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien pencernaan adalah spesies hewan, umur hewan, tingkat pemberian pakan, prosesing pakan, komposisi pakan dan komposisi ransum (Ranjhan, 1981; McDonald *et al.*, 1987); sedangkan menurut Schneider dan Flatt (1975) dan Ranjhan (1981) bahwa pencernaan pakan tergantung pada : (1) enzim-enzim yang ada dan lingkungan fisiologis dimana mereka berfungsi; (2) jenis pakan yang diproses, termasuk susceptibilitasnya terhadap hidrolisis enzimatis dan aksi substansi-substansi inhibitor yang mungkin terdapat dalam pakan seperti glukosida, tannin, alkaloid, dan lain-lain; dan (3) total kapasitas prosesing dari saluran pencernaan ternak

Percobaan pencernaan *in vivo* memerlukan waktu, materi, tenaga dan biaya (Banerjee, 1978; Tillman *et al.*, 1986; Williamson dan Payne, 1993), sehingga perlu dicari jalan untuk mengembangkan metoda laboratorium yang meniru percobaan pencernaan *in vivo*, salah satunya yaitu metoda *in vitro* (Tillman *et al.*, 1986).

Prinsip penentuan pencernaan *in vitro* adalah sama dengan *in vivo*, tetapi cara pelaksanaannya di laboratorium yaitu dengan cara menginkubasikan sampel yang akan diteliti pertama dengan cairan rumen selama 48 jam, lalu dalam

Pepsin-HCl selama 48 jam untuk mensimulasi aksi abomasum (Maynard dan Loosli, 1978; Banerjee, 1978; Ranjhan, 1981; Wilkinson, 1985; McDonald *et al.*, 1987; Van Soest, 1994).

Keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan teknik *in vitro* dalam mempelajari kegiatan mikrobia rumen adalah dapat mengurangi pengaruh yang disebabkan hewan induk semang (Jonhson, 1966 yang disitasi Sunarso *et al.*, 1987). Selain itu juga dapat dilakukan dengan cepat, tepat dan efektif secara biaya (Chaudhry, 1998) dengan hasil yang memuaskan (Harris, 1970 yang disitasi Sunarso *et al.*, 1987) serta tidak membutuhkan banyak tenaga dan bahan pakan untuk di analisis (Banerjee, 1978).

Hasil yang diperoleh dari metode *in vivo* biasanya sedikit lebih rendah dibanding metoda *in vitro* (Komar, 1984; Tillman *et al.*, 1986; Van Soest, 1994), yaitu sekitar 1-2% lebih rendah dibanding metode *in vitro* pada pakan kasar (Tillman *et al.*, 1986), dan terdapat korelasi yang baik ($r^2 = 0,6-0,8$) di antara estimasi *in vitro* dan *in vivo* untuk berbagai jerami (Given dan Moss, 1995 yang disitasi Chaudhry, 1998). Sedangkan menurut Hungate (1971) yang disitasi Sunarso *et al.* (1987) menyatakan bahwa hubungan antara pencernaan bahan pakan secara *in vitro* dengan *in vivo* sangat baik ($r = 0,8$).

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan percobaan secara *in vitro* adalah larutan penyangga, suhu fermentasi, derajat keasaman, sumber inokulum, periode fermentasi, mengakhiri fermentasi dan prosedur analisis (Sunarso *et al.* 1987).

Bahan kering pakan dapat dibagi ke dalam bahan organik dan bahan anorganik, meskipun dalam organisme hidup tidak ada perbedaan yang tegas seperti ini, karena banyak senyawa organik mengandung unsur-unsur mineral sebagai komponen struktural, misalnya protein mengandung sulfur, banyak lipida dan karbohidrat mengandung fosfor (McDonald *et al.*, 1987). Selanjutnya dinyatakan bahwa bahan kering dapat dipisahkan ke dalam 2 fraksi berdasarkan ketersediaan nutrisinya, yaitu isi sel dan konstituen dinding sel. Kecernaan kandungan dinding sel dikontrol oleh konsentrasi lignin dan selulosa; sedangkan isi sel sangat mudah dicerna dan tidak dipengaruhi oleh lignin yang terdapat di dalam tanaman.

Sebagian besar dinding sel jerami tersusun atas karbohidrat struktural, yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, pektin, dan substansi non karbohidrat yaitu lignin (Arora, 1995). Selulosa, hemiselulosa dan pektin dapat dicerna dengan baik; sedangkan lignin tidak dapat dicerna sama sekali (Arora, 1995) dan merupakan faktor pembatas utama pencernaan (Van Soest, 1994). Lignin mengurangi pencernaan karbohidrat melalui pembentukan ikatan hidrogen pada sisi kritis sehingga membatasi aktivitas selulase (Arora, 1995). Kutin dengan struktur non aromatik merupakan komponen lain dari dinding sel yang mencegah proses pencernaan oleh mikrobia (Arora, 1995).

Koefisien Cerna Bahan Kering (KCBK) dan Koefisien Cerna Bahan Organik (KCBO) jerami padi sawah biasanya lebih baik dibanding padi gogo, yaitu 40,71 vs 38,41 dan 38,54 vs 35,91% (Sutrisno, 2002).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 7 September sampai dengan tanggal 16 Desember 2001 di Laboratorium Teknologi Makanan Ternak dan Laboratorium Ilmu Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro. Penelitian terbagi dalam 2 tahap, yakni : tahap persiapan, yaitu pembuatan ragi isi rumen (RIR) selama 1 minggu dan pembuatan jerami padi - RIR terfermentasi selama 8 minggu; dan tahap pelaksanaan uji laboratoris (*in vitro*) selama 4 minggu.

3.2. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam pembuatan jerami padi - RIR terfermentasi meliputi : jerami padi var. Cisadane (diperoleh dari Ungaran), bolus (isi rumen) (diperoleh dari RPH Penggaron), dedak (diperoleh dari Poultry di Ngesrep), toples plastik (isi 1000 gram), alat pencacah, thermometer, neraca sartorius, dan oven.

Analisis protein kasar menggunakan materi (alat dan bahan) sebagai berikut: becker glass, erlenmeyer, stirer, corong, kompor, peralatan titrasi, pipet ukur 1 ml, mikrobiuret, neraca sartorius, sentrifuse, labu destruksi (kjeldahl), oven, alat destilasi beserta pendingin liebig, buret; KHSO_4 , CuSO_4 , H_2SO_4 0,3 N,

NaOH 33 %, H₂SO₄ pekat (BJ=1,84), indikator MR, MB dan PP, asam oksalat 0,3 N dan Na OH 0,3 N.

Analisis “Neutral Detergent Fiber” (NDF) dan “Acid Detergent Fiber” (ADF) menggunakan materi sebagai berikut: becker glass, eksikator, tanur, labu, krusibel, larutan deterjen netral, larutan deterjen asam, decahydronaphtalen, acetone dan sodium sulphite.

Analisis Kecernaan Bahan Kering dan Bahan Organik secara *in vitro* menggunakan materi yang meliputi penangas air bergoyang (“shaking waterbath”) bersuhu 39⁰C, tabung fermentasi, syringe otomatis, sumber CO₂, sentrifuse, eksikator, kertas saring, oven, tanur, cairan rumen (diperoleh dari RPH Penggaron), larutan penyangga McDougall, aquadest, pepsin-HCl.

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan berdasarkan metoda penelitian eksperimental, yang meliputi 2 tahapan, yaitu :

3.3.1. Tahap Persiapan

Pembuatan jerami padi - RIR terfermentasi, yang terbagi dalam 2 bagian yaitu :

3.3.1.1. Pembuatan Ragi Isi Rumen (RIR)

Pembuatan RIR dilakukan dengan penambahan isi rumen (bolus) segar dengan dedak sebanyak 30 % dari bahan kering bolus dan kemudian disimpan dalam keadaan aerob pada suhu kamar (24 - 32⁰ C) selama 6 hari. Pengeringan untuk mendapatkan kadar air ragi isi rumen 20 – 25 % dilakukan dengan oven pada suhu 42-45⁰C selama 18 – 20 jam. Dalam tahap ini dilakukan analisis proksimat (AOAC, 1984) terhadap bahan-bahan penelitian, yaitu jerami padi, dedak halus, isi rumen dan ragi isi rumen.

3.3.1.2. Pembuatan Jerami Padi-RIR Terfermentasi

Jerami padi segar dipotong-potong kurang lebih sepanjang 2-3 cm, kemudian diaduk agar bagian daun dan batang bercampur dengan homogen. Selanjutnya dicampur dengan ragi isi rumen (RIR) sebanyak 10, 15, dan 20 % dari bahan kering jerami sesuai dengan perlakuan, lalu setiap pencampuran diaduk rata dan disimpan dengan kadar air 65% dalam toples plastik secara anaerobik pada suhu kamar (24 - 32⁰C) selama 4, 6 dan 8 minggu sesuai dengan perlakuan dan setiap perlakuan diulang 3 kali.

Kombinasi perlakuannya adalah 3 x 3 :

- R₁T₁ = penambahan 10 % RIR dan fermentasi 4 minggu
- R₁T₂ = penambahan 10 % RIR dan fermentasi 6 minggu
- R₁T₃ = penambahan 10 % RIR dan fermentasi 8 minggu
- R₂T₁ = penambahan 15 % RIR dan fermentasi 4 minggu

R ₂ T ₂	= penambahan 15 % RIR dan fermentasi 6 minggu
R ₂ T ₃	= penambahan 15 % RIR dan fermentasi 8 minggu
R ₃ T ₁	= penambahan 20 % RIR dan fermentasi 4 minggu
R ₃ T ₂	= penambahan 20 % RIR dan fermentasi 6 minggu
R ₃ T ₃	= penambahan 20 % RIR dan fermentasi 8 minggu

3.3.2. Tahap Uji Laboratoris (*In Vitro*)

Jerami padi-RIR terfermentasi masing-masing perlakuan di kering udarkan dan selanjutnya digiling dengan Willey Cutting Mill dengan Screen 0,1 mm, lalu diuji secara laboratoris.

3.3.2.1. Penentuan Kadar Protein Kasar

Protein kasar dianalisis sesuai dengan petunjuk AOAC (1984) menggunakan prosedur sebagai berikut : labu destruksi yang telah dicuci dan di oven pada suhu 105-110⁰C selama 1 jam, dimasukkan ke dalam eksikator selama 1 jam. Sampel seberat x gram dimasukkan ke labu destruksi, kemudian ditambahkan 3 gram KHSO₄ + 1 gram CuSO₄ serta 25 ml H₂ SO₄ pekat dan dicampur. Labu destruksi yang berisi bahan dipanaskan dalam lemari asam sampai warna campuran menjadi hijau jernih. Hasil destruksi dimasukkan ke dalam labu suling untuk proses destilasi dan diencerkan dengan aquadest, kemudian ditambahkan 100 ml NaOH 33 % dan dipanaskan. Hasil destilasi ditangkap dengan 50 ml asam sulfat 0,3 N berindikator campuran MR dan MB 2 tetes. Langkah selanjutnya dilakukan titrasi dengan NaOH 0,3 N dan juga dibuat

blanko dengan menggunakan 25 ml asam sulfat 0,3 N dengan indikator campuran MR dan MB 2 tetes.

Perhitungan protein kasar ini menggunakan rumus :

$$PK = \frac{(\text{ml blanko} - \text{ml titran}) \times \text{Na OH} \times 0,014 \times 6,25}{\text{Berat sampel endapan (x)}} \times 100\%$$

3.3.2.2. Penentuan Kadar NDF

Prosedur penentuan kadar NDF dilakukan dengan prinsip pelarutan dengan dilakukan penentuan kadar NDS (Van Soest, 1994). Prosedur penentuan NDF diawali dengan pengambilan satu gram sampel bahan kering dan ditambahkan 100 ml larutan deterjen netral, 2 ml decahydronapthalene dan 0,5 gram Na_2SO_3 kemudian direbus sampai mendidih selama 60 menit. Sampel kemudian disaring dengan krusibel yang telah diketahui beratnya dan dicuci dengan 50 ml air panas bersuhu 80°C dan dilanjutkan dengan 50 ml aseton. Pencucian dengan air panas dan aseton diulangi dua kali. Sampel beserta krusibel dioven dengan suhu 105°C selama 8 jam dan dimasukkan kedalam eksikator selama 15 menit kemudian ditimbang. Selanjutnya dilakukan pengabuan didalam tanur selama 3 jam dengan suhu $500-600^\circ\text{C}$, kemudian dimasukkan kedalam eksikator lalu ditimbang. Rumus perhitungan NDF :

$$\text{NDF} = \frac{(\text{Krl} - x) - \text{Rsl}}{x \times y} \times 100\%$$

keterangan : Krl = berat krusibel (gram)
 Rsl = residu setelah oven (gram)
 x = berat sampel (gram)
 y = % bahan kering

$$\text{NDS (\%)} = 100 \% - \text{NDF (\%)}$$

3.3.2.3. Penentuan kadar ADF

Pengambilan satu gram sampel bahan kering dan ditambahkan 100 ml larutan deterjen asam dan 2 ml decahydronapthalene, kemudian direbus sampai mendidih selama 60 menit. Sampel kemudian disaring dengan krusibel yang diketahui beratnya dan dicuci dengan 50 ml air panas bersuhu 80⁰C dan dilanjutkan dengan 50 ml aseton. Pencucian dengan air panas dan aseton diulangi dua kali. Sampel beserta krusibel di oven dengan suhu 105⁰C selama 8 jam dan dimasukkan kedalam eksikator selama 15 menit kemudian ditimbang. Rumus perhitungan ADF :

$$\text{ADF} = \frac{(\text{Krl} - x) - \text{Rsl}}{x \times y} \times 100\%$$

keterangan : Krl = berat krusibel (gram)
 Rsl = residu setelah oven (gram)
 x = berat sampel (gram)
 y = % bahan kering

3.3.2.4. Penentuan Kecernaan Bahan Kering dan Bahan Organik *In Vitro*

Penentuan kecernaan bahan kering dan bahan organik secara *in vitro* menurut metode Tilley dan Terry (Tilley dan Terry, 1963 yang disitasi oleh Banerjee, 1978). Metode pencernaan ini dibagi dalam dua tahap yakni : fermentasi mikrobial dan pencernaan proteolitik, masing-masing selama 48 jam.

Sampel dengan berat 0,55-0,56 gram dimasukkan ke dalam tabung fermentasi kemudian ditambahkan 40 ml larutan penyangga McDougall dan 10 ml cairan rumen sapi. Fermentasi blanko dilakukan tanpa penambahan sampel ke dalam tabung. Tabung selanjutnya dimasukkan dalam penangas air bergoyang ("shaking waterbath") bersuhu 39°C selama 48 jam, dan selama inkubasi dilakukan penggojokan dan penambahan gas CO₂ setiap 6 jam. Setelah 48 jam fermentasi dihentikan dengan cara menambah aquadest ke dalam tabung. Tabung fermentasi selanjutnya disentrifus selama 8-10 menit pada 3000 rpm. Cairan dipisahkan dari endapan sampel, kemudian dilanjutkan dengan pencernaan enzimatik. Tabung fermentasi diisi dengan pepsin-HCl sebanyak 50 ml, kemudian dimasukkan ke dalam penangas air bergoyang dengan suhu 39°C selama 48 jam dan dilakukan penggojokan setiap 6 jam sekali. Setelah inkubasi selama 48 jam, residu disaring dengan kertas "whatman" nomor 41. Residu dikeringkan dalam oven 105-110°C selama 12 jam, kemudian didinginkan dalam eksikator selama 15 menit dan ditimbang sehingga diketahui kecernaan bahan kering. Penentuan kecernaan bahan organik dilakukan dengan pengabuan bahan tersebut dalam tanur

selama 8 jam pada suhu 600°C. Kecernaan Bahan Kering (KcBK) dan Kecernaan Bahan Organik (KcBO) dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

$$KcBK = \frac{BK \text{ sampel} - (BK \text{ residu} - BK \text{ blanko})}{BK \text{ sampel}} \times 100\%$$

$$KcBO = \frac{BO \text{ sampel} - (BO \text{ residu} - BO \text{ blanko})}{BO \text{ sampel}} \times 100\%$$

Keterangan : BK/BO = Bahan Kering/Bahan Organik (g)

3.4. Rancangan Percobaan

Penelitian dilaksanakan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial 3 x 3, dengan 3 ulangan. Faktor I yaitu aras RIR : 10, 15 dan 20% dari bahan kering jerami, dan faktor II yaitu lama fermentasi : 4, 6 dan 8 minggu. Model linier aditif yang digunakan dalam percobaan ini adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Dimana:

Y_{ijk} = nilai pengamatan pada satuan percobaan yang memperoleh perlakuan taraf ke-i (1,2,3) RIR, taraf ke-j (1,2,3) lama fermentasi, dan ulangan ke-k (1,2,3)

μ = nilai tengah umum

α_i = pengaruh taraf ke-i RIR

β_j = pengaruh taraf ke-j lama fermentasi

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi dari taraf ke-i RIR dan taraf ke-j lama fermentasi

ϵ_{ijk} = pengaruh galat pada satuan percobaan yang memperoleh perlakuan taraf ke-i RIR, taraf ke-j lama fermentasi, dan ulangan ke-k

3.5. Analisis Data

Data yang terkumpul (% protein kasar, % NDF, % ADF, % KcBK dan % KcBO) selanjutnya diolah secara statistik dengan analisis ragam. Adanya pengaruh aras RIR dan lama fermentasi terhadap parameter, dilanjutkan dengan uji Polinomial Ortogonal guna mengetahui pola pengaruh perlakuan terhadap respon (Sudjana, 1996).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Rekapitulasi Kadar Protein Kasar, NDF, ADF, KcBK dan KcBO *In Vitro* (%) Jerami Padi menurut Aras Ragi Isi Rumén dan Lama Fermentasi

Hasil analisis kadar PK, NDF, ADF, KcBK dan KcBO *in vitro* jerami padi menurut aras ragi isi rumen (RIR) dan lama fermentasi terdapat pada lampiran 2. Perhitungan statistik pengaruh aras RIR dan lama fermentasi terhadap kadar PK, NDF, ADF, KcBK dan KcBO *In Vitro* jerami padi terdapat pada lampiran 5, 6, 7, 8, dan 9. Rekapitulasi kadar PK, NDF, ADF, KcBK dan KcBO *In Vitro* jerami padi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Kadar Protein Kasar, NDF, ADF, KcBK dan KcBO *In Vitro* (%) Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi

Perlakuan		PK	NDF	ADF	KcBK	KcBO	
Aras RIR (%)	10	9,05	81,71	57,08	32,71	31,56	
	15	10,22	82,19	57,85	33,90	33,68	
	20	10,65	82,94	57,47	42,17	40,19	
Lama Fermentasi (minggu)	4	8,90	82,68	56,75	34,70	33,25	
	6	10,84	82,37	58,21	35,40	36,08	
	8	10,18	81,80	57,44	38,68	36,09	
Aras RIR x Lama Fermentasi	10	4	7,90	81,66	55,88	31,75	28,99
		6	9,88	82,10	58,28	34,33	34,71
		8	9,38	81,38	57,09	32,06	30,98
	15	4	9,31	83,67	58,13	30,06	30,05
		6	11,28	80,62	57,60	32,59	35,32
		8	10,07	82,29	57,82	39,03	35,66
	20	4	9,49	82,72	56,25	42,30	40,72
		6	11,38	84,38	58,75	39,27	38,20
		8	11,09	81,73	57,40	44,32	41,64

Keterangan:

Persamaan untuk PK :

- Aras RIR : $Y = 7,57 + 0,16 X$ ($r = 0,97$)
 - Lama Fermentasi : $Y = 4,18 + 1,61 X - 0,11 X^2$ ($r = 0,65$)

Persamaan untuk ADF :

- Lama Fermentasi : $Y = 53,30 + 1,22 X - 0,09 X^2$ ($r = 0,47$)

Persamaan untuk KcBK *in vitro* :

- Aras RIR : $Y = 22,07 + 0,95 X$ ($r = 0,92$)

Persamaan untuk KcBO *in vitro* :

- Aras RIR : $Y = 22,21 + 0,86 X$ ($r = 0,96$)

4.2. Kadar Protein Kasar

Hasil analisis ragam dengan polinomial ortogonal menunjukkan bahwa interaksi aras RIR dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar protein kasar, sedangkan masing-masing aras ragi isi rumen (RIR) dan lama fermentasi berpengaruh nyata ($P < 0,05$). Kadar protein kasar jerami padi menurut aras RIR dan lama fermentasi disajikan pada Tabel 4.

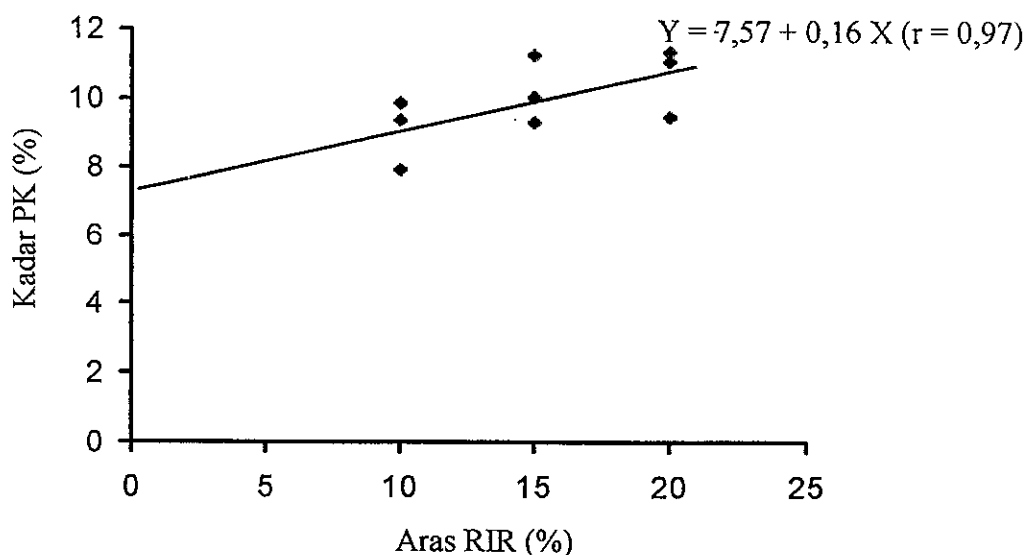
Tabel 4. Kadar Protein Kasar Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi.

ARAS RIR (%)	LAMA FERMENTASI (minggu)			RATAAN
	4	6	8	
	(%)			
10	7,90	9,88	9,38	9,05
15	9,31	11,28	10,07	10,22
20	9,49	11,38	11,09	10,65
RATAAN	8,90	10,84	10,18	9,97

Tidak adanya interaksi yang nyata di antara aras RIR dan lama fermentasi, yang berarti pengaruh tunggal aras RIR tetap pada setiap level lama fermentasi atau sebaliknya, diduga disebabkan kadar protein kasar jerami padi sangat

dipengaruhi oleh ketersediaan N-amonia dan energi (rantai karbon) pada suatu waktu tertentu secara simultan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Haryanto dan Djajanegara (1993) bahwa dengan tersedianya zat makanan lain, konsentrasi N-amonia dan Adenosine Triphosphate (ATP) akan menentukan efisiensi pertumbuhan mikrobia atau tingkat sintesis protein mikrobia.

Kadar protein kasar (Y, %) jerami padi meningkat secara linier ($P < 0.05$) seiring dengan peningkatan aras RIR (X, %) mengikuti persamaan $Y = 7,57 + 0,16 X$ ($r = 0,97$), yang berarti setiap penambahan satu unit aras RIR akan menghasilkan kenaikan kadar protein kasar sebesar 0,16 unit, dengan intersep 7,57 yang menunjukkan besarnya kadar protein kasar jika aras RIR sama dengan nol ($X=0$). Koefisien korelasi ($r = 0,97$) menunjukkan keeratan hubungan antara kadar protein kasar dan aras RIR adalah 97%, dan sifat hubungan searah, yang berarti semakin tinggi aras RIR semakin tinggi kadar protein kasar. Hubungan antara aras RIR dengan kadar protein kasar dapat dilihat pada Ilustrasi 1.



Ilustrasi 1. Pengaruh Aras Ragi Isi Rumen (%) terhadap Kadar PK (%)

Peningkatan aras RIR akan meningkatkan sumbangan kadar protein kasar yang lebih tinggi pada jerami padi, kerana RIR mengandungi protein kasar yang cukup tinggi (14,92% PK/100% BK). Protein akan mengalami degradasi oleh mikrobia rumen menjadi peptida, selanjutnya didegradasi menjadi asam amino dan digunakan untuk sintesis protein mikrobia. Sebagian asam amino dideaminasi untuk membentuk asam-asam organik, amonia, dan CO₂. Amonia (N-NH₃) yang terbentuk pada deaminasi dapat dikombinasikan dengan asam organik alfa-keto membentuk asam amino baru, yang dapat dipakai untuk mensintesis protein mikrobia (Gatenby, 1986; Tillman *et al.*, 1986), dan akan meningkatkan kadar protein kasar jerami padi.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Orskov (1992) dan Arora (1995) serta Beever dan Mould (2000) bahwa hidrolisis protein menjadi asam amino diikuti oleh proses deaminasi untuk membebaskan amonia. Amonia selanjutnya digunakan oleh mikrobia untuk mensintesis protein mikrobia dengan tersedianya energi secara sinkron.

Peningkatan kadar PK jerami padi diduga juga disebabkan oleh adanya peningkatan jumlah biomasa mikrobia yang terdiri dari bakteri, protozoa, fungi dan virus yang terkandung di dalam jerami sejalan dengan peningkatan aras RIR, kerana sebesar 70-90% atau bahkan mendekati 95% biomasa mikrobia berasosiasi dengan partikel pakan (Stewart *et al.*, 1988 yang disitasi Chaudhry, 1998; Czerkawski, 1986 yang disitasi Omed *et al.*, 2000). Peningkatan biomasa mikrobia selanjutnya akan meningkatkan protein mikrobial; bakteri, fungi (khamir dan kapang) dan protozoa biasanya mengandungi 50-80% protein

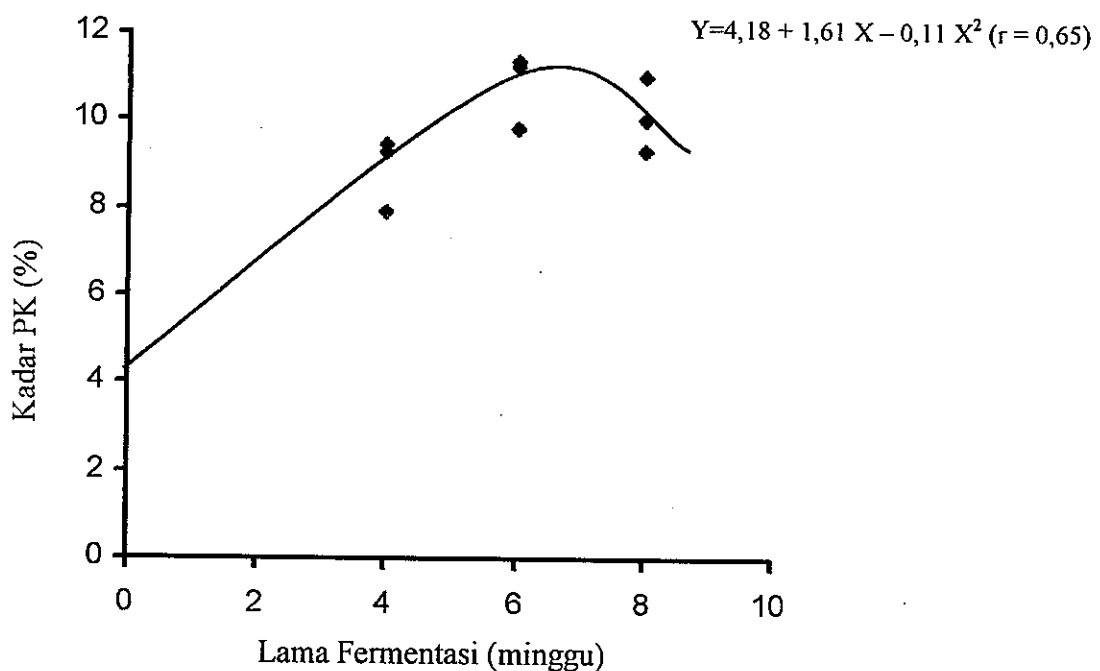
(bakteri), 50-55% protein (khamir) dan 15-45% protein (kapang) (Hardjo *et al.*, 1989; Judoamidjojo *et al.*, 1989; Boda, 1990) serta 55% protein (protozoa) (Tillman, 1978 yang disitasi Sutrisno, 1993).

Hasil penelitian di atas sesuai dengan hasil penelitian Nurwantoro dan Sutrisno (1998) bahwa dalam isi rumen (bolus) terdapat berbagai jenis mikrobia seperti bakteri (amilolitik, proteolitik, lipolitik, pembentuk asam) dan fungi (khamir dan kapang), serta tersedianya zat pakan lain seperti lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral (Church, 1969 yang disitasi Sutrisno, 1993). Peningkatan kadar protein kasar jerami padi juga diduga berasosiasi dengan meningkatnya kehilangan bahan kering yang lebih tinggi akibat peningkatan aras RIR (Rai *et al.*, 1988).

Hasil penelitian ini juga sesuai dengan pernyataan Komar (1984) serta Anah dan Tanuwijaja (1988) bahwa fermentasi jerami padi ditambah bahan-bahan "additive" sebagai perlakuan biologis dapat memperkaya bahan dengan protein mikrobia. Protein mikrobia selain memiliki nilai biologis yang tinggi, juga kaya akan vitamin dan memiliki spektrum asam amino yang sama dengan asam amino yang berasal dari hewan (Boda, 1990), dan tinggi kandungan asam aminonya terutama lisin, metionin, threonin, alanin, valin, leusin, isoleusin, tirosin, phenilalanin, histidin, dan asam aspartat (Ergul dan Vogt, 1984).

Kadar protein kasar (Y, %) jerami padi berubah secara kuadratik ($P < 0.05$) sebagai fungsi dari lama fermentasi (X, minggu) mengikuti persamaan $Y = 4,18 + 1,61 X - 0,11 X^2$ ($r = 0,65$), yang berarti setiap penambahan satu unit lama fermentasi akan menghasilkan kenaikan kadar protein kasar sebesar 1,16 unit

sampai dengan lama fermentasi 7,3 minggu (maksimum), tetapi setelah itu, penambahan satu unit lama fermentasi akan menyebabkan penurunan kadar protein kasar sebesar 0,11 unit, dengan intersep 4,18 yang menunjukkan besarnya kadar protein kasar jika aras RIR sama dengan nol ($X=0$). Koefisien korelasi ($r=0,65$) menunjukkan keceratan hubungan antara kadar protein kasar dan lama fermentasi adalah 65%. Hubungan antara lama fermentasi dengan kadar protein kasar dapat dilihat pada Ilustrasi 2.



Ilustrasi 2. Pengaruh Lama Fermentasi (minggu) terhadap Kadar PK (%)

Penurunan kadar protein kasar ini diduga oleh adanya penurunan pertumbuhan dan populasi mikrobia sebagai akibat penurunan jumlah nutrisi yang tersedia untuk pertumbuhan dan proliferasi mikrobia.

Sintesis sel mikrobia sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan/atau konsentrasi prekursor, misalnya: glukosa, asam nukleat, asam amino, peptida,

amonia dan mineral (S, K dan P) (Preston dan Leng, 1987; Haryanto dan Djajanegara, 1993; Walli *et al.*, 1993; Chowdhury *et al.*, 1996; Mabjeesh *et al.*, 1997). Amonia yang dibebaskan selama proses fermentasi akan dimanfaatkan oleh mikrobia untuk mensintesis protein mikrobia dengan adanya energi dalam bentuk Adenosine Triphosphate (ATP) yang tersedia dari substrat dan RAC secara sinkron (Haryanto dan Djajanegara, 1993; Arora, 1995; Mabjeesh *et al.*, 1997). Jika terjadi defisiensi prekursor maka sintesis protein mikrobia yang optimal tidak akan tercapai karena ketersediaan energi dan N tidak sinkron (Clark *et al.*, 1992 yang disitasi Mabjeesh *et al.*, 1997).

Hal ini sesuai dengan pernyataan Haryanto dan Djajanegara (1993) bahwa nitrogen dalam bentuk N-amonia telah dibuktikan sebagai sumber N utama yang dibutuhkan untuk sintesis protein mikrobia. Rantai karbon yang sangat penting untuk kerangka karbon dari asam amino berasal dari penghancuran polisakarida pakan atau hidrolisis komponen dinding sel jerami padi (selulosa dan hemiselulosa) dan isi sel ("Neutral Detergent Solubles") seperti pektin, pati dan lain-lain. Selanjutnya ditambahkan bahwa tersedianya rantai karbon dan N-amonia, pada waktu tertentu adalah penting untuk memaksimalkan produksi protein mikrobia atau produksi massa mikrobia yang optimal.

Perlakuan aras RIR dan lama fermentasi dalam penelitian ini dapat meningkatkan rata-rata kadar protein kasar jerami padi sebesar 70% dari kadar protein kasar awal (asli).

4.3. Kadar "Neutral Detergent Fiber"

Hasil analisis ragam dengan polinomial ortogonal menunjukkan bahwa interaksi aras RIR dan lama fermentasi, aras RIR dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar NDF jerami padi. Kadar NDF jerami padi menurut aras RIR dan lama fermentasi disajikan pada Tabel 5.

Rataan kadar NDF dalam penelitian ini (82,28%) lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Widyati *et al.* (1997) bahwa kadar NDF jerami padi yang memperoleh aras isi rumen 5, 10 dan 15% dengan lama fermentasi 2, 4 dan 6 minggu yaitu 75,76%. Hal ini diduga oleh adanya perbedaan varietas padi yang digunakan (Komar, 1984; Soejono *et al.*, 1988; Soebarinoto *et al.*, 1993; Zhiliang *et al.*, 1996).

Tabel 5. Kadar NDF Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi.

ARAS RIR (%)	LAMA FERMENTASI (minggu)			RATAAN
	4	6	8	
	(%)			
10	81,66	82,10	81,38	81,71
15	83,67	80,62	82,29	82,19
20	82,72	84,38	81,73	82,94
RATAAN	82,68	82,37	81,80	82,28

Secara statistik tidak ditemukan pengaruh yang nyata perlakuan lama fermentasi terhadap kadar NDF jerami padi, namun secara faktual terjadi penurunan kadar NDF dengan semakin lamanya fermentasi, dan rataan kadar NDF dalam penelitian ini jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan rataan

kadar NDF jerami padi yang tidak difermentasi dengan ragi isi rumen (82,28 vs 87,17%).

Pengaruh perlakuan lama fermentasi tidak nyata menurunkan kadar NDF, tetapi diduga terjadi perubahan komposisi struktur dinding sel yakni selulosa, hemiselulosa dan lignin, terutama pada struktur kimia (ikatan lignin dan karbohidrat) serat, yang merupakan matriks berikatan silang (“cross-linked matrix”) dari dinding sel tanaman dan merupakan serat yang tidak larut (Van Soest, 1991), oleh enzim delignifikasi yang dihasilkan mikrobial, yang dapat merombak dan melarutkan lignin, dan akan mempengaruhi tahapan proses lanjutan yakni depolimerisasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Judoamidjojo *et al.* (1989); Haryanto dan Djajanegara (1993) bahwa hubungan lignin dan karbohidrat mempengaruhi hidrolisis polimer selulosa. Van Soest (1994) menyatakan bahwa enzim mikrobial di samping dapat mengurangi kadar NDF juga dapat “meretakkan” struktur yang tersisa sehingga struktur tersebut dapat lebih cepat difermentasi dalam rumen.

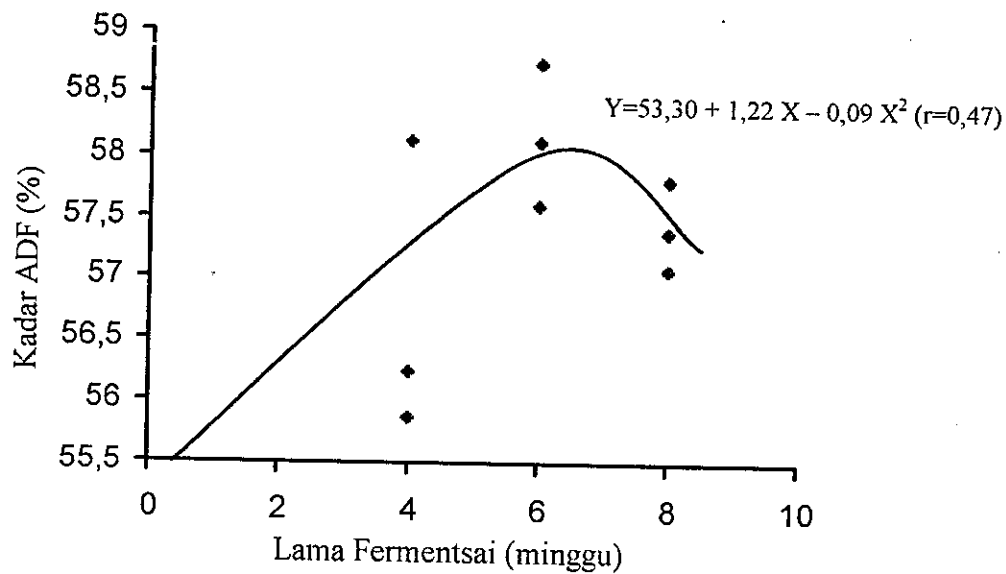
4.4. Kadar “Acid Detergent Fiber”

Hasil analisis ragam dengan polinomial ortogonal menunjukkan bahwa interaksi aras RIR dengan lama fermentasi dan aras RIR tidak berpengaruh nyata terhadap kadar ADF jerami padi; sedangkan lama fermentasi berpengaruh nyata secara kuadrat ($P < 0.05$) terhadap kadar ADF. Kadar ADF jerami padi menurut aras RIR dan lama fermentasi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kadar ADF Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi.

ARAS RIR (%)	LAMA FERMENTASI (minggu)			RATAAN
	4	6	8	
10	55,88	58,12	57,09	57,03
15	58,13	57,60	57,82	57,85
20	56,25	58,75	57,40	57,47
RATAAN	56,75	58,16	57,44	57,45

Kadar ADF jerami padi (Y, %) berubah secara kuadratik ($P < 0.05$) sebagai fungsi dari lama fermentasi (X, minggu) mengikuti persamaan $Y = 53,30 + 1,22 X - 0,09 X^2$ ($r = 0,47$), yang berarti setiap penambahan satu unit lama fermentasi akan menghasilkan kenaikan kadar ADF sebesar 1,22 unit sampai dengan lama fermentasi 6,8 minggu (maksimum), tetapi setelah itu, setiap penambahan satu unit lama fermentasi akan menyebabkan penurunan kadar ADF sebesar 0,09 unit, dengan intersep 53,30 yang menunjukkan besarnya kadar ADF jika lama fermentasi sama dengan nol ($X=0$). Koefisien korelasi ($r=0,47$) menunjukkan keeratan hubungan antara kadar ADF dan lama fermentasi adalah 47%. Hubungan antara lama fermentasi dengan kadar ADF dapat dilihat pada Ilustrasi 3.



Ilustrasi 3. Pengaruh Lama Fermentasi (minggu) terhadap Kadar ADF (%)

Peningkatan kadar ADF pada minggu ke 6,8 diduga disebabkan oleh mulai terjadinya pembatasan pertumbuhan mikrobial (fungi) oleh energi dan/atau nitrogen dalam substrat sehingga pencernaan serat berkurang. Pada periode selanjutnya, saat ketersediaan energi dan/atau nitrogen telah menjadi pembatas yang potensial, mikrobial (fungi) menginduksi enzim lignolitik dan lignin sebagian didegradasi (Zadrazil dan Brunnert, 1982 yang disitasi Neelakantan dan Sondhi, 1988) dan meningkatkan pencernaan serat, sehingga kadar ADF menurun. Hal ini sesuai dengan laporan Fenn dan Kirk (1981) yang disitasi Walli *et al.* (1993) yang menyatakan bahwa pada tahap primer, mikrobial (terutama fungi) mengkolonisasi substrat menggunakan sumber nitrogen dan karbohidrat mudah tersedia untuk mensintesis sistem enzim lignolitik, dan dalam tahap sekunder mendegradasi lignin.

Peningkatan kadar ADF ini juga diduga disebabkan oleh solubilisasi bahan-bahan yang dapat larut dalam sel atau isi sel ("cell solubles" atau "cell contents") seperti protein, lemak, dan karbohidrat mudah larut yakni gula dan pati, karena peningkatan aktivitas dan konsentrasi enzim mikrobia sebagai akibat peningkatan populasi mikrobia (bakteri), yang meningkatkan konstituen dinding sel (termasuk lignin) dan menyumbangkan kadar ADF yang tinggi (Chowdhury dan Huque, 1996^b). Peningkatan konstituen dinding sel (termasuk lignin) menyebabkan penurunan karbohidrat larut air ("water soluble carbohydrates") akibat peningkatan kadar ADIN ("Acid Detergent Insoluble N") (Walli *et al.*, 1993), yang menyebabkan "over estimation" terhadap kadar lignin (Chowdhury dan Huque, 1996^a) dan menyebabkan peningkatan kadar ADF.

McDonald *et al.* (1987) menyatakan bahwa penurunan hidrolisis hemiselulosa sebagai akibat peningkatan pH dapat menyebabkan peningkatan kadar ADF jerami padi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Muck (1993) yang disitasi Bolsen *et al.* (1996) bahwa pH yang lebih rendah dari silase terinokulasi seperti jerami padi yang difermentasi dengan RIR, bisa menghasilkan tambahan hidrolisis asam terhadap hemiselulosa, yang membuka fraksi dinding sel untuk pencernaan yang lebih cepat dan efektif oleh mikrobia rumen.

Peningkatan kadar ADF yang tinggi pada lama fermentasi 6,8 minggu juga diduga disebabkan oleh peningkatan aktivitas degradasi kompleks lignoselulosa oleh enzim mikrobia, yang menyisakan fraksi lignin sehingga menyumbangkan kadar ADF yang tinggi. Hal ini dimungkinkan karena mikrobia menyerang ikatan

lignoselulosa, dan bukan menyerang lignin, sehingga kadar lignin yang tinggi masih tetap berada dalam substrat dan menyebabkan kadar ADF yang tinggi.

Hasil penelitian ini sesuai dengan pernyataan Gupta *et al.* (1993) bahwa untuk memperbaiki kualitas jerami yang paling penting adalah penyerangan ikatan lignoselulosa daripada penyerangan lignin. Hal ini dapat dimungkinkan karena adanya mikrobia campuran (bakteri dan fungi) dalam jerami padi terfermentasi. Mikrobia campuran dapat memfermentasi senyawa phenolik yang tidak dapat didegradasi oleh spesies tunggal (Hungate, 1988).

Di samping itu, adanya peningkatan aktivitas degradasi selulosa akan menghasilkan akumulasi produk akhir metabolik (selobiosa atau glukosa) yang bisa bertindak sebagai hambatan ("feedback repressor") sehingga mengurangi efisiensi pertumbuhan mikrobial (Hardjo *et al.*, 1989) dan dapat menghambat biosintesa enzim (Ryu, 1989).

4.5. Tingkat Kecernaan Bahan Kering *In Vitro*

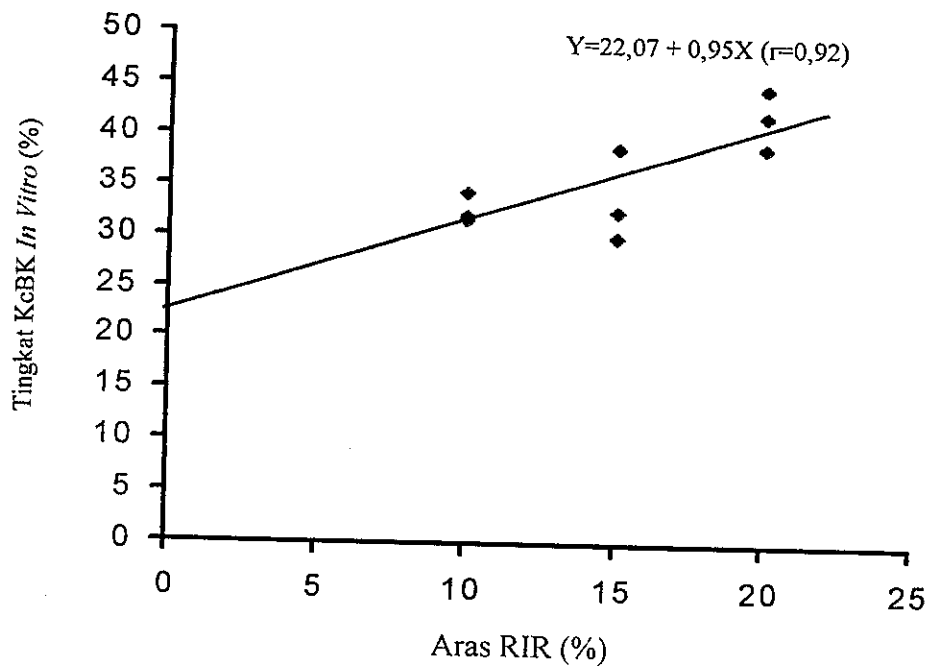
Hasil analisis ragam dengan polinomial ortogonal menunjukkan bahwa interaksi aras RIR dengan lama fermentasi dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat kecernaan bahan kering (KcBK) *in vitro* jerami padi; sedangkan aras RIR dapat meningkatkan kecernaan bahan kering (KcBK) *In Vitro* jerami padi secara linier ($P < 0.05$). Tingkat KcBK *In Vitro* jerami padi menurut aras RIR dan lama fermentasi disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Tingkat Kecernaan Bahan Kering *In Vitro* Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi.

ARAS RIR (%)	LAMA FERMENTASI (minggu)			RATAAN
	4	6	8	
10	31,75	34,33	32,06	32,71
15	30,06	32,59	39,03	33,90
20	42,30	39,27	44,32	42,17
RATAAN	34,70	35,40	38,68	36,26

Tingkat KcBK *In Vitro* (Y, %) jerami padi meningkat secara linier seiring dengan peningkatan aras RIR (X, %) mengikuti persamaan $Y = 22,07 + 0,95 X$ ($r = 0,92$), yang berarti setiap penambahan satu unit aras RIR akan menghasilkan kenaikan tingkat KcBK *In Vitro* sebesar 0,95 unit, dengan intersep 22,07 yang menunjukkan besarnya tingkat KcBK *In Vitro* jika aras RIR sama dengan nol ($X=0$). Koefisien korelasi ($r = 0,92$) menunjukkan keeratan hubungan antara tingkat KcBK *In Vitro* dan aras RIR adalah 92%, dan sifat hubungan searah, yang berarti semakin tinggi aras RIR semakin tinggi tingkat KcBK *In Vitro*. Hubungan antara aras RIR dengan tingkat KcBK *In Vitro* dapat dilihat pada Ilustrasi 4.

Hal ini diduga oleh adanya peningkatan aktivitas metabolime mikrobia (bakteri dan fungi) dengan meningkatnya konsentrasi mikrobia yang terdapat dalam substrat pada saat fermentasi akibat peningkatan aras RIR. Peningkatan aktivitas metabolime mikrobia selanjutnya dapat menyebabkan perubahan pada senyawa kompleks lignoselulosa dan lignohemiselulosa yang merupakan komponen utama dinding sel sehingga mudah dicerna oleh mikrobia rumen, dan hal ini menyebabkan KcBK secara proporsional meningkat.



Ilustrasi 4. Pengaruh Aras RIR (%) terhadap Tingkat KcBK *In Vitro* (%)

Peningkatan laju dan tingkat degradabilitas sebagai akibat peningkatan aktivitas mikrobia (fungi) menyebabkan disosiasi lignin dari dinding sel (Arora, 1995) atau solubilisasi lignin (suatu mekanisme delignifikasi secara biologis, yang membebaskan lignin dari lignoselulosa dengan sejumlah bervariasi komponen hemiselulosa) pada ikatan lignin karbohidrat pada daerah pembungkusan lignin terhadap mikrofibril selulosa dalam suatu matrik hidrofobik yang terikat secara kovalen baik pada selulosa maupun hemiselulosa (Preston dan Leng, 1987; Paterson, 1989; Ryu, 1989; Chowdhury *et al.*, 1996), sehingga ikatan lignoselulosa menjadi renggang dan selulosa siap dihidrolisis oleh enzim mikrobia lainnya (bakteri) penghasil glukosa (Judoamidjojo *et al.*, 1989; Ryu, 1989).

Ikatan lignin karbohidrat dan pembungkusan lignin tersebut merupakan pembatas utama dan meningkatkan resistensi selulosa terhadap degradasi enzimatik, yang biasanya lebih dominan dibanding kristalinitas selulosa (Richards, 1976 yang disitasi Hatfield, 1989).

Hal ini sejalan dengan pernyataan Widiyanto (1993) bahwa isi rumen merupakan kultur mikrobial campuran yang dapat mensekresikan berbagai enzim dengan berbagai aktivitas katalik.

Hal yang senada juga telah dilaporkan Akin *et al.* (1983) yang disitasi Preston dan Leng (1987) yang menyatakan bahwa fungi merupakan organisme pertama yang menyerang dan memulai digesti komponen-komponen tanaman struktural, yang berawal dari bagian sebelah dalam; fungi dapat mengurangi daya regang ("tensile strength") partikel-partikel tersebut dan memecah kompleks lignin-hemiselulosa (ikatan kovalen) dan melarutkan lignin, tetapi fungi tidak mendegradasi lignin secara aktual, yang memberikan kesempatan pada serat yang diproteksi secara fisik oleh lignin bisa difermentasi oleh bakteri dari sebelah luar menuju ke tengah (Preston dan Leng, 1987; Gregg *et al.*, 1989) karena enzim selulolitik dapat berpenetrasi dan menghidrolisis selulosa (NAS., 1979), dan konsekuensinya akan meningkatkan pencernaan selulosa oleh mikrobial di dalam rumen.

Adanya penghilangan lignin yang selektif karena perubahan struktur yang disebabkan solubilisasi lignin dan peningkatan depolimerisasi selulosa serta peningkatan produksi protein yang lebih tinggi menghasilkan pencernaan yang lebih tinggi.

Hasil penelitian ini juga sesuai dengan laporan Ibrahim dan Pearce (1980) yang disitasi Soejono *et al.* (1988) dan Bauchop (1979) yang disitasi Arora (1995) yang menyatakan bahwa fungi dapat menaikkan pencernaan *in vitro* jerami padi. Hasil yang sama juga telah dilaporkan oleh Muck (1993) yang disitasi Bolsen *et al.* (1996) bahwa inokulasi bakterial secara nyata meningkatkan pencernaan bahan kering (lebih dari 60% studi).

Hal ini juga sesuai dengan laporan Haryanto dan Djajanegara (1993) menyatakan bahwa penambahan “additive” dan perlakuan fermentasi sebagai perlakuan awal bisa menyebabkan ikatan lignoselulosa lebih mudah direnggangkan oleh mikrobia, dan setelah ikatan lignoselulosa putus, selulosa menjadi bentuk mudah tersedia (McDonald *et al.*, 1987).

4.6. Tingkat Kecernaan Bahan Organik *In Vitro*

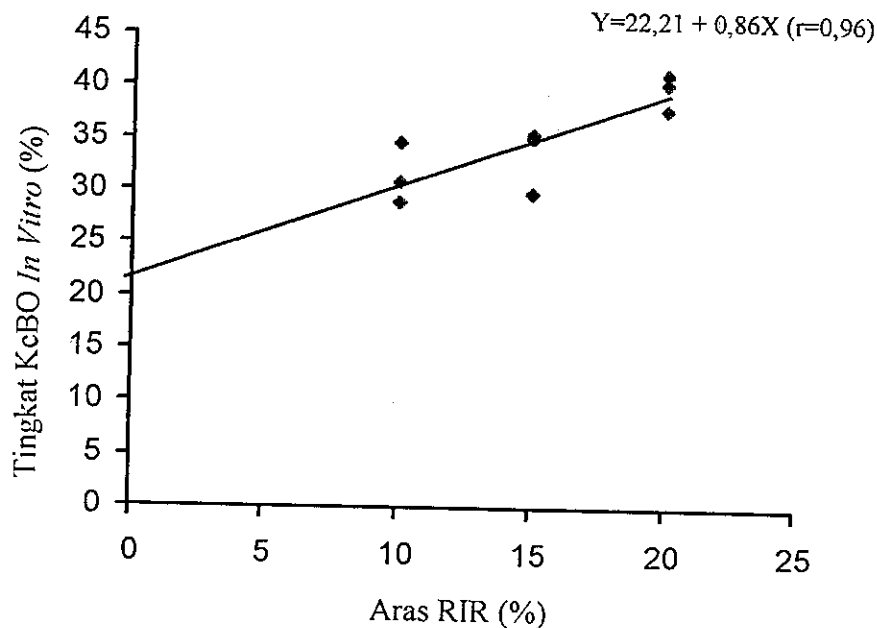
Hasil analisis ragam dengan polinomial ortogonal menunjukkan bahwa interaksi aras RIR dengan lama fermentasi dan lama fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat kecernaan bahan organik (KcBO) *in vitro* jerami padi; sedangkan aras RIR dapat meningkatkan kecernaan bahan organik (KcBO) *in vitro* jerami padi secara linier ($P < 0.05$). Tingkat KcBO *in vitro* jerami padi menurut aras RIR dan lama fermentasi disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Tingkat Kecernaan Bahan Organik *In Vitro* Jerami Padi menurut Aras RIR dan Lama Fermentasi.

ARAS RIR (%)	LAMA FERMENTASI (minggu)			RATAAN
	4	6	8	
10	28,99	34,71	30,98	31,56
15	30,05	35,32	35,66	33,68
20	40,72	38,20	41,64	40,19
RATAAN	33,25	36,08	36,09	35,14

Tingkat KcBO *In Vitro* (Y, %) jerami padi meningkat secara linier seiring dengan peningkatan aras RIR (X, %) mengikuti persamaan $Y = 22,21 + 0,86 X$ ($r = 0,96$), yang berarti setiap penambahan satu unit aras RIR akan menghasilkan kenaikan tingkat KcBO *In Vitro* sebesar 0,86 unit, dengan intersep 22,21 yang menunjukkan besarnya tingkat KcBK *In Vitro* jika aras RIR sama dengan nol ($X=0$). Koefisien korelasi ($r = 0,96$) menunjukkan keeratan hubungan antara tingkat KcBK *In Vitro* dan aras RIR adalah 96%, dan sifat hubungan searah, yang berarti semakin tinggi aras RIR semakin tinggi tingkat KcBK *In Vitro*. Hubungan antara aras RIR dengan tingkat KcBO *in vitro* dapat dilihat pada Ilustrasi 5.

Peningkatan KcBO ini disebabkan oleh karena meningkatnya KcBK, karena secara proporsional laju keluarnya bahan kering selalu diikuti oleh keluarnya bahan organik (paralel), sehingga dengan semakin meningkatnya KcBK menyebabkan meningkatnya KcBO.



Ilustrasi 5. Pengaruh Aras RIR (%) terhadap Tingkat KcBO *In Vitro* (%)

Peningkatan KcBO juga diduga disebabkan oleh adanya peningkatan jumlah dan aktivitas mikrobia selulolitik (fungi dan bakteri) yang menyebabkan solubilisasi ikatan lignoselulosa dari jerami padi terfermentasi (Chesson dan Orskov, 1990 yang disitasi Chowdhury *et al.*, 1996) dan meningkatkan ketersediaan selulosa terhadap serangan mikrobia penghasil selulase (Millet *et al.*, 1975 yang disitasi Basuki dan Wiryasmita, 1988), yang selanjutnya mendegradasi selulosa jerami padi menjadi komponen yang lebih sederhana, yang pada akhirnya dapat dimanfaatkan oleh mikrobia rumen.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Wu (1986) yang disitasi Zhiliang *et al.* (1996) yang menyatakan bahwa bakteri pendekomposisi selulosa merupakan 25% dari total bakteri di dalam rumen dan mensekresikan banyak selulase, dan

degradasi serat tergantung pada komposisi mikrobial dan struktur kimia dari serat jerami (Zhiliang *et al.*, 1996).

Hal ini juga sesuai dengan pendapat Hardjo *et al.* (1989) dan Judoamidjojo *et al.* (1989) yang menyatakan bahwa cairan/isi rumen mengandung variasi yang besar akan genus dan spesies bakteri, yang beberapa diantaranya anaerob tidak membentuk spora yang membangun porsi yang nyata dari total populasi, dimana mikrobial anaerob tersebut merupakan dasar yang penting dalam metabolisme selulosa.

Mikrobial anaerob dapat mensintesis dan mensekresikan enzim afinitas khusus untuk menghidrolisis ikatan glukosidik β -1,4 dari selulosa, yaitu enzim selulase, yang merupakan suatu kompleks enzim yang terdiri dari beberapa enzim yang bekerja secara bertahap atau bersama-sama menguraikan selulosa menjadi glukosa, dimana mekanisme hidrolisis enzimatik terhadap selulosa bermula pada daerah amorf serat selulosa yang diserang, selanjutnya daerah berkrystal secara bertahap dilarutkan setelah bagian perifer dihilangkan (Hardjo *et al.*, 1989; Judoamidjojo *et al.*, 1989), karena bentuk amorf lebih mudah diserang daripada bentuk kristal (Arora, 1995). Struktur kristal selulosa jerami padi dalam mana selulosa sangat rapat bersatu di bagian kristal tersebut dapat menurunkan tingkat pencernaan dinding sel karena hambatan enzim pencernaan masuk ke dinding sel (Haryanto dan Djajanegara, 1993). Bila daerah amorf mikrofibril selulosa telah didegradasi dengan sempurna dan cepat maka dapat diharapkan derajat polimerisasi berkurang secara nyata (Beveridge dan Richards, 1975 yang disitasi Hatfield, 1989), dan meningkatkan KcBO.

Tingkat pencernaan bahan organik jerami padi percobaan mempunyai pola yang sama dengan pencernaan bahan kering. Tingkat pencernaan bahan organik lebih rendah daripada pencernaan bahan kering. Lebih rendahnya tingkat pencernaan bahan organik tersebut diduga karena tingginya derajat lignifikasi serta faktor intrinsik (struktur kristal yang kuat) dalam molekul selulosa. Lignin merupakan komponen bahan organik yang sulit bahkan hampir tidak tercerna, sehingga dengan meningkatnya kadar lignin maka komponen bahan organik yang tidak tercerna juga semakin tinggi.

Hal ini sesuai dengan pendapat Widiyanto (1993) yang menyatakan bahwa besarnya derajat lignifikasi menyebabkan nisbah bahan organik tercerna terhadap total bahan organik lebih kecil daripada nisbah bahan kering tercerna terhadap bahan kering total sehingga tingkat KcBO lebih rendah dari KcBK.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan: 1) Perlakuan aras ragi isi rumen (RIR) hingga 20 % dan perlakuan fermentasi jerami padi selama 6 minggu menghasilkan kenaikan kadar protein kasar jerami padi yang paling tinggi; 2) Perlakuan aras RIR hingga 15% dan perlakuan fermentasi 6 minggu menghasilkan kadar NDF jerami padi yang paling rendah; 3) Perlakuan aras RIR 10% dan lama fermentasi 4 minggu menghasilkan kadar ADF yang paling rendah; 4) Perlakuan aras RIR 20% dan lama fermentasi 8 minggu menghasilkan tingkat KcBK dan KcBO *in vitro* jerami padi yang paling tinggi; dan 5) Perlakuan aras RIR hingga 20% dan lama fermentasi 6 minggu dapat meningkatkan nilai nutrisi jerami padi.

5.2. Saran

Perlu dilakukan percobaan *in vivo* sebelum aplikasi di lapangan oleh petani-peternak, di mana perlakuan RIR dan fermentasi sebaiknya pada aras 20% dan lama fermentasi 7,3 minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anah, L. dan L. Tanuwidjaja. 1988. Pengaruh mineral pada peningkatan kadar protein limbah tapioka (onggok) dengan cara fermentasi substrat padat. Dalam : M. Soejono, A. Musofie, R. Utomo, N.K. Wardhani, J.B. Schiere (Ed.). Limbah Pertanian sebagai Pakan dan Manfaat lainnya. Bioconversion Project Second Workshop on Crop Residues for Feed and other Purposes. Grati 16-17 Nopember 1987. Hal. 301-315.
- Anggorodi, R. 1994. Ilmu Makanan Ternak Umum. Cetakan kelima. PT. Gramedia, Jakarta.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th Ed. The Ass. of. Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia.
- Arora, S.P. 1995. Pencernaan Mikroba Pada Ruminansia. Cetakan kedua. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta (Diterjemahkan oleh Retno Murwani).
- Armstrong, D. G. 1986. The potential implications of biotechnology in animal nutrition. Dalam: W. Haresign, D.J.A. Cole (Ed.). Recent Advances in Animal Nutrition. University of Nottingham School of Agriculture, Butterworths, London. Hal. 89-102.
- Banerjee, G. C. 1978. Animal Nutrition. Oxford and IBH Publishing Company, New York.
- Basuki, T. dan R. Wiryasmita. 1988. Improvement of the nutritive value of straw by biological treatment. Dalam : M. Soejono, A. Musofie, R. Utomo, N.K. Wardhani, J.B. Schiere (Ed.). Limbah Pertanian sebagai Pakan dan Manfaat lainnya. Bioconversion Project Second Workshop on Crop Residues for Feed and other Purposes. Grati 16-17 Nopember 1987. Hal. 66-89.
- Becker, K. dan C. Einfeldt. 1995. Multiple use of cultivated plants : straw utilization in animal nutrition-indications for plant breeding. Anim. Res. and Dev. 41: 23-37.
- Bergner, H., D. Woidke dan J. Lenk. 1997. The *in sacco* digestibility of dry matter of wheat straw after treatment with urea-sucrose mixtures. Anim. Res. and Dev. 45: 37-45.

- Beever, D.E. dan F.L. Mould. 2000. Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. Dalam: D.I. Givens; E. Owen; R.F.E. Axford; H.M. Omed (Ed.). Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CAB International Publishing, Wallingford. Hal. 15-42.
- Blakely, J. dan D. H. Bade. 1998. Ilmu Peternakan. Edisi IV. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. (Diterjemahkan oleh B. Srigandono).
- Boda, K. 1990. Nonconventional Feedstuffs in the Nutrition of Farm Animals. Elsevier Science Publishing Company, Inc., New York.
- Bolsen, K.K., G. Ashbell dan Z.G. Weinberg. 1996. Silage fermentation and silage additives (Rev.). *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* 9 (5): 483-493. ✓
- Callaway, E.S. dan S.A. Martin. 1997. Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *J. Dairy Sci.* 80: 2035-2044.
- Cappuccino, J.G. dan Natalie Sherman. 1983. Microbiology : A laboratory manual. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Massachusetts.
- Chaudry, A.S. 1998. Estimation of *in vitro* digestibility of barley straws by using a homogenized rumen fluid and artificial saliva mixed with nitrogen and energy sources. *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* 11(1): 13-16.
- Chowdhury, S.A. dan K.S. Huque. 1996^a. Study on the development of a technique for preserving straw under wet condition in Bangladesh. *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* 9(1): 91-99
- Chowdhury, S.A. dan K.S. Huque. 1996^b. Effect of urea on wet rice straw for preserving its keeping quality and nutritive value in cattle diets. *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* 9(2): 181-187.
- Chowdhury, S.A., K.S. Huque dan M.E. Haque. 1996. Straw preservation under wet condition during monsoon in Bangladesh: effect of preserving wet straw with urea on its keeping quality and nutritive value in cattle when fed alone or supplemented with concentrate. *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* 9(3): 319-329.
- Chowdhury, S.A. dan K.S. Huque. 1997. Effect of graded levels of green grass supplementation on nutrient digestibility, rumen fermentation and microbial nitrogen production in cattle fed rice straw alone. *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* 10(5): 460-470.

- Chowdhury, S.A. dan K.S. Huque. 1998. Effect of mollasses or rice gruel inclusion to urea supplemented rice straw on its intake, nutrient digestibilities, microbial N yield, N balance and growth rate of native (*Bos indicus*) growing bulls. *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* **11**(2): 145-151
- Crampton, E.W. dan L.E. Harris. 1969. *Applied Animal Nutrition*. 2nd Ed. W.H. Freeman and Company, San Francisco.
- El-Shobokshy, A.S., D.I.H. Jones, I.F.M. Marai, J.B. Owen dan C.J.C. Philips. 1989. New techniques in feed processing for cattle. Dalam : C.J.C. Philips (Ed.). *New Techniques in Cattle Production*. Butterworth & Co. Ltd., London. Hal. 67-86.
- Ergul, M dan H. Vogt. 1984. Replacement of fishmeal by bacterial bioprotein in broiler ration with a high cottonseed meal and sunflower meal content. *Anim. Res. and Dev.* **20**: 79-90.
- Fendiarto, D., H.W. Madyono, B. Widionarko, S. Pratiwi, D. Trimulyanto, T. Prawoto, dan N. Wardayanto. 1984. Pemanfaatan isi rumen sebagai sumber mikrobia dalam fermentasi pembuatan silase. Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang (Laporan Inovatif Produktif).
- Flegel, T.W. dan V. Meevootisom. 1986. Biological treatment of straw for animal feed. Dalam : M.N.M. Ibrahim; J.B. Schiere (Ed.). *Rice Straw and related Feeds in Ruminant Ration*. Proceedings of an International Workshop. Kandy 24-28th March, 1986. Hal. 181-191.
- Gatenby, R.M. 1986. *Sheep Production in the Tropics and Sub-Tropics*. Longman Group Ltd., New York.
- Gregg, K., T. Bauchop, dan R.A. Leng. 1989. Genetic engineering of rumen microorganisms. Dalam : *Biotechnology for Livestock Production*. ✓ Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nation by Plenum Press. New York 1989. Hal. 263-267.
- Gupta, B.N., G.P. Singh dan K. Singh. 1993. Biological treatment of ligno-cellulosics as feed for animals. An overview. Dalam: K. Singh, J.B. Schiere (Ed.). Proceedings of an International Workshop held at the National Dairy Research Institute. Feeding of Ruminants on Fibrous Crop Residues. Aspects of Treatment, Feeding, Nutrient Evaluation, Research and Extension. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi February 4-8, 1991. Hal. 209-221

- Hardjo, S.N., I. Indrasti, dan T. Bantacut. 1989. Biokonversi : Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Haryanto, B. dan A. Djajanegara. 1993 Pemenuhan kebutuhan zat-zat makanan ternak ruminansia kecil. Dalam : Manika Wodzicka-Tomaszewska, I.M. Mastika, A. Djajanegara, Susan Gardiner, T.R. Wiradarya (Ed.). Produksi Kambing dan Domba di Indonesia. Sebelas Maret University Press. Hal: 159-203.
- Hatfield, R. D. 1989. Structural polysaccharides in forages and their digestibility. *Agron. J.* **81**(1): 39-46. ✓
- Hungate, R.E. 1988. Introduction: the ruminant and the rumen. Dalam : P.N. Hobson (Ed.). The Rumen Microbial Ecosystem. Elsevier Applied Science, London. Hal. 1-19.
- Huque, K.S. dan S.A. Chowdhury. 1997. Study on supplementing effects or feeding systems of molasses and urea on methane and microbial nitrogen production in the rumen and growth performances of bulls fed a straw diet. *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* **10**(1): 35-46.
- Judoamidjojo, R.M., E.G. Sa'id dan L. Hartoto. 1989. Biokonversi. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Bioteknologi, IPB, Bogor. ✓
- Juergenson, E. M. 1980. Approved Practices in Beef Cattle Production. The Interstate Printers and Publishers, Inc., Danville, Illinois.
- Jung, H.G., F.R. Valdez, A.R. Abad, R.A. Blanchette, dan R.D. Hatfield. 1992. Effect of white rot basidiomycetes on chemical composition and *in vitro* digestibility of oat straw and alfalfa stems. *J. Anim. Sci.* **6**: 1928-1935.
- Kategile, J.A. 1983. Utilization of low-quality roughages with or without NaOH treatment. Dalam: B. Kiflewahid, G.R. Potts, dan R.M. Drysdale (Ed.). By-product Utilization for Animal Production. International Development Research Centre, Ottawa. Hal. 37-48.
- Kristensen, V.F. 1982. Effect of processing on nutrient content of feeds: alkali treatment. Dalam: Miloslav Rechcigl, Jr. (Ed.). Handbook of Nutritive Value of Processed Food. Vol. II. Animal Feedstuffs. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. Hal. 65-101.
- Komar, A. 1984. Teknologi Pengolahan Jerami sebagai Makanan Ternak. Cetakan I. Yayasan Dian Graha Indonesia, Jakarta.

- Le Trong Tung. 1986. Improving feeding values of crop residues for ruminants: principles and practices. Dalam : M.N.M. Ibrahim; J.B. Schiere (Ed.). Rice Straw and Related Feeds in Ruminant Rations. Proceedings of an International Workshop. Kandy 24-28th March, 1986. Hal. 138-154.
- Mabjeesh, S.J., A. Arieli, I. Bruckental, S. Zamwell dan H. Tugari. 1997. Effect of ruminal degradability of crude protein and non structural carbohydrates on the efficiency of bacterial crude protein synthesis and amino acid flow to the abomasum of dairy cows. *J. Dairy Sci.* **80**: 2939-2949.
- Maynard, L.A. dan J.K. Loosli. 1978. *Animal Nutrition*. 6th Ed., Tata McGraw Hill Publishing Company Ltd., New Delhi.
- McDonald, P. 1981. *The Biochemistry of Silage*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- McDonald, P. 1982. Effect of processing on nutrient content of feed: ensiling. Dalam: Miloslav Rechcigl, Jr. (Ed.). *Handbook of Nutritive Value of Processed Food*. Vol. II. *Animal Feedstuffs*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. Hal. 41-64.
- McDonald, P., R.A. Edwards dan J.F.D. Greenhalgh. 1987. *Animal Nutrition*. 4th Ed. Longman Group UK Ltd., London.
- National Academy of Sciences. 1979. *Cellulose Conversion. Microbial Processes. Promising Technologies for Developing Countries*. Washington, D. C. ✓
- Neelakantan dan H.S. Sondhi. 1988. Bioconversion of fibrous crop residues. Dalam : *Fibrous Crop Residues as Animal Feed*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. Hal. 82-92.
- Neelakantan, S. dan A.D. Deodhar. 1993. Biotechnological approaches of straw utilization by microbial systems for feed and industrial purposes. Dalam: K. Singh, J.B. Schiere (Ed.). *Proceeding of an International Workshop held at the National Dairy Research Institute. Feeding of Ruminants on Fibrous Crop Residues. Aspects of Treatment, Feeding, Nutrient Evaluation, Research and Extension*. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi February 4-8, 1991. Hal. 248-256.
- Nurwantoro, C.I. Sutrisno, G. Pratiwihardjo, Sri Mukodiningsih dan Bambang Sulistyanto. 1996. Peluang penggunaan bolus simpan sebagai sumber mikrobia dalam fermentasi pembuatan silase. *Media*. **21**(4): 13-18.

- Nurwantoro dan C.I. Sutrisno. 1998. Peluang penggunaan bolus kering sebagai sumber mikrobia dalam fermentasi silase. Dalam : Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI) Cabang Lampung. Peranan Mikrobiologi dalam Agroindustri untuk Menunjang Ketahanan Pangan Nasional. Universitas Lampung, Lampung. Hal. 566-571.
- Omed, H.M., D.K. Lovett dan R.F.E. Axford. 2000. Faeces as a source of microbial enzymes for estimating digestibility. Dalam: D.I. Givens; E. Owen; R.F.E. Axford; H.M. Omed (Ed.). Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CAB International Publishing, Wallingford. Hal. 135-154.
- Orskov, E.R. 1992. Protein Nutrition in Ruminant. 2nd Ed. Academic Press, London.
- Pangestu, E. 1995. Biodegradasi pakan berserat dan evaluasi nutrisi bagi ternak ruminansia. *Media*. 20(3): 24-28.
- Paterson, A. 1989. Biodegradation of lignin and cellulosic materials. Dalam : Biotechnology for Livestock Production. Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nation by Plenum Press. New York. 1989. Hal. 245-261.
- Preston, T.R. 1984. New approaches to animal nutrition in the tropics. Dalam : B. Nestal (Ed.). Development of Animal Production Systems. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York.
- Preston, T.R. dan R.A. Leng. 1987. Matching Ruminant Production System with Available Resources in the Tropics and Sub Tropics. Penambul Books. Armidale, New South Wales.
- Price, D.P. 1981. Beef Production, Science and Economics, Application and Reality. Published and Distributed by Southwest Scientific, Dalhart, Texas.
- Rai, S.N., K. Singh, B.N. Gupta, dan T.K. Walli. 1988. Microbial conversion of crop residues with reference to its energy utilisation by ruminants- An overview. Dalam : Fibrous Crop Residues as Animal Feed. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. Hal. 66-74.
- Rangkuti, M. 1988. Meningkatkan pemakaian jerami padi sebagai pakan ternak ruminansia dengan suplementasi. Dalam : M. Soejono, A. Musofie, R. Utomo, N.K. Wardhani, J.B. Schiere (Ed.). Limbah Pertanian sebagai Pakan dan Manfaat lainnya. Bioconversion Project Second Workshop on Crop Residues for Feed and Other Purposes. Grati 16-17 Nopember 1987. Hal. 21-35.

- Ranjhan, S.K. 1981. *Animal Nutrition in Tropics*. 2nd rev. Ed. Vikas Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi.
- Ranjhan, S. K. 1986. *Animal Nutrition and Feeding Practices*. Vikas Publishing House Pvt. Ltd., New Delhi.
- Reksohadiprodjo, S. 1988. *Pakan Ternak Gembala*. Cetakan I. BPFE - Yogyakarta.
- Ridla, M. dan S. Uchida. 1997. Effects of cellulase and brewer's grain addition on the fermentation quality and nutritive value of barley straw silage. *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* 10(6): 575-580.
- Ridla, M. dan S. Uchida. 1998. Effects of combined treatments of lactic acid bacteria and cell wall degrading enzymes on fermentation and composition of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) silage. *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* 11(3): 277-284.
- Ryu, D.D.Y. 1989. Enhancement of nutritional value of cellulosic feed resources by pretreatment and bioconversion. Dalam : *Biotechnology for Livestock Production*. Published by arrangement with the Food and Agriculture Organization of the United Nation by Plenum Press. New York. 1989. Hal. 223-243. ✓
- Riswantiyah, Sri Mulyowati, Sukardi, Roesdiyanto dan Elly Tugiyanti. 1988. Pengaruh pemberian isi rumen sapi lokal terhadap kenampakan warna kuning telur. *Prosiding Seminar Nasional Peternakan dan Forum Peternak Unggas dan Aneka Ternak Kedua di Bogor*. Balai Penelitian Ternak Ciawi, Bogor. Hal. 43-48.
- Schiere, J.B. 1988. Limbah pertanian, potensi dan faktor pembatas dalam pemanfatannya sebagai pakan ruminansia. Dalam : M. Soejono, A. Musofie, R. Utomo, N.K. Wardhani, J.B. Schiere (Ed.). *Limbah Pertanian sebagai Pakan dan Manfaat lainnya*. Bioconversion Project Second Workshop on Crop Residues for Feed and other Purposes. Grati 16-17 Nopember 1987. Hal. 19-20.
- Schneider, B.H. dan W.P. Flatt. 1975. *The Evaluation of Feeds through Digestibility Experiments*. The University of Georgia Press, Athens.
- Singh, G.P. dan S.J. Oosting. 1993. Nutritive value of straw. Dalam: K. Singh, J.B. Schiere (Ed.). *Proceeding of an International Workshop held at the National Dairy Research Institute. Feeding of Ruminants on Fibrous Crop Residues. Aspects of Treatment, Feeding, Nutrient Evaluation, Research*

- and Extension. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi February 4-8, 1991. Hal. 141-146.
- Soebarinoto, Siti Chuzaemi, Hermanto, Hartutik, J. Van Bruchem, dan E.R. Orskov. 1993. Nutritive value of straw with special reference to wet-season rice straw as related to variety and location of growth in East-Java, Indonesia. Dalam: K. Singh, J.B. Schiere (Ed.). Proceeding of an International Workshop held at the National Dairy Research Institute. Feeding of Ruminants on Fibrous Crop Residues. Aspects of Treatment, Feeding, Nutrient Evaluation, Research and Extension. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi February 4-8, 1991. Hal. 388-395.
- Soejono, M., R. Utomo, dan Widyantoro. 1988. Peningkatan Nilai Nutrisi Jerami Padi Dengan Berbagai Perlakuan. Dalam : M. Soejono, A. Musofie, R. Utomo, N. K. Wardhani, dan J.B. Schiere (Ed.). Limbah Pertanian Sebagai Pakan dan Manfaat lainnya. Bioconversion Project Second Workshop on Crop Residues for Feed and other Purposes. Grati 16-17 Nopember 1987. Hal. 21-35.
- Sudjana, 1996. Metoda Statistika. Edisi VI. Penerbit "Tarsito", Bandung.
- Sunarso, E. Pangestu, J. Achmadi, dan F. Wahyono. 1989. Penuntun Praktikum Ruminologi. Fakultas Peternakan UNDIP, Semarang (Tidak dipublikasikan).
- Sundstol, F. 1988. Improvement of poor quality forages and roughages. Dalam : E.R. Orskov (Ed.). Feed Science. Elsevier Science Publisher B .V., Amsterdam. Hal. 257-277.
- Sutardi, T. 1980. Landasan Ilmu Nutrisi. Departemen Ilmu Makanan Ternak. Fakultas Peternakan IPB, Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Sutrisno, C.I. 1985^a. Peningkatan Kualitas Jerami Padi sebagai Pakan Ternak Ruminansia. (Laporan penelitian). Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sutrisno, C.I. 1985^b. Pemanfaatan limbah pertanian untuk pakan. Dalam : Kumpulan Makalah UNDIP. Badan Penerbit UNDIP, Semarang. Hal. 279-289.
- Sutrisno, C.I. dan G. Pratiwihardjo, Nurwantoro, S. Mukodiningsih, B. Sulistyanto. 1992. Perbandingan kelompok-kelompok mikrobia dalam bolus sapi dan kambing. Bull. Sintesis. 4(2): 3-6.

- Sutrisno, C.I. 1993. Penerapan teknologi pakan sapi dalam upaya meningkatkan pendapatan masyarakat. Dalam : Bull. Peternakan (Edisi Khusus). Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Hal. 239-252.
- Sutrisno, C.I. 2002. Peran Teknologi Pengolahan Limbah Pertanian dalam Pengembangan Ternak Ruminansia. Pidato Pengukuhan Guru Besar Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tangendjaja, B. 1988. Penggunaan dedak untuk membuat ransum sederhana pada itik petelur. Prosiding Seminar Nasional Peternakan dan Forum Peternak Unggas dan Aneka Ternak Kedua di Bogor. Balai Penelitian Ternak Ciawi, Bogor. Hal. 317-322.
- Tanuwidjaja, L. 1988. Degradasi jerami padi secara mikrobiologis: perubahan kandungan selulosa, lignin, gula pereduksi dan kehilangan berat total selama proses degradasi. Dalam : M. Soejono, A. Musofie, R. Utomo, N.K. Wardhani, J.B. Schiere (Ed.). Limbah Pertanian sebagai Pakan dan Manfaat lainnya. Bioconversion Project Second Workshop on Crop Residues for Feed and other Purposes. Grati 16-17 Nopember 1987. Hal. 180-184.
- Ter Meulen, U. dan E.A. El-Harith. 1985. Feeding farm animals on unused resources in the tropics and subtropics. *Anim. Res. and Dev.* **22**: 116-127.
- Ter Meulen, U. 1992. Improving the use of available resources for livestock production in Pakistan. *Anim. Res. and Dev.* **35**: 99-111.
- Thalib, A., H. Hamid, dan D. Suherman. 1995. Pembuatan silase jerami dengan penambahan cairan rumen. Seminar Nasional Agribisnis Peternakan dan Perikanan pada Pelita VI. Media (Edisi Khusus). Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang. Hal. 231-237.
- Thomas, P.C. 1989. Recent developments in the nutrition of housed cattle. Dalam : C.J.C. Philips (Ed.). *New Techniques in Cattle Production*. Butterworth & Co. Ltd., London. Hal. 87-105.
- Tillman, A.D., H. Hartadi, S. Reksohadiprojo, S. Prawirokusumo, dan S. Lebdosukojo. 1986. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Cetakan III. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Udiyono. 1987. Kemungkinan penggunaan dedak beras sebagai bahan pembuat enzim. Simposium Bioproses dalam Industri Pangan. 12-14 Januari 1987. Yogyakarta. Hal. 326-334.

- Ushida, K., H. Matsui, Yuko Fujino dan J.K. Ha. 1997. Role and potential of ruminal fungi in fiber digestion (Rev.). *Asian-Australasian J. of Anim. Sci.* **10**(6): 541-550.
- Utomo, R., S. Reksohadiprojo, B. Prasetyo, Z. Bachrudin, dan B. Suhartanto. 1998. Determination of nutrients digestibility, rumen fermentation parameters, and microbial protein concentration on ongole crossbred cattle fed rice straw. *Bull. of Anim. Sci. (Supplement Edition)*. Faculty of Animal Science, Gadjah Mada University, Yogyakarta. Hal. 82-88.
- Van Bruchem, J. dan H. Soetanto. 1988. Pemanfaatan limbah pertanian Pengaruh asosiatif suplementasi. Dalam : M. Soejono, A. Musofie, R. Utomo, N.K. Wardhani, J.B. Schiere (Ed.). *Limbah Pertanian sebagai Pakan dan Manfaat lainnya*. Bioconversion Project Second Workshop on Crop Residues for Feed and other Purposes. Grati 16-17 Nopember 1987. Hal. 140-157.
- Van Bruchem, J. dan G. Zemmeling. 1995. Toward sustainable livestock production in the tropics and limitations of rice straw based systems. *Bull. of Anim. Sci. (Special Edition)*. A Publication of the Faculty of Animal Husbandry, Gadjah Mada University, Yogyakarta. Hal. 39-51.
- Van Soest, P. J. 1972. Composition and nutritive value of forages. Dalam: M.E. Heath, D.S. Metcalfe, R.E. Barnes (Ed.). *Forage/The Science of Grassland Agriculture*. 3rd Ed. The Iowa State University Press, Ames, Iowa. Hal. 53-63.
- Van Soest, P.J. 1991. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* **74**: 3583-3597.
- Van Soest, P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant Metabolism*. Comstock Publishing Associates a Division Cornell University Press, Ithaca.
- Walli, T.K., K.T. Sampath, S.N. Rai, dan S. Tamminga. 1993. Relevance of the RDP/UDP system for feeding of ruminants in the tropics with emphasis on straw based diets. Dalam: K. Singh, J.B. Schiere (Ed.). *Proceeding of an International Workshop held at the National Dairy Research Institute. Feeding of Ruminants on Fibrous Crop Residues. Aspects of Treatment, Feeding, Nutrient Evaluation, Research and Extension*. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi February 4-8, 1991. Hal. 157-170.

- Widiyanto. 1993. Daur ulang limbah pemotongan hewan (isi rumen) untuk mengolah limbah tebu (pucuk tebu) sebagai pakan ternak ruminansia. Bull. Peternakan (Edisi Khusus). Fakultas Peternakan UGM., Yogyakarta. Hal. 89-104. ✓
- Widyati, S., M. Soejono, Z. Bachrudin. 1997.. Pengaruh lama pemeraman dan aras isi rumen terhadap kadar dinding sel, lignin dan degradasi *in sacco* jerami padi dan pucuk tebu. Media. 22(1): 16-23
- Wilkinson, J.M. 1985. Beef Production from Silage and other Conserved Forages. Longman Group Ltd., New York.
- Wilkinson, J.M. 1988. The feed value of by-products and wastes. Dalam : E.R. Orskov (Ed.). Feed Science. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. Hal. 313-327.
- Williamson, G. dan W.J.A. Payne. 1993. Pengantar Peternakan di Daerah Tropis. Cetakan I. Gadjah Mada University Press. (Diterjemahkan oleh S.G.N. Djiwa Darmadja).
- Winarno, F.G. dan Srikandi Fardiaz. 1993. Biofermentasi dan Biosintesa Protein. Cetakan IV. Penerbit Angkasa, Bandung.
- Yusiati, L. M., Z. Bachrudin, Kustono, dan D. Rahmadi. 1995. Chemical evaluation of lignocellulolytic microbes, yeast and *lactobacilli* addition to rice straw at silage preservation. Bull. of Anim. Sci. (Special Edition). A Publication of the Faculty of Animal Husbandry, Gadjah Mada University, Yogyakarta. Hal. 267-270.
- Zhiliang, T., C. Huiping dan X-Tingxian. 1996. Comparative study on fibre characteristics of rice and wheat straws. Asian-Australasian J. of Anim. Sci. 9(1): 51-56.