

Nilai Biologis (*In Vitro* dan *In Sacco*) Bulu Ayam yang Diolah secara Kimiawi sebagai Sumber Protein *By-Pass* Rumen

W. PUASTUTI, D. YULISTIANI dan I-W MATHIUS

Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002

(Diterima dewan redaksi 9 Juni 2004)

ABSTRACT

PUASTUTI, W., D. YULISTIANI dan I-W MATHIUS. 2004. Biological value (*in vitro* and *in sacco*) of chemically treated feather as rumen by pass protein source. *JITV* 9(2): 73-80.

A series of experiments has been conducted to study chemical processing method of feather meal using hydrochloric acid (HCl) and to evaluate the biological values by *in vitro* and *in sacco* methods of the hydrolytic feather meal (HBA). Feather meal was hydrolyzed using four levels of HCl concentration (i.e. 0, 6, 12 and 24%) in three incubation times (i.e. 2, 4, and 6 days). The hydrolysis reaction was carried out in closed container in the ratio of feather meal and HCl of 2:1 (w/v). *In vitro* evaluation was conducted to measure dry matter (DM) and organic matter (OM) digestibility, DM solubility, ammonia (NH₃) and volatile fatty acid (VFA) content. *In sacco* to observe the degradation of HBA crude protein. Results of *in sacco* evaluation in rumen showed that soluble and degraded crude proteins (CP) were significantly only affected by HCl concentration (P<0.01). The rate and the amount of degraded protein in 24 hours inclusion in the rumen were affected by the HCl concentration and incubation time of hydrolysis. More amino acid degradation occurred on longer time showed that HCl had quadratic effect (P<0,01) on pH of HBA. However durations of hydrolysis did not significantly affect acidity (P>0.05). *In vitro* DM and OM digestibilities of HBA increased as the concentration of HCl was increased. The increase of DM digestibility followed the equation $Y = -0.0231x^3 + 0.7323x^2 - 1.5716x + 12.383$ (r = 0.994); and the OM digestibility followed the equation $Y = -0.0229x^3 + 0.7194x^2 - 1.0606x + 15.951$ (r = 0.993). Time of incubation, on the other hand, did not affect OM and DM digestibilities (P>0.05). DM solubility of HBA was significantly affected by HCl concentration and the length of incubation time (P<0.01). The increase of DM solubility was followed by the increase of NH₃ content (P<0.01). The relation between DM solubility and NH₃ content followed the equation $Y = 0.4365x + 5.4047$ (r = 0.966). The increase of DM solubility followed the equation $Y = -0.027x^3 + 0.9596x^2 - 4.8142x + 5.3878$ (r = 0.973) and the increase of NH₃ content followed the equation $Y = -0.0085x^3 + 0.3175x^2 - 1.4139x + 7.0889$ (r = 0.992). Result of *in sacco* evaluation showed that fraction of crude protein (CP) dissolved and fraction of CP degraded in rumen was significantly affected by HCl concentration (P<0.01), while the rate of CP degradation and the amount of fraction degraded during 24 hours in the rumen were affected by the HCl concentration and the durations of hydrolysis (P<0.01), indicating that more feather meal protein was hydrolyzed by HCl, therefore weakened or cut the chain of amino acid in the feather protein. Treatment with 12% HCl for 4 days hydrolysis of feather meal resulted in CP fraction degradation during 24 hours incubation in the rumen of 53%, indicating that the potency of CP of HBA as rumen by pass protein was 47%.

Key words: Chicken feather, HCl hydrolysis, digestibility by pass protein

ABSTRAK

PUASTUTI, W., D. YULISTIANI dan I-W MATHIUS. 2004. Nilai biologis (*in vitro* dan *in sacco*) bulu ayam yang diolah secara kimiawi sebagai sumber protein *by-pass* rumen. *JITV* 9(2): 73-80.

Serangkaian penelitian dilakukan untuk mempelajari teknik pengolahan bulu ayam secara kimia dengan HCl dan untuk memperoleh informasi nilai biologis hidrolisat bulu ayam (HBA) secara *in vitro* dan *in sacco*. Bulu ayam diolah menggunakan 4 konsentrasi HCl (0, 6, 12 dan 24%) dan 3 waktu hidrolisis (2, 4, dan 6 hari). Bulu ayam dicampur dengan HCl dengan imbalanced 2:1 (w/v) dan dimasukkan ke dalam wadah tertutup hingga terjadi hidrolisis. Percobaan *in vitro* dilakukan untuk mengukur pencernaan bahan kering (BK) dan bahan organik (BO), kelarutan BK, kadar NH₃ dan VFA. Percobaan *in sacco* dilakukan untuk menentukan degradasi komponen protein HBA dengan waktu inkubasi dalam rumen selama 0, 2, 4, 6, 12 dan 24 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan HCl berpengaruh kuadratik (P<0,01) terhadap nilai pH HBA, namun waktu hidrolisis tidak mengakibatkan perbedaan tingkat keasaman (P>0,05). Nilai pencernaan BK dan BO *in vitro* HBA meningkat (P<0,01) akibat meningkatnya konsentrasi HCl. Meningkatnya pencernaan BK mengikuti persamaan $Y = -0,0231x^3 + 0,7323x^2 - 1,5716x + 12,383$ dengan nilai r = 0,994 dan nilai pencernaan BO mengikuti persamaan $Y = -0,0229x^3 + 0,7194x^2 - 1,0606x + 15,951$ dengan nilai r = 0,993. Sementara itu, waktu hidrolisis tidak mempengaruhi nilai pencernaan BK dan BO (P>0,05). Uji kelarutan BK *in vitro* HBA sangat dipengaruhi oleh konsentrasi HCl dan waktu hidrolisis (P<0,01). Meningkatnya kelarutan BK diikuti meningkatnya kadar NH₃ (P<0,01). Hubungan antara kelarutan BK dengan kadar NH₃ digambarkan sebagai kurva linier $Y = 0,4365x + 5,4047$ dengan nilai r = 0,966. Tingkat kelarutan BK HBA mengikuti persamaan $Y = -0,027x^3 + 0,9596x^2 - 4,8142x + 5,3878$ dengan nilai r = 0,973 dan peningkatan kadar NH₃ HBA mengikuti persamaan $Y = -0,0085x^3 + 0,3175x^2 - 1,4139x + 7,0889$ dengan nilai r = 0,992. Hasil uji *in sacco* menunjukkan bahwa banyaknya fraksi protein kasar (PK) terlarut dan

fraksi PK terdegradasi dalam rumen sangat dipengaruhi oleh konsentrasi HCl ($P < 0,01$). Laju degradasi PK dan banyaknya fraksi terdegradasi selama 24 jam dalam rumen sangat dipengaruhi oleh konsentrasi HCl dan waktu hidrolisis ($P < 0,01$). Semakin lama waktu hidrolisis makin banyak pemutusan ikatan antar asam amino penyusun protein bulu. Pada perlakuan HCl 12% dan waktu inkubasi 4 hari diperoleh jumlah fraksi PK dalam rumen selama 24 jam sebesar 53%, hal ini menggambarkan potensi PK HBA yang lolos degradasi *by-pass* rumen sebesar 47%.

Kata kunci: Bulu ayam, hidrolisis HCl, pencernaan, protein *by pass*

PENDAHULUAN

Bahan pakan seperti bungkil kedelai, tepung ikan dan tepung daging-tulang adalah tiga macam sumber protein pakan yang utama dalam ransum ternak. Ketiganya merupakan bahan pakan sumber protein konvensional impor. Ketergantungan terhadap pasokan bahan tersebut dalam penyusunan ransum menyebabkan harga pakan ternak menjadi mahal dan tidak stabil. Bertolak dari keadaan itu, perlu dicari kemungkinan pengganti bahan sumber protein pakan konvensional dengan bahan lain yang penggunaannya tidak berkompetisi dengan kebutuhan untuk manusia. Bahan tersebut diharapkan tersedia setiap waktu dalam jumlah yang banyak.

Kandungan protein pakan sangat penting untuk diperhatikan dalam penyusunan ransum ternak. Pada ternak ruminansia, pemberian protein dalam pakan harus mempertimbangkan setidaknya empat kriteria, yaitu (i) mampu menyediakan amonia untuk mikroba di dalam rumen, (ii) sebagian protein lolos dari degradasi dalam rumen, (iii) protein yang lolos degradasi mempunyai kecernaan pascarumen yang tinggi serta (iv) memiliki nilai hayati yang tinggi (SUTARDI, 1977). Jadi dengan kata lain protein pakan ruminansia perlu memperhatikan aspek fermentabilitas dan *by-pass* rumen.

Salah satu alternatif bahan pakan sumber protein tersebut adalah bulu ayam. Bulu ayam merupakan produk samping dari rumah pematangan ayam (RPA) dengan jumlah berlimpah dan terus bertambah seiring meningkatnya populasi ayam dan tingkat pematangan sebagai akibat meningkatnya permintaan daging ayam di pasar. DITJEN PETERNAKAN (2003) melaporkan bahwa pada tahun 2003, jumlah daging unggas yang dipasok untuk memenuhi permintaan daging nasional adalah 1.202.300 ton. Berdasarkan asumsi bobot karkas sebesar 75% dan bobot bulu sebesar 5% dari bobot hidup, maka bobot hidup ayam yang dipotong adalah lebih kurang sebanyak 1.604.400 ton dan bulu ayam yang dihasilkan adalah sebanyak 80.220 ton. Sampai saat ini, hanya sebagian kecil yang telah dimanfaatkan, diantaranya sebagai bahan *shuttle cock*, lukisan dan alat pembersih debu (kemoceng). Selebihnya dibuang, sehingga dikhawatirkan akan mencemari lingkungan sekitar.

Kadar protein bulu ayam jauh lebih banyak dibandingkan dengan bahan pakan sumber protein lainnya. Perbedaan tersebut mencapai dua kali dari

bungkil kedelai dan 1,5 kali dari tepung ikan. Dilaporkan, bahwa kadar protein kasar bulu ayam dapat mencapai 85-100% (WRAY, 1979); 74,4-87,3% (HAN dan PARSON, 1991); 86,29% (TADTIYANANT *et al.*, 1993); 81,70% (HARTADI *et al.*, 1997) dan 90,6% (ACHMAD, 2001), sementara kandungan protein kasar bungkil kedelai dan tepung ikan, adalah berturut-turut 42,5 dan 66,2% (HARTADI *et al.*, 1997). Data tersebut menunjukkan betapa besarnya peluang pemanfaatan bulu ayam sebagai sumber protein pakan.

Dari nilai tersebut diketahui bahwa bulu ayam mengandung protein kasar yang sangat tinggi, namun memiliki nilai biologis yang rendah. Rendahnya nilai biologis bulu ayam disebabkan oleh sulit terurainya nutrisi bahan tersebut dalam saluran pencernaan, sulit dihidrolisis dalam usus halus ataupun mengandung senyawa sekunder yang tidak diinginkan. Hal ini berkenaan dengan protein bulu ayam tergolong protein *fibrous*/serat, yakni keratin yang mempunyai sifat sulit larut dan resisten terhadap pencernaan oleh mikroba rumen dan enzim pencernaan pascarumen. Tanpa diolah, kecernaan bahan kering dan bahan organik bulu ayam *in vitro* masing-masing hanya sebesar 5,8 dan 0,7% (ACHMAD, 2001). Hal ini menunjukkan bahwa protein bulu ayam tahan terhadap degradasi dalam rumen, atau dengan kata lain potensial sebagai protein *by-pass* rumen. ADERIBIGBE dan CHURCH (1983), melaporkan bahwa produksi NH_3 dan kecernaan ransum yang mengandung bulu ayam cukup rendah, tetapi kecernaan oleh pepsin HCl cukup tinggi, yaitu 57-78%.

Oleh karena itu, agar dapat dimanfaatkan oleh ternak secara optimal, bulu ayam sebaiknya mendapat perlakuan sebelum diberikan kepada ternak. Beberapa metode pengolahan bulu ayam yang telah diteliti untuk dapat meningkatkan nilai kecernaannya, adalah (i) secara fisik dengan temperatur dan tekanan (PAPADOPOULOS *et al.*, 1985); (ii) secara kimia dengan asam dan basa yang dikombinasi dengan temperatur (STEINER *et al.*, 1983; ACHMAD, 2001); (iii) secara enzimatik (PAPADOPOULOS *et al.*, 1985) serta (iv) mikrobiologi dengan bantuan mikroorganisme (WILLIAMS *et al.*, 1991). Besarnya kecernaan dan nilai biologis dari hidrolisat bulu ayam bergantung pada cara hidrolisisnya (PAPADOPOULOS *et al.*, 1985).

Makalah ini melaporkan hasil pengolahan bulu ayam yang dilakukan dengan perlakuan asam klorida (HCl), tanpa penggunaan temperatur dan tekanan tinggi. Pendekatan dengan metode ini diharapkan menjadi lebih aplikatif, mudah dan murah karena tanpa

tambahan biaya untuk pemanasan. Penggunaan metode ini diharapkan juga dapat mengurangi denaturasi protein akibat penggunaan temperatur dan tekanan tinggi.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari teknik pengolahan bulu ayam secara kimiawi dengan HCl dan mendapatkan informasi nilai biologis hidrolisat bulu ayam secara *in vitro* dan *in sacco* sebagai alternatif sumber protein *by-pass* rumen bagi ternak ruminansia.

MATERI DAN METODE

Persiapan materi diawali dengan penyediaan bulu ayam yang dikumpulkan dari tempat pemotongan ayam di wilayah Bogor. Bulu ayam yang terkumpul dicuci bersih dan dikeringkan. Untuk mempermudah proses pengolahan, bulu ayam kering, terutama bulu ekor dan sayap, dipotong-potong terlebih dahulu dengan ukuran 2-3 cm.

Pengolahan bulu ayam dilakukan secara kimia dengan cara mencampur bulu ayam dengan HCl, agar terjadi hidrolisis selama penyimpanan. Terdapat 4 konsentrasi HCl, yaitu 0, 6, 12 dan 24% atau masing-masing setara dengan 0, 2, 4 dan 8 N. Pencampuran bulu ayam dan HCl dilakukan denganimbangan 2:1 (w/v). Pencampuran dilakukan merata pada semua bagian bulu ayam, kemudian dimasukkan dalam wadah, selanjutnya ditutup rapat dan disimpan selama 2, 4 dan 6 hari. Bulu yang sudah dihidrolisis sesuai perlakuan kemudian dikeringkan dan digiling, untuk selanjutnya diuji secara *in vitro* dan *in sacco*.

Uji *in vitro* pencernaan bahan kering (BK) dan bahan organik (BO) dari hidrolisat bulu ayam (HBA) dilakukan dengan menggunakan metode TILLEY dan TERRY (1963) yang telah dimodifikasi. Untuk menghentikan proses pencernaan fermentatif, ke dalam tabung ditambahkan 0,2 ml HgCl₂ jenuh, dilanjutkan penambahan 20 ml larutan pepsin 0,2% dan diinkubasi selama 48 jam untuk proses pencernaan hidrolitik. Sisa pencernaan disaring dan dikeringkan dalam oven bertemperatur 105°C selama 24 jam untuk menentukan kadar BK dan dilanjutkan pengabuan pada suhu 600°C selama 4 jam untuk menghitung kadar BO. Peubah yang diamati adalah pH, VFA, NH₃, pencernaan BK, BO dan tingkat kelarutan BK. Pengukuran VFA secara destilasi uap dan NH₃ dengan cawan Conway dilakukan menurut prosedur SUTARDI (1994), sementara itu tingkat kelarutan BK dilakukan sesuai dengan yang dikerjakan oleh SOPIAH (2002).

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap berpola faktorial 4x3, dengan faktor pertama adalah 4 konsentrasi HCl dan faktor kedua adalah waktu hidrolisis.

Untuk menguji degradasi protein HBA dilakukan percobaan secara *in sacco* pada domba berfistula rumen dengan menggunakan teknik kantong nilon seperti yang

disarankan MEHREZ dan ORSKOV (1977). Sampel diinkubasi dalam rumen domba selama periode waktu 0, 2, 4, 6, 12 dan 24 jam. Uji laju degradasi dalam rumen dihitung dengan persamaan regresi eksponensial menggunakan program Naway, dengan formula sebagai berikut:

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

keterangan:

- Y = jumlah nutrien yang terlarut
- a = tingkat kelarutan pada waktu inkubasi 0 jam
- b = tingkat kelarutan pada waktu tertentu
- c = konstanta
- e = *natural log*
- t = waktu inkubasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan *in vitro*

Hasil pengujian HBA secara *in vitro* selengkapnya tersaji pada Tabel 1. HBA mempunyai ciri khas asam dengan pH kurang dari 5. Penggunaan konsentrasi HCl terhadap nilai pH mengikuti persamaan $Y = 0,0088x^2 - 0,2942x + 4,5319$ dengan tingkat keeratan hubungan (r) sebesar 0,958. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan akan menghasilkan HBA yang semakin asam yang ditunjukkan dengan nilai pH yang semakin menurun ($P < 0,01$).

Lama waktu hidrolisis tidak mengakibatkan perbedaan tingkat keasaman ($P > 0,05$). HBA yang dihasilkan mempunyai nilai pH tertinggi pada perlakuan HCl 0% (hanya ditambahkan air), yaitu 5,01 dan terendah pada konsentrasi HCl 24%, yaitu 2,47.

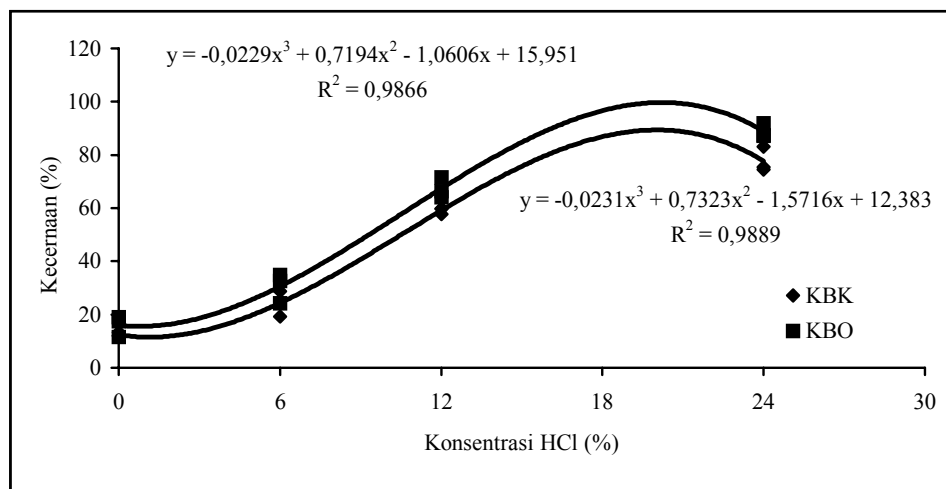
Penggunaan HCl menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan akan dihasilkan pencernaan BK dan BO yang mula-mula meningkat kemudian menurun mengikuti kurva kubik, seperti pada Gambar 1. Meningkatnya pencernaan BK tersebut mengikuti persamaan $Y = -0,0231x^3 + 0,7323x^2 - 1,5716x + 12,383$ dengan tingkat keeratan hubungan (r) sebesar 0,994. Sementara itu pengaruh konsentrasi HCl terhadap pencernaan BO mengikuti persamaan $Y = -0,0229x^3 + 0,7194x^2 - 1,0606x + 15,951$ dengan tingkat keeratan hubungan (r) sebesar 0,993. Adapun waktu hidrolisis tidak menunjukkan pengaruh yang nyata ($P > 0,05$) terhadap pencernaan BK dan BO. Dalam percobaan ini HBA mempunyai nilai pencernaan BK dan BO terendah pada perlakuan HCl 0% yakni sebesar 11,97 dan 11,51% dan tertinggi pada penggunaan HCl 18% yakni 86,64 dan 96,39%. Pencernaan BK dan BO dari HBA yang terendah ini mendekati nilai pencernaan yang dilaporkan oleh ACHMAD (2001) dimana HBA komersial yang diproses dengan NaOH 6% disertai pemanasan tanpa tekanan hanya menghasilkan

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap pH, pencernaan BK, pencernaan BO, kelarutan BK, konsentrasi NH₃ dan VFA total

HCl (%)	Hidrolisis (Hari)	pH	Kecernaan BK (%)	Kecernaan BO (%)	Kelarutan (%)	NH ₃ (mM)	VFA (mM)
0	2	4,13±0,37	11,97±4,08	11,51±1,62	2,05±1,06	5,27±1,81	24,67±3,07
0	4	5,01±0,11	11,90±3,78	17,35±3,95	6,04±3,52	9,33±0,64	30,00±2,00
0	6	4,9±0,36	13,28±2,60	19,00±4,21	8,08±0,61	6,67±0,81	33,00±3,00
6	2	2,63±0,06	19,28±4,79	24,22±11,67	2,86±2,48	7,47±0,90	21,33±4,04
6	4	2,67±0,03	25,07±7,89	32,51±9,62	4,22±3,39	9,20±1,74	25,33±5,13
6	6	2,76±0,6	28,65±8,59	34,92±6,00	8,57±2,34	7,73±0,90	23,33±13,01
12	2	2,56±0,07	57,69±3,92	64,08±7,57	26,59±4,48	21,73±2,01	33,00±10,44
12	4	2,59±0,02	59,83±5,60	66,41±5,11	37,94±6,46	20,93±1,62	20,33±7,37
12	6	2,56±0,03	59,84±8,68	71,49±6,59	52,87±2,42	20,00±2,12	25,67±14,01
24	2	2,53±0,02	75,46±7,73	87,49±8,17	62,06±3,14	34,60±3,61	46,33±19,14
24	4	2,52±0,06	74,44±10,31	87,25±5,76	73,96±4,77	40,40±3,80	57,33±8,33
24	6	2,47±0,01	82,99±5,55	91,98±1,37	71,83±7,72	37,40±6,10	53,00±13,89

Analisis statistik							
Perlakuan	**	**	**	**	**	**	*
HCl	**	**	**	**	**	**	**
Hari	tn	tn	tn	**	tn	tn	tn
Interaksi	tn	tn	tn	**	tn	tn	tn

* Berpengaruh nyata (P<0,05)
 ** Berpengaruh sangat nyata (P<0,01)
 tn: tidak nyata



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi HCl terhadap pencernaan BK dan pencernaan BO

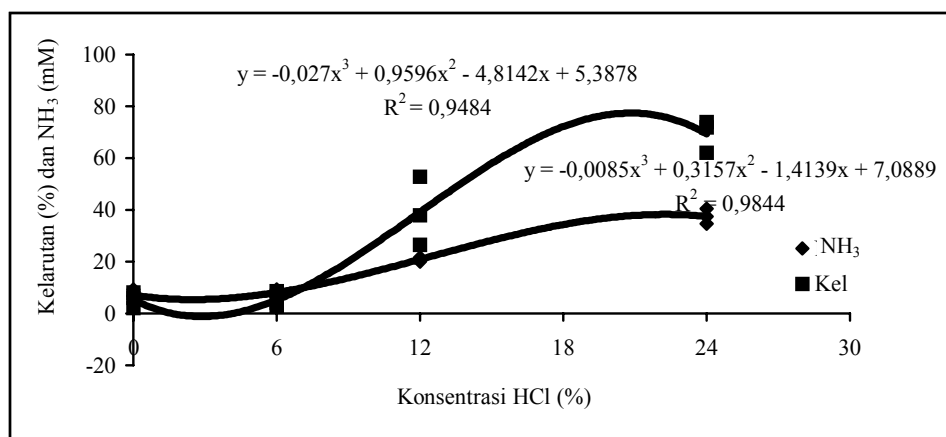
kecernaan BK *in vitro* sebesar 17,9%. Hasil yang lebih rendah dilaporkan oleh STEINER *et al.* (1983), bahwa penambahan NaOH dan H₃PO₄ disertai dengan *steam* dan *autoclave* hanya dapat meningkatkan kecernaan BK HBA masing-masing hingga 16,4 dan 10,7%. Perlakuan HCl 12% dengan waktu hidrolisis 2, 4 dan 6 hari menghasilkan kecernaan BK dan BO lebih besar dibandingkan dengan hasil penelitian ACHMAD (2001). Dilaporkan bahwa kecernaan BK dan BO HBA hasil pengolahan HCl 12% selama 3 hari adalah sebesar 45,5 dan 34,7%. Nilai kecernaan BK dan BO HBA hasil pengolahan dengan HCl 12% pada penelitian ini hampir sama dengan hasil penelitian ACHMAD (2001). Dilaporkan bahwa HBA hasil pengolahan dengan NaOH disertai pemanasan dan tekanan tinggi menghasilkan nilai kecernaan BK dan BO sebesar 64,6 dan 57,9%.

Degradasi protein di dalam rumen akan dihasilkan asam amino yang selanjutnya akan mengalami deaminasi menghasilkan amonia, VFA dan CO₂. Amonia dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan bagi sintesis protein mikroba rumen (KOZLOSKI *et al.*, 2000). Banyaknya NH₃ yang dihasilkan dari pencernaan protein dalam rumen dipengaruhi antara lain oleh proporsi nitrogen pakan yang dapat didegradasi. Uji *in vitro* HBA terhadap produksi NH₃ menunjukkan bahwa perlakuan HCl 0 dan 6% menghasilkan kadar NH₃ sebesar <10 mM, sementara perlakuan HCl 12 dan 24% menghasilkan nilai masing-masing sebesar >20 mM dan >30 mM. Hasil ini mengikuti pola kelarutan BK maupun kecernaan BK dan BO. Semakin tinggi konsentrasi HCl yang digunakan semakin memperlemah ikatan antar asam amino penyusun protein bulu. Konsekuensinya kecernaan protein oleh mikroba rumen meningkat yang akhirnya dihasilkan NH₃ yang tinggi pula (Gambar 2).

Uji kelarutan *in vitro* HBA sangat dipengaruhi oleh penggunaan HCl dan waktu hidrolisis (P<0,01). Pada perlakuan HCl 0 dan 6% dengan waktu hidrolisis 6 hari

menghasilkan tingkat kelarutan BK yang lebih besar dibandingkan dengan waktu hidrolisis 2 dan 4 hari. Konsentrasi HCl 12 dan 24% dengan waktu hidrolisis 2 hari sudah menunjukkan perbedaan tingkat kelarutan BK dibandingkan dengan tingkat kelarutan BK pada waktu hidrolisis 4 maupun 6 hari. Rataan nilai kelarutan yang diperoleh pada perlakuan HCl 0% sebesar 5,39%, perlakuan HCl 6% sebesar 5,22%, perlakuan HCl 12% sebesar 39,8% dan pada perlakuan HCl 24% adalah sebesar 69,28%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa penggunaan HCl 12%, telah mampu menghasilkan kelarutan yang lebih besar dari HBA komersial, yaitu sebesar 11,6% (SOPIAH, 2002). Angka ini lebih rendah bila dibandingkan dengan kelarutan sumber protein lain seperti bungkil kedelai yakni sebesar 28,3%. Rendahnya nilai kelarutan BK HBA komersial yang diolah menggunakan suhu tinggi diduga karena banyak protein yang terdenaturasi dan mengkristal. Semakin besar nilai kelarutan BK hidrolisat bulu ayam akibat meningkatnya konsentrasi HCl dan lama waktu hidrolisis, mengindikasikan adanya peluang untuk dapat meningkatkan kecernaan, terutama proteinnya. Banyaknya fraksi yang terlarut dari suatu bahan mencerminkan bahwa bahan tersebut mudah dicerna. Semakin banyak fraksi yang dapat dilarutkan mengindikasikan semakin banyak ikatan-ikatan yang diputus selama proses hidrolisis oleh HCl. WILLIAM *et al.* (1991) menyatakan bahwa, pengolahan bulu melalui biofermentasi akan menyebabkan perombakan struktur jaringan, pemutusan ikatan disulfida, ikatan hidrogen dan penurunan kadar keratin. Sementara itu semakin lama waktu pemrosesan akan menurunkan proses hidrolisis HCl terhadap jaringan pada bulu ayam.

Tingkat kelarutan suatu bahan akan menentukan fermentabilitasnya. Nilai fermentabilitas dapat dilihat dari kadar NH₃ dan VFA yang dihasilkan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi



Gambar 2. Pengaruh HCl terhadap kelarutan BK (Kel) dan kadar NH₃

kelarutan BK, semakin tinggi pula kadar NH₃ yang dihasilkan (Gambar 2). Tingkat kelarutan BK HBA yang semakin tinggi mengikuti persamaan $Y = -0,027x^3 + 0,9596x^2 - 4,8142x + 5,3878$ dengan keceratan hubungan (r) sebesar 0,973. Waktu hidrolisis juga meningkatkan kadar NH₃ hingga 4 hari dan menurun untuk waktu yang lebih lama (6 hari), tetapi secara statistik tidak nyata (P>0,05). Kadar NH₃ merupakan petunjuk adanya degradasi protein oleh mikroba. Kelarutan BK yang semakin tinggi, diikuti pula dengan semakin tingginya kadar protein yang mudah larut. Hal ini dikarenakan sebagian BK bulu ayam adalah protein. Tingginya kelarutan protein akan meningkatkan degradabilitas atau fermentabilitasnya di dalam rumen, sehingga kadar NH₃ yang dihasilkan juga semakin besar. Hubungan antara kelarutan BK dengan kadar NH₃ dapat digambarkan sebagai kurva linier dengan persamaan $Y = 0,4365x + 5,4047$ dengan keceratan hubungan (r) sebesar 0,966. Kadar NH₃ yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan kadar NH₃ dari HBA yang diolah dengan NaOH disertai pemanasan dan tekanan tinggi, sebagaimana dilaporkan ACHMAD (2001), yaitu sebesar 10,9 mM. Peningkatan kadar NH₃ HBA yang diolah dengan HCl mengikuti persamaan $Y = -0,0085x^3 + 0,3175x^2 - 1,4139x + 7,0889$ dengan tingkat keceratan hubungan (r) sebesar 0,992.

Konsentrasi VFA total mengikuti pola kelarutan BK maupun kadar NH₃. Pengaruh perlakuan HCl terhadap produk fermentasi VFA total meningkat mengikuti pola kurva kuadratik (P<0,01). Hal ini menunjukkan bahwa energi dalam bentuk asam lemak volatil yang dihasilkan semakin banyak. HBA merupakan bahan pakan sumber protein, oleh karena itu VFA yang dihasilkan relatif rendah dibandingkan dengan VFA yang dihasilkan dari pakan sumber energi pada umumnya. Hal ini terlihat pada pengukuran pencernaan BK dan pencernaan BO yang menghasilkan nilai >80% pada penggunaan HCl 24%, akan tetapi produk VFA yang dihasilkan <60 mM. Sementara pakan sumber energi biasanya mampu menghasilkan VFA berkisar 80-160 mM (SUTARDI, 1979).

Percobaan in sacco

Nilai karakteristik degradasi protein dan banyaknya fraksi protein yang terdegradasi selama 24 jam tersaji pada Tabel 2. Nilai tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara konsentrasi HCl dan lama waktu hidrolisis terhadap kelarutan dan fraksi terdegradasi dalam rumen (P>0,05).

Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap fraksi protein terlarut, banyaknya fraksi protein terdegradasi, laju degradasi dan banyaknya fraksi protein terdegradasi selama 24 jam dalam rumen

HCl (%)	Hidrolisis (Hari)	Parameter degradasi			I ₂₄
		a	b	c	
0	2	2,04±1,29	12,69±0,92	0,26±0,09	14,05±1,34
0	4	9,50±0,74	11,86±2,24	0,19±0,05	21,01±0,96
0	6	8,25±3,38	23,55±2,98	0,19±0,03	23,08±1,57
6	2	9,55±1,12	10,68±1,74	0,15±0,02	15,40±0,69
6	4	9,61±2,81	33,94±4,74	0,12±0,02	34,91±1,37
6	6	12,85±0,85	46,02±3,57	0,17±0,01	49,17±1,73
12	2	18,99±4,75	32,18±6,07	0,09±0,03	53,55±1,97
12	4	24,57±3,75	36,58±3,21	0,08±0,04	53,34±2,22
12	6	17,53±2,14	34,06±4,24	0,21±0,03	54,04±6,20
24	2	32,32±8,61	49,92±11,21	0,14±0,04	78,87±11,71
24	4	44,13±4,16	26,40±8,10	0,28±0,08	79,34±21,58
24	6	44,98±3,26	41,69±5,16	0,21±0,04	82,05±8,30
Analisis statistik					
Perlakuan		**	**	**	**
HCl		**	**	**	**
Hari		**	tn	tn	**
Interaksi		tn	tn	**	**

* Berpengaruh nyata (P<0,05); ** Berpengaruh sangat nyata (P<0,01); tn : tidak nyata; a : fraksi terlarut; b : fraksi terdegradasi dalam rumen; c : konstanta laju degradasi dalam rumen; I₂₄ : degradasi fraksi selama 24 jam dalam rumen

Hal ini berbeda dengan laju degradasi dalam rumen dan banyaknya fraksi protein yang terdegradasi selama 24 jam dalam rumen sangat dipengaruhi oleh konsentrasi HCl dan lama waktu hidrolisis secara bersama-sama ($P < 0,01$). Banyaknya fraksi terlarut dan fraksi terdegradasi dalam rumen lebih disebabkan karena pengaruh HCl ($P < 0,01$).

Banyaknya fraksi terlarut dan terdegradasi dalam rumen menunjukkan besarnya keratin bulu ayam yang pada mulanya terikat kuat dalam ikatan-ikatan disulfida antar asam amino sistin menjadi lemah bahkan terlepas akibat hidrolisis oleh HCl. Menurut ADERIBIGBE dan CHURCH (1983) ikatan disulfida yang dibentuk antar asam amino sistin menyebabkan protein bulu ayam sulit dicerna oleh enzim proteolitik dalam saluran pencernaan. Keratin dapat dipecah melalui reaksi kimia dan enzim sehingga akan mudah dicerna oleh enzim tripsin dan pepsin dalam saluran pencernaan. Semakin melemahnya atau semakin banyak ikatan-ikatan antar asam amino penyusun protein bulu ayam yang terlepas akibat hidrolisis HCl akan mempermudah penetrasi enzim yang dihasilkan mikroba rumen, sehingga meningkatkan degradasi fraksi protein.

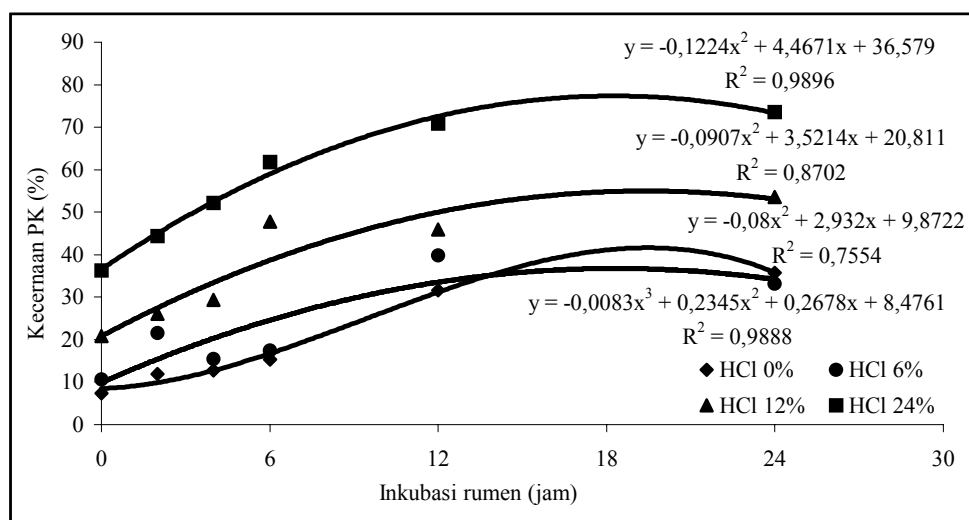
Pada perlakuan HCl 12% dan waktu hidrolisis 4 hari menghasilkan konstanta laju degradasi yang terkecil ($c=0,08$) dengan banyaknya fraksi PK terdegradasi selama 24 jam dalam rumen (I_{24}) sebesar 53,34%. Hal ini mengindikasikan bahwa fraksi protein HBA ini lambat dicerna di dalam rumen. Sedangkan nilai konstanta laju degradasi PK pada perlakuan HCl 6% dan 0% lebih tinggi dari perlakuan HCl 12% (berturut-turut 0,21 dan 0,15 vs 0,12). Keadaan ini menggambarkan bahwa laju degradasi protein cukup tinggi tetapi pada titik tertentu akan terhenti. Oleh

karena itu nilai I_{24} pada perlakuan HCl 0 dan 6% lebih kecil dari perlakuan HCl 12% (berturut-turut 19,38 dan 33,16% vs 53,64%).

Jumlah protein terdegradasi selama 24 jam dalam rumen pada kombinasi perlakuan HCl 12% dan waktu hidrolisis 4 hari mempunyai tingkat degradasi protein sebesar 53%. Hal ini menggambarkan sejumlah 47% lainnya akan mencapai organ pascarumen sebagai protein *by-pass* rumen. HOWIE *et al.* (1996), telah menguji tingkat degradasi beberapa sumber protein pakan pada ternak ruminansia. Dilaporkan bahwa protein HBA yang lolos degradasi rumen (*Rumen Undegradable Protein* = RUP) sebesar 53,6-87,9% atau daya cerna protein HBA dalam rumen hanya sebesar 12,1-46,4%.

Ditunjukkan dalam Gambar 3, laju degradasi protein pada perlakuan 12% paling baik untuk dapat mensuplai protein *by-pass* rumen pada ternak ruminansia, tanpa mengabaikan kecukupan protein terlarut dan terdegradasi dalam rumen untuk mencukupi kebutuhan nitrogen mikroba rumen guna sintesis *de novo* asam amino mikroba yang juga akan mensuplai protein ternak asal mikroba.

Sebagai sumber protein, HBA hasil pengolahan HCl 12% tergolong mempunyai tingkat degradasi rumen sedang (40-60%) seperti diilustrasikan pada Gambar 3, sedangkan menurut NRC (2000) nilai RUP tepung bulu ayam sebesar 76%. Nilai ini sesuai dengan kriteria CHALUPA (1975) yang mengelompokkan bulu ayam bersama-sama sumber protein tepung daging, tepung darah, tepung ikan dan beberapa protein yang diproteksi dengan formaldehid, karena memiliki nilai RUP tinggi (>60%). Lebih lanjut dinyatakan bahwa bahan pakan dengan RUP >40% digolongkan sebagai protein *by-*



Gambar 3. Laju degradasi protein kasar bulu ayam selama 24 jam

pass rumen. Akan tetapi tidak semua sumber protein pakan dengan RUP tinggi dapat digunakan sebagai protein *by-pass* rumen. Ada hal yang harus dimiliki oleh suatu protein *by-pass* rumen, selain ketahanan terhadap degradasi dalam rumen, juga harus diikuti kecernaan pepsin dalam organ pascarumen yang tinggi. Menurut ADERIBIGBE dan CHURCH (1983) HBA secara *in vitro* mempunyai kecernaan yang rendah, tetapi kecernaan oleh HCl pepsin cukup tinggi yakni 57-78%. Suatu protein *by-pass* rumen tanpa diikuti kecernaan pepsin yang tinggi akan tidak bermanfaat bagi ternak yang mengkonsumsinya, karena akan terbuang bersama feses.

KESIMPULAN

Teknik pengolahan secara kimia dengan HCl mampu meningkatkan nilai biologis bulu ayam. Teknik pengolahan dengan HCl 12% dan waktu hidrolisis 4 hari menghasilkan HBA yang optimal sebagai sumber protein ditinjau dari kecernaan BK, BO, kelarutan BK dan produk fermentasinya yang diuji secara *in vitro*. Didasarkan pada pengujian secara *in sacco* menunjukkan bahwa HBA tersebut memiliki laju degradasi protein paling kecil dengan fraksi PK terdegradasi selama 24 jam dalam rumen sebesar 53%, memberikan peluang bagi HBA tersebut sebagai sumber protein pakan *by-pass* rumen.

DAFTAR PUSTAKA

- ACHMAD, W. 2001. Potensi Limbah Agroindustri sebagai Pakan Sapi Perah. Skripsi. Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- ADERIBIGBE, A.O. and D.C. CHURCH. 1983. Feather and hair meals for ruminants. III. Relationship between enzymatic or *in vitro* rumen digestibility and *in vivo* digestibility of diets containing feather and hair meals. *J. Anim. Sci.* 57: 483-494.
- CHALUPA, W. 1975. Amino acids nutrition in growing cattle. *In: Tracers Studies on NPN for Ruminant II*. Int. Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. pp. 175-194.
- DIREKTORAT JENDERAL PETERNAKAN. 2003. Buku Statistik Peternakan. Departemen Pertanian RI, Jakarta.
- HAN, Y. and C.M. PARSONS. 1991. Protein and amino acid quality of feather meals. *Poult. Sci.* 70: 812-822.
- HARTADI, H., S. REKSOHADIPRODJO dan A.D. TILLMAN. 1997. Tabel Komposisi Pakan untuk Indonesia. Gadjah Mada University Press.
- HOWIE, S.A., S. CALSAMIGLIA and M.D. STERN. 1996. Variation in ruminal degradation and intestinal digestion of animal byproduct proteins. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 63: 1-7.
- KOZLOSKI, G.V., H.M.N. RIBEIRO and J.B.T. ROCHA. 2000. Effect of the substitution of urea for soybean meal on digestion in steer. *Can. J. Anim. Sci.* 80: 713-719.
- MEHREZ, A.Z. and E.R. ORSKOV. 1977. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb.* 88: 645-650.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2000. Nutrient Requirement of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C.
- PAPADOPOULOS, M.C., A.R. EL-BOUSHY and E.M. KATELAARS. 1985. Effect of different processing condition on amino acid digestibility of feather meal determined by chicken assay. *Poult. Sci.* 64: 1729-1741.
- SOPIAH, S.S. 2002. Evaluasi *in vitro* Beberapa Limbah Agroindustri untuk Pakan Sapi Perah. Skripsi. Jurusan Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- STEINER, R.J., R.O. KELLEMS and D.C. CHURCH. 1983. Feather and hair meals for ruminants. IV. Effects of chemical treatments of feathers and processing time on digestibility. *J. Anim. Sci.* 57: 495-502.
- SUTARDI, T. 1977. Ikhtisar Ruminologi. Bahan Penataran Kursus Peternakan Sapi Perah di Kayu Ambon Lembang. BPPLP-Dit. Jend. Peternakan-FAO.
- SUTARDI, T. 1979. Ketahanan protein bahan makanan terhadap degradasi oleh mikroba rumen dan manfaatnya bagi peningkatan produktivitas ternak. Seminar Penelitian dan Penunjang Peternakan, Lembaga Penelitian Peternakan, Bogor. hlm. 91-103.
- SUTARDI, T. 1994. Peningkatan Produksi Ternak Ruminansia melalui Amoniasi Pakan Serat Bermutu Rendah, Defaunasi dan Suplementasi Sumber Protein Tahan Degradasi dalam Rumen. Laporan Penelitian Hibah Bersaing 1993/1994. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- TANDIYANANT, C., J. J. LYONS and J. M. VANDEPOPULIERE. 1993. Extrusion processing used to convert dead poultry, feathers, eggshells, hatchery waste and mechanically deboned residue into feedstuffs for poultry. *Poult. Sci.* 72: 1515-1527.
- TILLEY, J.M.A. and R.A. TERRY. 1963. Two stage technique for *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassland Soc.* 18: 104-111.
- WRAY, M.I., W.M. BEESON, T.M. PERRY, M.T. MOHLER and E. BAOUGH. 1979. Effect of soybean, feather and hair meals and fat on the performance of growing-finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 48: 748.
- WILLIAM, L.M., L.G. LEE, J.D. GARLICH and J. C.H. SHIH. 1991. Evaluation of a bacterial feather fermentation product, feather-lysate, as a feed protein. *Poult. Sci.* 70: 85-95.