

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Bagas

Ampas tebu atau yang dikenal dengan istilah bagas merupakan residu atau hasil sampingan dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu menjadi gula, yang sejauh ini masih belum banyak dimanfaatkan menjadi produk yang memiliki nilai tambah (Samsuri *et al.*, 2006). Batang tebu yang sudah dipanen diperas dengan mesin pemeras (mesin press) di pabrik gula. Sesudah itu, nira atau air perasan tebu tersebut disaring, dimasak, dan diputihkan sehingga menjadi gula pasir yang kita kenal. Dari proses pembuatan tebu tersebut disaring, dimasak, dan diputihkan sehingga menjadi gula pasir yang kita kenal. Dari proses pembuatan tebu tersebut akan dihasilkan gula 5%, ampas tebu 90% dan sisanya berupa tetes (mollase) dan air (Wikipedia, 2011).

Bagas sebagian besar mengandung lignosellulosa. Panjang seratnya antara 1,7 sampai 2 mm dengan diameter sekitar 20 mikro, sehingga bagas ini dapat memenuhi persyaratan untuk diolah menjadi papan-papan buatan. Bagas mengandung air 48—52%, gula rata-rata 3,3% dan serat rata-rata 47,7%. Serat bagas tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri dari selulosa, pentosan dan lignin (Husin, 2007). Menurut Ensminger *et al.* (1990), kadar lignin dalam bagas sangat tinggi yaitu 14%. Kandungan lignin yang cukup tinggi pada bagas

tebu menyebabkan pencernaan menjadi rendah, sehingga perlu dilakukan usaha untuk memperbaiki pencernaan. Bagas tebu dapat dipergunakan sebagai sumber serat kasar untuk ternak, sehingga dapat menggantikan sebagian hijauan pakan.

Menurut Close dan Menke (1986), bagas tebu dapat digunakan sebagai pakan alternatif pada saat kekurangan pakan. Ternak yang mendapat ransum dengan bagas tebu tanpa diberi perlakuan mempunyai rata-rata pertambahan berat tubuh sebesar 485,78 g/hari, setelah diberi perlakuan alkali maka rata-rata pertambahan berat tubuh menjadi 599,82 g/hari (Shirley, 1986).

Pada hasil penelitian Prayuwidayati dan Widodo (2004) menunjukkan penggunaan bagas tebu tanpa diberi perlakuan mempunyai nilai pencernaan rendah dan cenderung menyebabkan penurunan berat tubuh kambing 1,5—1kg, meskipun pada saat penelitian tersebut telah dilakukan suplementasi amonium sulfat dan defaunasi untuk mendukung pertumbuhan bakteri pencernaan serat supaya bioproses dalam rumen dapat berlangsung dengan optimal. Hal ini mencerminkan sulitnya bagas tebu dicerna oleh ternak, sehingga untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, bagas tebu terlebih dahulu harus diberi perlakuan (*pretreatment*).

Pretreatment terhadap bahan bagas tebu yang akan difermentasi mutlak dilakukan untuk mempercepat proses pertumbuhan mikrofungi. Isolat mikrofungi mampu mendekomposisi bagas tebu melalui proses fermentasi aerob, tetapi kemampuan masing-masing isolate mikrofungi berbeda-beda, sehingga perlu dilakukan proses seleksi untuk mendapatkan isolat yang tepat untuk bagas tebu. Kemampuan isolate mikrofungi dalam mendekomposisi bagas tebu disebabkan adanya aktivitas enzim diantaranya selulase dan xilanase. Kualitas nutrisi bagas tebu dapat

ditingkatkan melalui optimasi fermentasi media dan selanjutnya produk fermentasi bagas dapat digunakan sebagai bahan penyusun ransum ruminansia.

Tebu terfermentasi (*fermented baggasse*) telah menjadi komoditi komersial untuk pakan. Bahkan Thailand memperdagangkannya melalui situs internet. Metode fermentasi bagas tebu yang dilakukan berbeda antar peneliti. Beberapa ilmuwan Jepang (Iritani *et al.*, 1996) telah berhasil mendapatkan paten untuk metode produksi bagas terfermentasi dengan menggunakan asam laktat.

Seleksi enzimatik terhadap isolat-isolat yang berasal dari bagas tebu telah dilakukan oleh Prayuwidayati (2006). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa isolat mikrofungi memiliki aktivitas enzim lignoselulase. Hal ini dapat dilihat berdasarkan kinerja isolate tersebut dalam menurunkan kadar ligin dalam bagas tebu. Penurunan kadar lignin berimplikasi pada peningkatan nilai nutrisi yaitu penurunan kandungan serat kasar dan peningkatan protein bagas tebu.

B. Fermentasi

Fermentasi adalah perubahan kimia dari senyawa organik dalam keadaan aerob atau anaerob melalui kerja enzim yang dihasilkan oleh mikroba (Judoamidjojo *et al.*, 1992). Menurut Fardiaz (1988), fermentasi adalah proses pemecahan bahan organik oleh mikroba, sehingga diperoleh bahan-bahan organik yang diinginkan. Menurut Rachman (1992) fermentasi merupakan aktivitas metabolisme mikroorganisme baik dalam keadaan aerob maupun anaerob melalui kerja enzim yang dihasilkan oleh mikroba, sehingga terjadi perubahan atau transformasi kimia dari substrat organik. Perubahan kimia akibat aktivitas enzim yang dihasilkan

oleh mikroba meliputi perubahan molekul-molekul kompleks atau senyawa-senyawa organik seperti protein, karbohidrat, dan lemak menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana, mudah larut, dan pencernaan tinggi. Enzim adalah suatu katalisator biologis yang dihasilkan oleh sel-sel hidup dan dapat membantu mempercepat bermacam-macam reaksi biokimia (Winarno, 1981).

Pakan fermentasi biasanya mempunyai nilai zat makanan yang lebih tinggi dari pada bahan asalnya (Winarno, 1981). Hal ini tidak hanya disebabkan karena mikroba bersifat katabolik atau memecah komponen-komponen yang kompleks menjadi zat-zat yang lebih sederhana sehingga lebih mudah dicerna, tetapi mikroba juga dapat mensintesa beberapa vitamin B kompleks.

Fermentasi kapang membutuhkan waktu 2—5 hari. Waktu untuk menghasilkan enzim yang paling optimum apabila fermentasi dilakukan selama 3 hari. Bila fermentasi dilakukan selama 5 hari pH-nya akan meningkat karena terbentuknya ammonia sehingga jika berlebihan akan terjadi sporulensi serta menghasilkan aroma yang tidak diinginkan (Winarno, 1981).

Bahan-bahan yang difermentasi biasanya mempunyai nilai gizi yang lebih tinggi dibandingkan bahan asalnya. Hal ini disebabkan mikroba bersifat katabolik atau memecah komponen-komponen yang kompleks menjadi lebih sederhana sehingga lebih mudah dicerna (Winarno *et al.*, 1980). Selain dapat mengubah bahan organik kompleks menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana dan mudah dicerna, fermentasi juga dapat mengubah rasa dan aroma yang tidak disukai, mensintesis protein dan dalam beberapa hal tertentu menambah daya tahan bahan.

C. Kapang Selulolitik

Fermentasi dapat terjadi karena adanya aktivitas mikroba penyebab fermentasi pada substrat organik yang sesuai, karena bahan utama yang diperlukan untuk berlangsungnya fermentasi adalah berbagai mikroorganisme atau enzim yang dihasilkan (Winarno *et al.*, 1980). Mikroba yang banyak digunakan dalam proses fermentasi, diantaranya kapang, khamir/*yeast*, ganggang, dan bakteri (Judoamidjojo *et al.*, 1992).

Fungi atau jamur dapat dibedakan menjadi kapang dan *yeast*. Kapang adalah jamur bersel banyak dan mempunyai filament (miselium) yang dapat berkembang biak secara seksual maupun aseksual. *Yeast* adalah jamur bersel tunggal tanpa filament yang memperbanyak diri dengan pertunasan yaitu sel kecil yang tumbuh dari sel induknya. Sebagian sel tunggal, *yeast* dapat tumbuh dan berkembang biak lebih cepat dibandingkan kapang yang tumbuh dengan pembentukan filamen. Kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan kapang dan *yeast* hampir sama, yaitu sekitar 25°—30°C (Fardiaz., 1992).

Heterotof merupakan sifat yang dimiliki oleh semua jenis fungi. Berbeda dengan organism lainnya, fungi tidak memangsa dan mencerna makanan. Fungi menyerap zat organik dari lingkungan melalui hifa dan miselium untuk memperoleh makanannya, dan kemudian menyimpannya dalam bentuk glikogen. Fungi bergantung pada substrat yang menyediakan karbohidrat, protein, vitamin dan senyawa kimia lainnya yang diperoleh dari lingkungan.

Fungi selulolitik merupakan fungi yang mungkin hadir bersamaan atau setelah kelompok fungi saprofit primer. Memiliki fase perumbuhan yang lebih panjang dan mampu menggunakan struktur polimer utama seperti selulosa, hemiselulosa dan khitin atau polimer utama seperti selulosa, hemiselulosa dan khitin atau polimer lain seperti lipid, protein, pati, dan lain-lain. Fungi jenis ini mampu mempertahankan sumber makanan dari pesaing lainnya, yaitu dengan memanfaatkan kondisi makanan yang miskin (misal nitrogen) atau dengan memproduksi bahan metabolit yang menghambat fungi lain (antibiosis).

Faktor-faktor yang mempengaruhi mikroorganisme agar dapat tumbuh dan berkembang biak dengan baik yaitu suhu, pH, oksigen, dan air. Kapang termasuk kelompok mikro mesofilik yaitu tumbuh optimum pada kisaran suhu antara 20—25°C (suhu kamar). Kapang dapat tumbuh pada kisaran pH sekitar 5,0 atau sedikit dibawahnya. Pada pH di atas 5,0 akan memungkinkan pertumbuhan bakteri tidak diinginkan, akan tetapi jika pH lebih rendah dari 3,4 maka pertumbuhan kapang justru akan terhambat. Oksigen diperlukan mikroorganisme untuk mendapatkan energy melalui oksidasi dan air (Nur,1993). Mikroorganisme tidak akan tumbuh tanpa adanya air (kelembaban). Air bertindak sebagai pelarut dan sebagian besar aktivitas metabolis dalam sel dilakukan dalam lingkungan berair. Air juga berfungsi sebagai katalis dengan cara membantu atau terlibat langsung dalam reaksi enzimatik.

1. *Aspergillus* sp

Aspergillus sp bersifat pathogen karena aflatoxin yang dihasilkan menimbulkan karsinogen di dalam makanan (McKandel, 1996).

Aspergillus sp tumbuh cepat pada media SGA + antibiotic yang diinkubasi pada suhu ruang tumbuh sebagai koloni berwarna hijau kelabu dengan suatu dome di tengah dari konidiofor.

Klasifikasi, *Aspergillus* sp adalah sebagai berikut:

Divisio : Eumycetes

Classis : Deuteramycetes

Ordo : Moniliales

Familia: Moniliaceae

Genus : *Aspergillus*

Spesies : *Aspergillus* sp.

Aspergillus sp mempunyai hifa bersekat dan bercabang, pada bagian ujung hifa terutama pada bagian yang tegak membesar merupakan konidiofornya.

Konidiofora pada bagian ujungnya membulat menjadi visikel. Pada visikel terdapat batang pendek yang disebut sterigmata (Makfoeld, 1993). Sterigmata atau fialida berwarna atau tidak berwarna dan tumbuh konidia yang membentuk rantai yang berwarna hijau, coklat, atau hitam. Untuk membedakan spesies berdasarkan perbedaan warna dari konida ialah secara mikroskopis (Makfoeld, 1993).

Spesies dari *Aspergillus* sp diketahui terdapat dimana-mana dan tumbuh pada semua substrat (Dwijoseputro, 1985). Lebih dari 60 spesies *Aspergillus* secara medis patogen relevan, misalnya yang disebabkan *Aspergillus* sp disebut *Aspergillosis*, beberapa diantaranya bersifat saprofit sebagaimana banyak ditemukan pada bahan pangan (Makfoeld, 1993). Beberapa jenis spesies

Aspergillus seperti: *Aspergillus aculeatus*, *Aspergillus caesiellus*, *Aspergillus candidus*, *Aspergillus carneus*, *Aspergillus clavatus*, *Aspergillus deflectus*, *Aspergillus egyptiacus*, *Aspergillus fischerianus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus Glaucus*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus penicilloides*, *Aspergillus restrictus*, *Aspergillus sojae*, *Aspergillus sydowii*, *Aspergillus tamari*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus ustus*, *Aspergillus versicolor*.

Pada *Aspergillus niger* menghasilkan *gallic acid* yang merupakan senyawa fenolik yang biasa digunakan dalam industri farmasi dan juga dapat menjadi substrat untuk memproduksi senyawa antioksidan dalam industri makanan.

Aspergillus niger dalam pertumbuhannya berhubungan langsung dengan zat makanan yang terdapat dalam substrat, molekul sederhana yang terdapat disekeliling hifa dapat langsung diserap sedangkan molekul yang lebih kompleks harus dipecah dahulu sebelum diserap ke dalam sel, dengan menghasilkan beberapa enzim ekstra seluler seperti protease, amilase, mananase, dan α -glaktosidase.

Aspergillus flavus sangat umum pada jagung dan kacang, serta merupakan salah satu dari beberapa spesies jamur yang dikenal menghasilkan untuk aflatoksin, yang dapat menyebabkan radang hati akut, *imunosupresi*, dan *karsinoma hepatoseluler*. Enzim *quercitrinase* dapat ditemukan dalam *Aspergillus flavus*, yang merupakan enzim dalam jalur rutin katabolik.

Toxin yang dihasilkan oleh *Aspergillus* sp berupa mikotoksin. Mikotoksin adalah senyawa hasil sekunder metabolisme jamur (Fardiaz, 1992). Mikotoksin yang

dihasilkan oleh *Aspergillus* sp lebih dikenal dengan aflatoxin, dapat menyerang sistem syaraf pusat, beberapa diantaranya bersifat karsinogenik menyebabkan kanker pada hati, ginjal dan perut (Buckle, 1987).

Kemampuan jamur untuk membentuk aflatoxin tergantung pada faktor dan keadaan lingkungan secara makroskopis (substrat, kelembaban, suhu, pH) dan lamanya kontak antara jamur dengan substrat. Substrat dan kadar karbohidrat tinggi akan menguntungkan pembentukan aflatoxin dengan kadar glukosa 30% (Makfoeld, 1993).

2. *Penicillium* sp

Penicillium (dari bahasa latin *penicillus*: kuas) adalah genus jamur *Ascomycetous*, yang sangat penting dalam lingkungan alam serta produksi makanan dan obat. *Penicillium* sp menghasilkan penisilin, sebuah molekul yang digunakan sebagai antibiotik, yang membunuh atau menghentikan pertumbuhan beberapa jenis bakteri di dalam tubuh.

Klasifikasi, *Penicillium* sp adalah sebagai berikut:

Kingdom : Fungi

Phylum : Ascomycota

Kelas : Eurotiomycetes

Order : Eurotiales

Family : Trichocomaceae

Genus : *Penicillium*

Penicillium spp biasanya terdiri dari sebuah jaringan yang sangat bercabang dari multinukleat, septate, dan hifa berwarna. Konidiofornya banyak bercabang

tumbuh pada miselia dan menanggung individual *conidiospores* terbatas.

Conidiospores adalah rute penyebaran utama dari jamur, dan berwarna hijau.

Spesies *Penicillium* adalah jamur tanah di mana-mana lebih memilih iklim sejuk dan moderat, biasanya hadir di mana pun bahan organik tersedia. *Saprophytic* dari spesies *Penicillium* dan *Aspergillus* adalah di antaranya yang paling terkenal dari *Eurotiales* dan hidup terutama pada zat organik biodegradable. Mereka umumnya dikenal sebagai cetakan dan merupakan salah satu penyebab utama pembusukan makanan. Banyak spesies yang menghasilkan mikotoksin sangat beracun. Beberapa spesies memiliki warna biru, biasanya tumbuh pada roti tua dan memberikan tekstur *fuzzy* biru.

Beberapa spesies dari genus *Penicillium* memainkan peran sentral dalam produksi keju dan berbagai produk daging, seperti *Penicillium camemberti*, *Penicillium roqueforti* dan *Penicillium nalgiovense*. *Penicillium* digunakan untuk meningkatkan rasa sosis dan daging babi, dan untuk mencegah kolonisasi oleh jamur dan bakteri lainnya. Selain pentingnya mereka dalam industri makanan, jenis *Penicillium* dan *Aspergillus* melayani dalam produksi beberapa enzim produksi *biotechnologically* dan makromolekul lain, seperti asam glukonat, sitrat, dan tartrat, serta beberapa *pectinases*, *lipase*, *amilase*, *selulase*, dan *protease*.

D. Sistem Pencernaan pada Ternak Ruminansia

Pencernaan adalah perubahan fisik dan kimia yang dialami bahan makanan dalam alat pencernaan. Berdasarkan perubahan yang terjadi proses pencernaan dibagi menjadia tiga jenis: pencernaan mekanik yang terjadi di dalam mulut, pencernaan

hidrolitik dimana bahan makanan diuraikan oleh enzim-enzim pencernaan yang dihasilkan oleh hewan dan fermentatif dimana perombakan zat makanan dilakukan oleh mikroba dalam alat pencernaan menjadi senyawa lain yang berbeda dari molekul zat makanan asalnya. Hasil perombakan kemudian segera dikatabolisasikan lebih lanjut yang kemudian menjadi sumber zat makanan utama bagi hewan induk semang (Sutardi, 1980).

Saluran pencernaan ruminansia dibagi menjadi empat bagian yaitu: mulut, perut, usus halus, dan organ pencernaan bagian belakang. Perut dibagi lagi menjadi empat bagian, yaitu: retikulum, rumen, omasum dan abomasum. Retikulum dan rumen tidak terpisah sempurna sehingga dipandang sebagai satu kesatuan yang disebut retikolorumen. Dalam retikolorumen terdapat mikroba dalam jumlah besar (Church, 1979). Kedua alat pencernaan tersebut merupakan alat pencernaan fermentatif (Sutardi, 1980). Menurut Church (1979) fungsi omasum masih belum jelas, tetapi pada organ tersebut terjadi penyerangan air, amonia dan VFA dan diduga juga memproduksi VFA dan amonia. Sedangkan abomasum fungsinya hampir sama dengan perut ternak monogastrik. Sutardi (1980) menjelaskan tentang abomasum bahwa mukosa perut ini terdiri atas sel-sel kelenjar yang menghasilkan HCl dan pepsinogen seperti pada mamalia lain, karena itu disebut perut sejati.

E. Amonia (NH₃)

Protein pakan di dalam rumen akan dirombak oleh enzim protease yang dihasilkan oleh mikroba rumen menjadi oligopeptida. Selanjutnya, oligopeptida akan

dihidrolisis menjadi asam amino. Sebagian asam amino ini akan terserap melalui dinding rumen dan sebagian lagi dideaminasi menjadi keto alfa yang menghasilkan VFA, ammonia, CH_4 , dan CO_2 (Sutardi, 1979). Amonia menjadi sumber utama untuk sintesis asam amino pada mikroba rumen.

Pertumbuhan mikroba dapat meningkat sejalan dengan konsentrasi N sampai batas yang bertepatan dengan konsentrasi N, ammonia 5 mg % setara dengan 3,74 mM (Satter dan Slyter, 1974). Apabila lebih dari konsentrasi tersebut maka pertumbuhan mikroba tidak dapat ditingkatkan. Pada hijauan kadar lemak tinggi cenderung menurunkan kadar NH_3 . Hal ini terjadi karena efek buruk lemak terhadap pencernaan serat kasar sehingga perombakan bahan pakan secara keseluruhan, termasuk protein menurun. Namun demikian, pada konsentrat terjadi kebalikannya, terutama pada konsentrat berkadar protein tinggi.

Kecepatan produksi ammonia dalam rumen sering melebihi kecepatan penggunaannya untuk sintesis protein mikroba, sehingga terjadi akumulasi dalam rumen. Kelebihan ammonia akan diserap oleh dinding rumen dan dikonversi menjadi urea. Urea yang terbentuk dan saliva yang kemudian akan menjadi sumber N bagi sintesis protein mikroba (Tillman *et al.*, 1989). Mikroba rumen dapat menggunakan ammonia sebagai sumber nitrogen untuk sintesis protein mikroba dan paling efisien dalam menggunakan ammonia (Banerjee, 1987).

Kadar amoniasi dalam rumen merupakan petunjuk antara proses degradasi dan proses sintesis protein oleh mikroba rumen. Jika pakan defisien akan protein atau proteinnnya tahan degradasi maka konsentrasi ammonia dalam rumen akan rendah dan pertumbuhan mikroba rumen akan lambat yang menyebabkan turunnya

kecernaan pakan (McDonald *et al.*, 1998). Amonia merupakan sumber nitrogen utama untuk suatu hal yang perlu diperhatikan. Kadar NH_3 yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan mikroba rumen yang maksimal adalah 4—12 mM (Sutardi, 1979) dan 3,73—15 mM (Satter dan Slyter, 1974).

Pada ternak ruminansi, protein yang masuk ke dalam rumen akan mengalami perombakan/degradasi menjadi amonia oleh enzim proteolitik yang dihasilkan oleh mikroba rumen. Produksi amonia tergantung dari kelarutan protein ransum, jumlah protein ransum, lamanya makanan berada dalam rumen dan pH rumen (Orskov, 1982).

Sebagian besar mikroba rumen (82%) mengandung NH_3 (amonia) untuk perbanyak diri, terutama dalam proses sintesis selnya (Sutardi, 1979). Bryant (1974) menyatakan bahwa dalam mayoritas bakteri rumen dapat menggunakan amonia sebagai sumber nitrogen. Kadar amonia yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan mikroba rumen yang maksimal menurut Sutardi (1979) berkisar 4—12 mM.

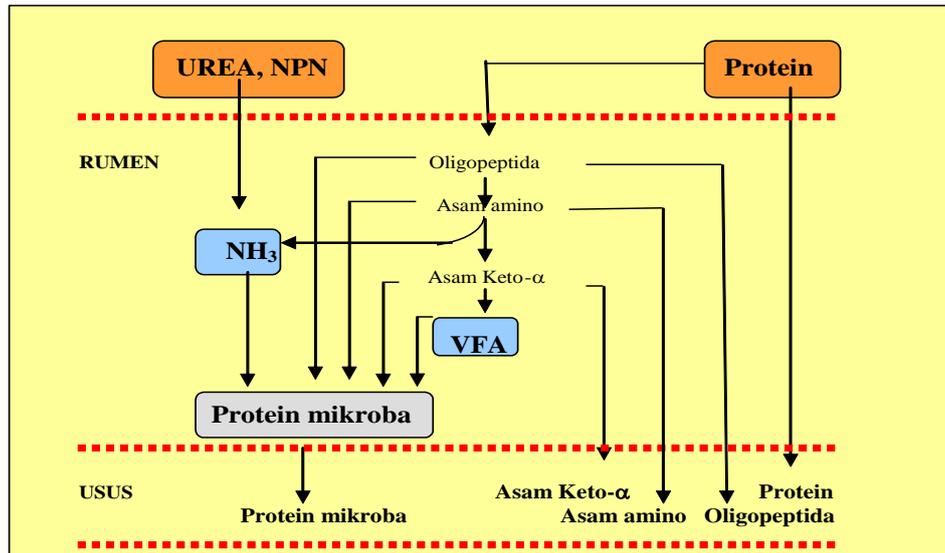
Produksi protein mikroba rumen dapat ditingkatkan dengan menambahkan karbohidrat mudah dicerna dalam rumen (Hungate, 1966) seperti tetes tebu, pati, glukosa, fruktosa dan sukrosa. Adanya karbohidrat yang mudah difermentasi tersebut memungkinkan mikroba mendapatkan energi yang lebih baik untuk membentuk protein tubuhnya (Soewardi, 1974). Dinyatakan pula bahwa sebagian besar protein yang terdapat dalam rumen adalah protein mikroba dan 50—90% dari seluruh protein yang mencapai usus halus adalah protein mikroba.

Kadar N-amonia, VFA serta pembentukan protein mikroba merupakan beberapa tolak ukur nilai gizi dan manfaat bahan serta aktivitas di dalam rumen. Proses degradasi bahan makanan menghasilkan N-amonia yang sebagian digunakan untuk sintesis protein mikroba (Chalupa, 1977).

Pengukuran N-NH₃ *in vitro* dapat digunakan untuk mengestimasi degradasi protein dan kegunaannya oleh mikroba. Produksi amonia dipengaruhi oleh waktu setelah makan dan umumnya produksi maksimum dicapai pada 2—4 jam setelah pemberian pakan yang bergantung kepada sumber protein yang digunakan dan mudah tidaknya protein tersebut didegradasi (Wohlt *et al.*, 1976). Jika pakan defisien protein atau tinggi kandungan protein yang lolos degradasi, maka konsentrasi N-NH₃ rumen akan rendah (lebih rendah dari 50 mg/l atau 3,57 mM) dan pertumbuhan organisme rumen akan lambat (Satter dan Slyter, 1974). Sebaliknya, jika degradasi protein lebih cepat daripada sintesis protein mikroba maka NH₃ akan terakumulasi dan melebihi konsentrasi optimumnya. Kisaran optimum NH₃ dalam rumen berkisar 85—300 mg/l atau 6—21 mM (McDonald *et al.*, 2002).

Ranjhan (1977) menyatakan bahwa peningkatan jumlah karbohidrat yang mudah difermentasi akan mengurangi produksi amonia karena terjadi kenaikan penggunaan amonia untuk pertumbuhan protein mikroba. Kondisi yang ideal adalah sumber energi tersebut dapat difermentasi sama cepatnya dengan pembentukan NH₃ sehingga pada saat NH₃ terbentuk terdapat produksi fermentasi asal karbohidrat yang akan digunakan sebagai sumber dan kerangka karbon dari asam amino protein mikroba telah tersedia. Mikroba yang telah mati akan masuk

ke usus sebagai sumber protein bagi ternak. Protein mikroba tersebut bersama dengan protein pakan yang lolos degradasi mengalami pencernaan di dalam usus oleh enzim-enzim protease dengan hasil akhir asam amino (Sutardi, 1977).



G

ambar 2. Proses degradasi protein dalam rumen (Sutardi, 1977).

F. Volatile Fatty Acids (VFA)

Asam lemak terbang (VFA) merupakan sumber energi utama bagi ternak ruminansia. Menurut Ensminger *et al.* (1990), sumbangan energi yang berasal dari asam lemak terbang dapat mencapai 60—80% dari kebutuhan energi pada ternak ruminansia. Kadar VFA cairan rumen secara normal adalah 70—130 mM, konsentrasi VFA sangat dipengaruhi oleh pencernaan, jenis, dan kualitas pakan yang difermentasi (Tillman *et al.*, 1989). VFA merupakan produk akhir fermentasi karbohidrat dan sumber energi utama bagi ternak ruminansia (Parakkasi, 1999). McDonald *et al.* (2002) menyatakan bahwa pakan yang masuk ke dalam rumen

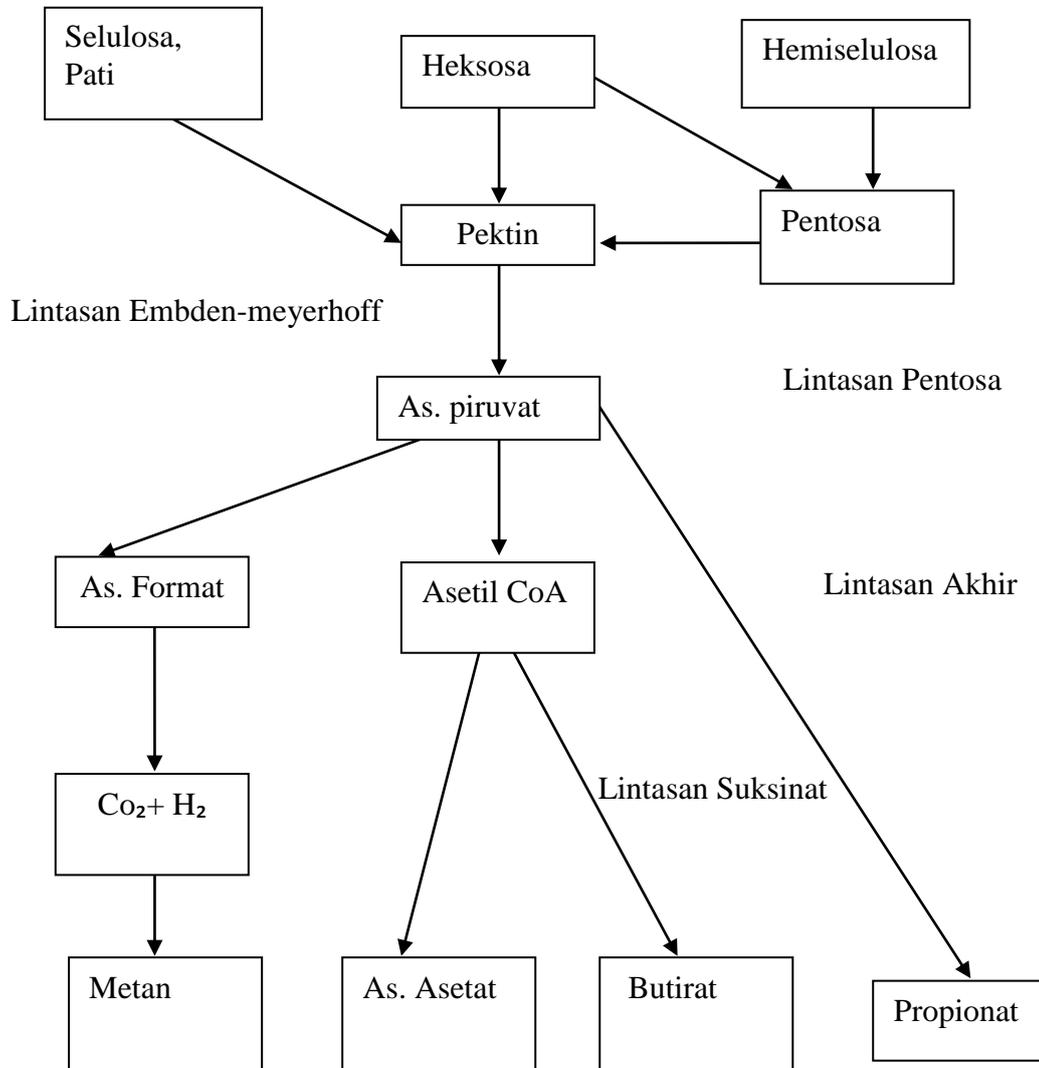
difermentasi untuk menghasilkan produk berupa VFA, sel-sel mikroba, serta gas metan dan CO₂.

Karbohidrat pakan didalam rumen mengalami dua tahap pencernaan oleh enzim-enzim yang dihasilkan oleh mikroba rumen. Pada tahap pertama mikroba rumen mengalami hidrolisis menjadi monosakarida, seperti glukosa, fruktosa dan pentosa. Hasil pencernaan tahap pertama masuk kejalur glikolisis *Embden-Meyerhoff* untuk mengalami pencernaan tahap kedua yang menghasilkan piruvat. Piruvat selanjutnya akan dirubah menjadi VFA yang umumnya terdiri dari asetat, butirrat dan propionat (Arora, 1995). Piruvat merupakan produk intermedier yang segera dimetabolis menjadi produk akhir berupa asam lemak berantai pendek yang sering disebut VFA yaitu asam asetat, propionat, butirrat, sejumlah kecil asam valerat dan asam lemak berantai cabang.

Banyaknya VFA yang dihasilkan di dalam rumen sangatlah bervariasi yaitu 200—1.500 mg/100 ml cairan rumen. Hal ini tergantung pada jenis ransum yang dikonsumsi (McDonald *et al.*, 2002). Peningkatan konsentrasi VFA mencerminkan peningkatan kandungan protein dan karbohidrat pakan yang mudah larut (Davies, 1982). VFA mempunyai peran ganda yaitu sebagai sumber energi bagi ternak dan sumber kerangka karbon untuk pembentukan protein mikroba (Sutardi *et al.*, 1983). Kadar VFA yang dibutuhkan untuk menunjang pertumbuhan mikroba rumen yang optimal adalah 80—160 mM (Sutardi, 1979).

Pada ternak ruminansia, VFA merupakan sumber energi utama yang berasal dari hasil fermentasi karbohidrat di dalam rumen (Dixon, 1985). VFA dapat

menggambarkan fermentabilitas suatu pakan sebab VFA dapat mencerminkan peningkatan karbohidrat dan protein yang mudah larut.



Gambar 1. Skema lintasan utama fermentasi karbohidrat menjadi Volatile Fatty Acids (VFA) (France dan Siddons, 1993).

G. Peran Mikroba Rumen pada Ternak Ruminansia

Mikroba rumen sangat berperan dalam mendegradasi pakan yang masuk ke dalam rumen menjadi produk-produk sederhana yang dapat dimanfaatkan oleh mikroba

maupun induk semang dimana aktifitas mikroba tersebut sangat tergantung pada ketersediaan nitrogen dan energi. Kelompok utama mikroba yang berperan dalam pencernaan tersebut terdiri dari bakteri, protozoa dan jamur yang jumlah dan komposisinya bervariasi tergantung pada pakan yang dikonsumsi ternak (Preston dan Leng 1987).

Mikroba rumen membantu ternak ruminansia dalam mencerna pakan yang mengandung serat tinggi menjadi asam lemak terbang (VFA) yaitu asam asetat, asam propionat, asam butirat, asam valerat serta asam isobutirat dan asam isovalerat. VFA diserap melalui dinding rumen dan dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh ternak. Sedangkan produk metabolis yang tidak dimanfaatkan oleh ternak yang pada umumnya berupa gas akan dikeluarkan dari rumen melalui proses eruktasi (Barry *et al.*, 1977). Namun yang lebih penting ialah mikroba rumen itu sendiri, karena biomas mikroba yang meninggalkan rumen merupakan pasokan protein bagi ternak ruminansia. Sauvant *et al.* (1995) menyebutkan bahwa 2/3—3/4 bagian dari protein yang diabsorpsi oleh ternak ruminansia berasal dari protein mikroba.

Kualitas pakan yang rendah seperti yang umum terjadi di daerah tropis menyebabkan kebutuhan protein untuk ternak ruminansia sebagian besar dipasok oleh protein mikroba rumen. Soetanto (1994) menyebutkan hampir sekitar 70 % kebutuhan protein dapat dicukupi oleh mikroba rumen. Namun McDonald (1981) menyatakan bahwa untuk memperoleh hasil produksi yang tinggi, khususnya pada fase fisiologi tertentu, misalnya pada masa pertumbuhan awal, bunting dan awal laktasi, pasok protein mikroba belum mencukupi kebutuhan ternak, sehingga

ternak memerlukan tambahan pasok protein dari pakan yang lolos fermentasi di dalam rumen.

Produk akhir fermentasi protein akan digunakan untuk pertumbuhan mikroba itu sendiri dan digunakan untuk mensintesis protein sel mikroba rumen sebagai pasok utama protein bagi ternak ruminansia. Menurut Arora (1983) sekitar 47—71% dari nitrogen yang ada di dalam rumen berada dalam bentuk protein mikroba.

H. Teknik *In Vitro*

Teknik *in vitro* merupakan salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mempelajari beberapa proses fermentasi yang terjadi di dalam rumen. Teknik *in vitro* untuk ternak ruminansia pada prinsipnya adalah meniru proses pencernaan dalam rumen. Kondisi yang distimulasikan adalah kondisi anaerob, media nutrient dan penggunaan larutan penyangga.

Percobaan *in vitro* meliputi fermentasi substrat yang diinokulasikan dengan mikroorganisme rumen dalam medium buffer nutrient dengan prinsip meniru proses pencernaan dalam rumen, dimana struktur karbohidrat diubah menjadi produk yang terlarut oleh enzim yang dihasilkan oleh mikroba rumen pada kondisi anaerobik yang terkontrol baik pH maupun temperaturnya (Jhonson, 1996).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan teknik fermentasi adalah 1) suhu fermentasi berkisar antara 39° dan 40° C. Suhu tersebut harus diusahakan tetap karena bakteri rumen sangat sensitif terhadap perubahan suhu. Perbedaan suhu 0,5° C dapat menyebabkan proses fermentasi terganggu; 2) pH optimum berkisar 6,7 dan 7,0 agar aktivitas mikroba rumen dapat berlangsung normal;

3) media fermentasi in vitro berupa cairan rumen sebagai sumber inokulum;

4) periode atau waktu fermentasi tergantung dari bahan yang diuji, karbohidrat yang mudah larut seperti gula sederhana lebih mudah difermentasikan dibanding dengan makanan lain; 5) mengalirkan gas CO₂ secepatnya bersama dengan permukaan secara mekanik dilakukan dalam fermentasi anaerob, yang prinsipnya disesuaikan dengan rumen sapi yang selalu bergerak. Gerakan rumen ditiru dengan menempatkan tabung fermentor dalam *shaker waterbath*.