# EFEK SUPLEMENTASI ASAM AMINO BERCABANG TERHADAP FERMENTABILITAS DAN KECERNAAN *IN VITRO* RANSUM BERPAKAN SERAT SABUT SAWIT

**Zain, M[1)], T. Sutardi[2)], D. Sastradipradja[3)], M. A. Nur[2)], Suryahadi[2)] & N. Ramli[2)]**

*1) Staf Fakultas Peternakan, Universitas Andalas, 2) Jurusan INMT, Fakultas Peternakan IPB*

*3) Jurusan Fisiologi & Farmakologi Fakultas Kedokteran Hewan IPB*

*(Diterima 13-09-1999; disetujui 07-04-2000)*

## ABSTRACT

**Branched chain amino acids (BCAA) has been claimed to stimulate microbial growth in the rumen, hence and fiber digestion. Most of the works however, used Valine (Val), Leucine (Leu), or Isoleucine (Ile) as single supplement. It is known that the acids are antagonistic in the transfer into cells. What is the proper proportion of the acids has never been elucidated. This study tried to make use the ample supply of palm press fiber (PPF) as the source of roughage and to elucidate the best ratio of the BCAA for fermentability and digestibility improvement. The study was a randomized complete block *in vitro* experiment of 3 replicates with $3^3$ factorial treatments. The factors were the BCAA, supplemented into the basal diet, each at 0, 0.1, or 0.2%. Dry matter (DM) of the basal diet composed of 50% PPF, 25% wheat bran, 23.5% coconut oil meal, 0.5% limestone, 0.5% vitaminerals, 0.25% urea, and 0.25% common salt. The diet contained 5.18 MJ (Mega Joule) digestible energy (DE) and 16% crude protein. The BCAA supplementation improved ($P < 0.01$) digestibility of DM (52.4 vs 60.9%) and organic matter (OM) (57.5 vs 64.7%). Supplementation of 0.1% Val + 0.2% Leu + 0.1% Ile resulted in the best DM (65.2 $\pm$ 3.99%) and OM digestibility (69.3 $\pm$ 4.14%), as well as volatile fatty acids (VFA) production (115 $\pm$ 15 mM). The BCAA addition however, decreased ($P < 0.01$) ammonia (3.47 vs 2.36 mM). Apparently it was used for *de novo* synthesis of microbial amino acids. Based on the response curve of digestibility variables to Ile levels of the 0.1% Val supplemented diets it is concluded that the best levels of BCAA for digestibility and fermentation improvement is 0.1% Val + 0.2% Leu + 0.12% Ile. Even it is not the best, the use of Ile as a single supplement at 0.2% is worth consideration.**

*Keywords* : **Branched chain amino acids supplement, *in vitro* digestibility, rumen fermentation products.**

## PENDAHULUAN

Pada awal tahun limapuluhan, kehadiran asam lemak volatil bercabang (VFAB) dalam cairan rumen masih dipertanyakan dari mana asalnya, karena asam tersebut tidak dibentuk dari produk fermentasi karbohidrat. Karena VFAB cenderung naik bila kadar protein ransum ditingkatkan, asam tersebut diduga ada hubungannya dengan protein. Kini diketahui bahwa VFAB berasal dari asam amino bercabang (AAB), yaitu Valin (Val), Leusin (Leu), dan Isoleusin (Ile). Mekanisme pembentukannya *via* deaminasi (dehidrogenasi) AAB menjadi asam α-keto + $NH_3$, lalu dekarboksilasi gugus α-COOH menjadi $CO_2$ (Sutardi, 1976); VFAB terbentuk dengan jumlah C berkurang satu. Valin (5 C), Leu (6 C), dan Ile (6 C) menghasilkan isobutirat (α-metil-propionat, 4 C), β-metil-butirat (5 C), dan α-metil-butirat (5 C). Karena α- dan β-metil-butirat tidak terpisahkan oleh khromatografi cairan-cairan, cairan-gas, maupun gas, kadarnya biasa dinyatakan sebagai satu kesatuan, yaitu Isovalerat. Resintesis AAB dari VFAB terjadi dalam sel bakteri melalui proses karboksilasi dan transaminasi. Perilaku bongkar-pasang seperti itu diduga karena bakteri rumen tidak memiliki sistem transpor asam amino (AA) secara utuh ke dalam sel.

Hubungan VFAB dengan AAB, sangat erat dan keduanya berpotensi untuk meningkatkan sintesis protein dan populasi mikroba rumen. Kenyataan itu mengundang lahirnya teknologi untuk memacu kinerja produksi ruminansia melalui stimulasi pertumbuhan bakteri. Suplementasi VFAB, tunggal atau campuran, meningkatkan sintesis protein mikroba (Russell & Sniffen, 1984) dan kecernaan fraksi dinding sel atau serat deterjen netral (NDF) pakan (Gorosito *et al.*, 1985). Penelitian ini, langkah awal dalam rangka memanfaatkan sabut sawit sebagai substitusi rumput dalam ransum ruminansia. Pakan serat tersebut cukup strategis untuk dijadikan pakan andalan masa depan, karena persediaan pakan konvensional makin berkurang sejalan dengan susutnya lahan pertanian, terutama di daerah padat penduduk. Sementara itu areal perkebunan kelapa sawit tumbuh pesat dari 105.808 ha pada tahun 1967 menjadi 2.957.079 ha pada tahun 1998 (Dit. Jen. Perkebunan, 1998). Namun tanpa sentuhan teknologi, sabut sawit hanya dapat mengganti 1/3 jumlah bahan kering (BK) rumput (Sutardi *et al.*, 1992). Dalam penelitian ini manfaat sabut sawit dicoba ditingkatkan dengan suplementasi AAB. Mengingat

AAB dan VFAB antagonistik dalam transfer ke dalam sel, peneltian ini juga bertujuan untuk mencari level AAB terbaik bagi kecernaan dan fermentabilitas ransum berpakan serat sabut sawit.

## MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan secara *in vitro* dengan menggunakan rancangan acak berblok berulangan 3 dengan perlakuan berpola faktorial $3^3$. Cairan rumen asal sapi Holstein jantan yang berbeda aktivitas metabolismenya berfungsi sebagai blok. Perlakuan terdiri atas suplementasi Val, Leu, dan Ile dengan level masing-masing sebanyak 0, 0.1, dan 0.2% BK ransum. Bahan kering ransum terdiri atas 50% sabut sawit dan 50% konsentrat. Bahan kering ransum mengandung 5.18 MJ (Mega Joule) energi tercerna (DE), protein kasar (PK) 16%, serat deterjen asam (ADF) dalam kisaran 35 - 40%, Ca 0.6 - 0.7%, dan P 0.4 - 0.5%. Komposisi ingredien (pakan) dan nutrien (zat makanan), berdasarkan BK ransum percobaan diperlihatkan dalam Tabel 1. Kandungan DE ransum tersebut ditentukan pada 5 ekor domba, tanpa suplementasi Val, Leu, dan Ile. Sedangkan komposisi kimia diperoleh dari analisis laboratorium.

Tabel 1. Komposisi Ingredien dan Nutrien Berdasarkan Bahan Kering Ransum Percobaan

| Ingredien | Jumlah (%) | Nutrien | Jumlah (%) |
|---|---|---|---|
| Sabut sawit | 50 | Protein kasar, % | 16.0 |
| Dedak gandum | 25 | Lemak, % | 5.26 |
| Bungkil kelapa | 23.5 | ADF, % | 37.4 |
| Kapur | 0.5 | Ca, % | 0.65 |
| Vitamineral | 0.5 | P, % | 0.47 |
| Urea | 0.25 | Energi bruto, MJ/kg | 0.47 |
| Garam dapur | 0.25 | Energi tercerna, MJ/kg | 5.18 |

Setelah disuplementasi AAB, ransum difermentasi. Produk fermentasi berupa asam lemak volatil (VFA) dan amonia ($NH_3$) dianalisis. Kecernaan BK dan bahan organiknya (BO) juga diukur. Kondisi fermentasi, metode analisis produk fermentasi, dan pengukuran kecernaan, dilakukan dengan metode yang sama dengan yang telah dikemukan terdahulu (Rahmawati *et al.*, 1999). Sidik Ragam data hasil percobaan serta uji kontras ortogonal dan uji kontras polinomial ortogonal lanjutan untuk rancangan acak berblok menggunakan modul LMGLH Systat 3.0 (1986).

Mengingat level AAB terbaik belum tentu tepat pada level yang dicobakan, level AAB ditetapkan berdasarkan regresi Y (Kecernaan atau Produk fermentasi) pada $X_1$ = Blok, $X_2$ = Blok$^2$, $X_3$ = Leu, $X_4$ = Leu$^2$, $X_5$ = Ile, $X_6$ = Ile$^2$, $X_7$ = Leu x Ile, $X_8$ = Leu x Ile$^2$, $X_9$ = Leu$^2$ x Ile, dan $X_{10}$ = Leu$^2$ x Ile$^2$ untuk level Val yang terbaik (0.1%). Sidik Regresi juga menggunakan modul Systat yang sama.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelompokan data percobaan berdasarkan aktivitas cairan rumen ternyata efektif dalam memperkecil galat percobaan semua variabel ($P < 0.01$). Dalam hal kecernaan BK (KBK) misalnya, kontribusi cairan rumen, perlakuan dan galat terhadap keragaman kecernaan BK berkisar sekitar 30, 41, dan 14%. Respons terhadap AAB didominasi oleh pengaruh interaksi Val x Leu x Ile ($P < 0.01$). Hubungan level AAB dengan kecernaan BK berbentuk kuadratik ($P < 0.01$), namun polanya berbeda bagi tiap AAB. Level terbaik Val berkisar sekitar 0.10%, Leu 0.12%, sedangkan bagi Ile kecernaan BK mungkin sekali masih dapat ditingkatkan lagi jika suplementasi Ile lebih dari 0.2%.

Kecernaan BK ternyata sangat responsif terhadap suplementasi Ile. Hal ini di luar dugaan. Semula diperkirakan suplementasi 0.2% Ile lebih dari cukup. Dugaan itu ternyata meleset, padahal protein pada umumnya, termasuk protein mikroba rumen, mengandung Ile lebih sedikit daripada Leu. Komposisi AAB relatif protein mikroba rumen, yaitu relatif terhadap lisin (Lys) yang diberi nilai 100, terdiri atas 65.7% Val, 93.5% Leu, dan 61.9% Ile (Cole & van Lunen, 1994). Hasil pengukuran efek suplementasi AAB terhadap kecernaan BK ada pada Tabel 2.

Tabel 2. Efek Suplementasi Asam Amino Bercabang terhadap Kecernaan Bahan Kering

| Valin (Val) (g/kg BK) | Lusin (Leu) (g/kg BK) | Isolusin (Ile) (g/kg BK) | Kecernaan | | Produk fermentasi | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | BK (%) | BO (%) | VFA (mM) | $NH_3$ (mM) |
| 0 | 0 | 0 | $52.4^{a}$ | $57.5^{a}$ | $87^{a}$ | $3.47^{g}$ |
| | | 1 | $61.7^{d}$ | $66.6^{f}$ | $112^{d}$ | $2.37^{d}$ |
| | | 2 | $64.8^{e}$ | $66.9^{f}$ | $115^{d}$ | $1.83^{c}$ |
| | 1 | 0 | $61.5^{d}$ | $64.8^{d}$ | $105^{c}$ | $2.00^{c}$ |
| | | 1 | $60.2^{c}$ | $64.2^{d}$ | $108^{c}$ | $3.00^{f}$ |
| | | 2 | $61.3^{d}$ | $64.1^{d}$ | $112^{d}$ | $2.40^{d}$ |
| | 2 | 0 | $57.1^{b}$ | $61.4^{b}$ | $100^{b}$ | $3.03^{f}$ |
| | | 1 | $59.5^{c}$ | $62.8^{c}$ | $103^{b}$ | $2.70^{e}$ |
| | | 2 | $62.7^{d}$ | $65.0^{e}$ | $113^{d}$ | $2.03^{c}$ |
| 1 | 0 | 0 | $60.7^{c}$ | $62.7^{c}$ | $107^{c}$ | $2.50^{e}$ |
| | | 1 | $59.5^{c}$ | $62.0^{c}$ | $95^{a}$ | $2.20^{d}$ |
| | | 2 | $61.8^{d}$ | $64.6^{d}$ | $102^{b}$ | $2.67^{e}$ |
| | 1 | 0 | $59.3^{c}$ | $64.7^{d}$ | $107^{c}$ | $2.73^{e}$ |
| | | 1 | $63.6^{e}$ | $67.1^{f}$ | $115^{d}$ | $2.47^{d}$ |
| | | 2 | $65.2^{e}$ | $67.1^{f}$ | $113^{d}$ | $2.40^{d}$ |
| | 2 | 0 | $61.3^{d}$ | $63.1^{c}$ | $110^{d}$ | $2.63^{e}$ |
| | | 1 | $65.2^{e}$ | $69.3^{f}$ | $115^{d}$ | $1.93^{c}$ |
| | | 2 | $62.5^{d}$ | $67.1^{f}$ | $103^{b}$ | $2.90^{f}$ |
| 2 | 0 | 0 | $60.4^{c}$ | $65.7^{e}$ | $103^{b}$ | $1.80^{b}$ |
| | | 1 | $57.2^{b}$ | $61.0^{b}$ | $102^{b}$ | $2.30^{d}$ |
| | | 2 | $62.1^{d}$ | $66.1^{e}$ | $112^{d}$ | $2.93^{f}$ |
| | 1 | 0 | $59.5^{c}$ | $66.3^{e}$ | $105^{c}$ | $2.27^{d}$ |
| | | 1 | $62.2^{d}$ | $65.2^{e}$ | $103^{b}$ | $2.30^{d}$ |
| | | 2 | $59.3^{c}$ | $63.8^{d}$ | $95^{a}$ | $2.07^{c}$ |
| | 2 | 0 | $61.6^{d}$ | $65.8^{e}$ | $92^{a}$ | $2.90^{f}$ |
| | | 1 | $59.7^{c}$ | $65.9^{e}$ | $105^{c}$ | $2.30^{d}$ |
| | | 2 | $58.1^{b}$ | $63.0^{c}$ | $90^{a}$ | $0.73^{a}$ |

Semua level suplementasi AAB meningkatkan kecernaan BK dari 52.4 $\pm$ 2.91% menjadi 61.1 $\pm$ 3.90% ($p < 0.01$). Lebih kurang setara dengan peningkatan kecernaan BK 17%. Kecernaan BK tertinggi (65.0 $\pm$ 3.63%) dicapai dengan suplementasi 0.1% Val + 0.1% Leu + 0.2% Ile, 0.1% Val + 0.2% Leu + 0.1% Ile, dan 0.2% Ile saja. Perbandingan antar perlakuan mengungkapkan bahwa Ile selalu tampil sebagai penentu terkuat, sedangkan Leu selalu paling lemah. Kuatnya pengaruh Ile mungkin sekali karena AAB tersebut atau VFAB produk fermentasinya paling banyak mendapat saingan dari yang lain dalam menduduki posisi pada enzim atau penghantar (*carrier*) untuk masuk ke dalam sel. Lemahnya pengaruh Leu mungkin karena AAB tersebut cukup tersedia dalam protein ransum.

**Kecernaan bahan organik**

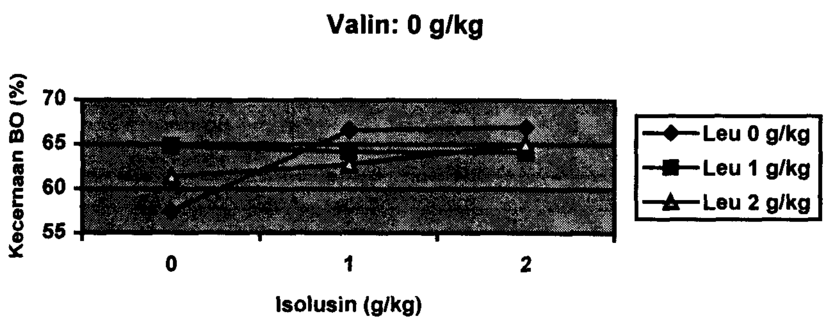
Kecernaan BO pada umumnya lebih tinggi daripada kecernaan BK. Hal ini sedikit banyak memberi indikasi bahwa matriks mineral sabut sawit sulit larut. Mungkin karena kaya akan silika. Suplementasi AAB meningkatkan kecernaan BO dari 57.5 $\pm$ 2.41% menjadi 64.9 $\pm$ 4.08%, lebih kurang setara dengan kenaikan 13%. Kenaikan oleh suplementasi Val, Leu, dan Ile mencapai titik tertinggi pada suplementasi 0.12%, 0.13%, dan 0.19%. Suplementasi 0.1% Val + 0.2% Leu + 0.1% Ile menghasilkan kecernaan BO tertinggi (69.3 $\pm$ 5.07%). Suplementasi 0.1% Val + 0.1% Leu + 0.1% Ile, 0.1% Val + 0.1% Leu + 0.2% Ile, 0.1% + 0.2% Leu + 0.2% Ile, dan suplementasi 0.2% Ile saja menghasilkan kecernaan BO lebih rendah (67.1 $\pm$ 4.42%).

Walaupun kedua nilai rataan itu berbeda ($p < 0.05$), dipandang dari segi praktis perbedaannya kecil sekali, hanya 3%. Apalagi jika dikaitkan dengan pemakaian dalam kondisi *in vivo*. Maka dapat disimpulkan bahwa suplementasi tunggal 0.2% Ile cukup efektif untuk memperbaiki kecernaan BO. Kenyataan ini memperlihatkan bahwa Ile adalah faktor penentu utama bagi perbaikan kecernaan. Hasil pengukuran kecernaan BO ada dalam Tabel 3.

Tabel 3. Efek Suplementasi Asam Amino Bercabang terhadap Kecernaan Bahan Organik

| Val (%) | Leu (%) | Ile 0% (%) | Ile 0.1% (%) | Ile 0.2% (%) | Rataan (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 57.5[a] | 66.6[f] | 66.9[f] | 63.7 |
| | 0.1 | 64.8[d] | 64.2[d] | 64.1[d] | 64.4 |
| | 0.2 | 61.4[b] | 62.8[c] | 65.0[d] | 63.1 |
| Rataan: | | 61.2 | 64.5 | 65.3 | 63.7 |
| 0.1 | 0 | 62.7[c] | 62.0[c] | 64.6[d] | 63.1 |
| | 0.1 | 64.7[d] | 67.1[f] | 67.1[f] | 66.3 |
| | 0.2 | 63.1[c] | 69.3[g] | 67.1[f] | 66.5 |
| Rataan: | | 63.5 | 66.1 | 66.3 | 65.3 |
| 0.2 | 0 | 65.7[e] | 61.0[b] | 66.1[e] | 64.3 |
| | 0.1 | 66.3[e] | 65.2[e] | 63.8[d] | 65.1 |
| | 0.2 | 65.8[e] | 65.9[e] | 63.0[c] | 64.9 |
| Rataan: | | 65.9 | 64.0 | 64.3 | 64.8 |

- Data yang bersuperskrip tak sama berarti berbeda nyata sekurang-kurangnya pada $p < 0.05$ setelah diperbandingkan dengan uji kontras ortogonal.




**Fermentabilitas ransum**

Ransum percobaan menghasilkan VFA sekitar 105 ± 5.9 mM. Kadar tersebut cukup ideal untuk menyediakan energi bagi ternak. Kadar tersebut tidak terlalu tinggi sehingga mikroba rumen tidak akan banyak yang mati, terbunuh oleh asam-asam produk fermentasi ransum.

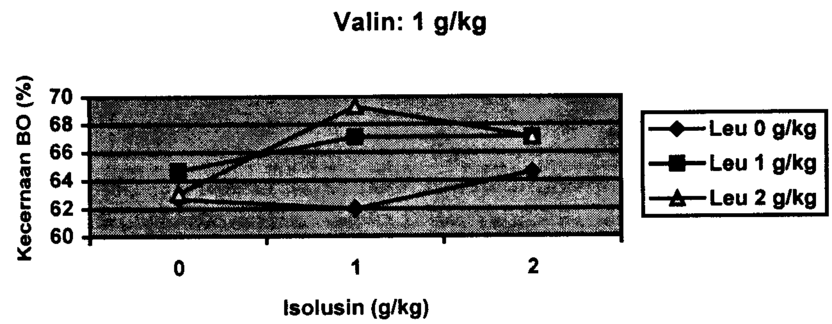
Suplementasi AAB sangat besar pengaruhnya terhadap kadar VFA ($p < 0.01$). Suplementasi AAB meningkatkan VFA dari 87 ± 15.3 mM menjadi 105 ± 12.0 mM ($p < 0.01$). Puncak kadar VFA tercapai oleh suplementasi sekitar 0.07% Val, 0.10% Leu, dan 0.14% Ile.

Kadar VFA tertinggi (111 + 9.6 mM) dapat dicapai oleh suplementasi 0.1% Val + 0.1% Leu + 0.1% Ile, 0.1% Val + 0.2% Leu + 0.1% Ile, dan 0.2% Ile saja. Dengan demikian sama halnya dengan kecernaan, suplementasi 0.2% Ile juga efektif untuk menghasilkan perubahan besar. Hasil pengukuran VFA ada dalam Tabel 4.

Tabel 4. Efek Suplementasi Asam Amino Bercabang terhadap Kadar Asam Lemak Volatil

| Val (%) | Leu (%) | Ile 0% (mM) | Ile 0.1% (mM) | Ile 0.2% (mM) | Rataan (mM) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | $87^{a}$ | $112^{d}$ | $115^{d}$ | 104 |
| | 0.1 | $105^{c}$ | $108^{c}$ | $112^{d}$ | 108 |
| | 0.2 | $100^{b}$ | $103^{b}$ | $113^{d}$ | 106 |
| Rataan: | | 97 | 108 | 113 | 106 |
| 0.1 | 0 | $107^{c}$ | $95^{a}$ | $102^{b}$ | 101 |
| | 0.1 | $107^{c}$ | $115^{d}$ | $113^{d}$ | 112 |
| | 0.2 | $110^{c}$ | $115^{d}$ | $103^{b}$ | 109 |
| Rataan: | | 108 | 108 | 106 | 107 |
| 0.2 | 0 | $103^{b}$ | $102^{b}$ | $112^{d}$ | 106 |
| | 0.1 | $105^{c}$ | $103^{b}$ | $95^{a}$ | 101 |
| | 0.2 | $92^{a}$ | $105^{c}$ | $90^{a}$ | 96 |
| Rataan: | | 100 | 103 | 99 | 101 |

- Data bersuperskrip tak sama berarti berbeda nyata minimal pada $p<0.05$ dibandingkan uji kontras ortogonal.

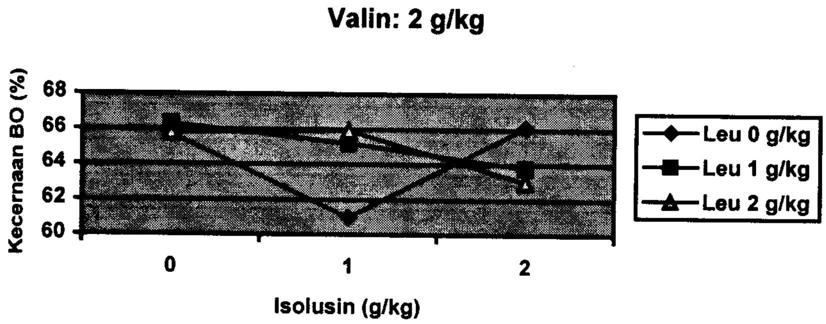



Kadar VFA yang cukup ideal sayang sekali tidak didukung oleh kadar $NH_3$. Rataan kadar $NH_3$ percobaan ini hanya berkisar sekitar $2.40 \pm 0.32$ mM (Tabel 5), di bawah kebutuhan minimum mikroba rumen sebesar 5 mg% N-$NH_3$ atau 3.57 mM $NH_3$ yang dikemukakan oleh Satter & Slyter (1974).

Tabel 5. Efek Suplementasi Asam Amino Bercabang terhadap Kadar Amonia

| Val (%) | Leu (%) | Ile 0% (mM) | Ile 0.1% (mM) | Ile 0.2% (mM) | Rataan (mM) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | $3.47^{f}$ | $2.37^{c}$ | $1.83^{b}$ | 2.56 |
| | 0.1 | $2.00^{b}$ | $3.00^{e}$ | $2.40^{c}$ | 2.47 |
| | 0.2 | $3.03^{e}$ | $2.70^{d}$ | $2.03^{b}$ | 2.59 |
| Rataan: | | 2.83 | 2.69 | 2.09 | 2.54 |
| 0.1 | 0 | $2.50^{d}$ | $2.20^{c}$ | $2.67^{d}$ | 2.46 |
| | 0.1 | $2.73^{d}$ | $2.47^{d}$ | $2.40^{c}$ | 2.53 |
| | 0.2 | $2.63^{d}$ | $1.93^{b}$ | $2.90^{e}$ | 2.49 |
| Rataan: | | 2.62 | 2.20 | 2.66 | 2.49 |
| 0.2 | 0 | $1.80^{b}$ | $2.30^{c}$ | $2.93^{e}$ | 2.34 |
| | 0.1 | $2.27^{c}$ | $2.30^{c}$ | $2.07^{c}$ | 2.21 |
| | 0.2 | $2.90^{e}$ | $2.30^{c}$ | $0.73^{a}$ | 1.98 |
| Rataan: | | 2.32 | 2.30 | 1.91 | 2.18 |

- Data bersuperskrip tak sama berarti berbeda nyata minimal pada $p<0.05$ dibandingkan uji kontras ortogonal.




Rendahnya kadar $NH_3$, karena sumber protein utama ransum adalah bungkil kelapa yang cukup tahan terhadap perombakan oleh bakteri rumen. Upaya untuk menggunakan 25% dedak gandum yang proteinnya mudah didegradasi dan penggunaan 0.25% urea ternyata tidak berhasil mengangkat kadar $NH_3$ ke tingkat yang layak. Dengan demikian ransum ini hanya layak dipakai untuk ternak ruminansia yang rumennya belum berfungsi sempurna.

Suplementasi AAB cenderung menurunkan kadar $NH_3$ dari 3.47 $\pm$ 0.15 mM menjadi 2.36 $\pm$ 0.63 mM ($p < 0.01$). Mengingat $NH_3$ bukan produk akhir metabolisme N dalam rumen, penurunan kadarnya oleh suplementasi AAB mungkin sekali karena $NH_3$ dipakai untuk sintesis AAB dari VFAB dalam sel bakteri. Perbandingan antar perlakuan banyak yang berbeda, namun kadar $NH_3$ terlalu rendah untuk menghasilkan perubahan yang berarti.

## KESIMPULAN

Level suplementasi AAB terbaik bagi kecernaan dan fermentabilitas ransum berpakan serat 50% sabut sawit tidak ekuimolar. Efek terbaik dapat dicapai oleh suplementasi 0.10% Val + 0.12% Leu + 0.20% Ile. Walaupun hasilnya tidak selalu yang terbaik, jika AAB dipakai sebagai suplemen tunggal, pilihan terbaik adalah suplementasi 0.2% Leu.

## DAFTAR PUSTAKA

Cole, D. J. A. & T. A. van Lunen. 1994. Ideal Amino Acid Patterns. *In: Amino Acids in Farm Animal Nutrition*. Ed. J. P. F. D'Mello. Guildford, UK : CAB International, Biddles Ltd. Pp. 99 - 112.

Direktorat Perkebunan. 1998. *Statistik Perkebunan Indonesia*. Jakarta : Departemen Kehutanan dan Per-kebunan R. I.

Gorosito, A. R., J. B. Russell, & P. J. van Soest. 1985. Effect of C4 and C5 volatile fatty acids on digestion of plant cell wall in vitro. *J. Dairy Sci.* 68: 840 - 845.

Rahmawati, D., T. Sutardi, & L.A. Aboenawan. 1999. Evaluasi in vitro penggunaan eceng gondok dalam ransum ruminansia. *Dalam penerbitan.*

Russell, J. B. & C. J. Sniffen. 1984. Effect of carbon-4 and carbon-5 volatile fatty acids on growth of mixed rumen bacteria in vitro. *J. Dairy Sci.* 67: 987 - 994.

Satter, L. D. & L. L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. Br. J. Nutr. 32: 199 - 208.

Sutardi, T. 1976. Metabolism of Some Essential Amino Acids with Special Reference to a-Ketoacids. *Ph. D. Dissertation*, University of Wisconsin, Madison.

Sutardi, T., F. Agustin & S. Widyawati. 1992. Penggunaan Serat dan Lumpur Sawit dalam Ransum Sapi Perah. Hal. 228 - 236. *Dalam: Pros. Agro-industri Peternakan di Pedesaan.* Ed. M. Sabrani *et al.*, Balai Penelitian Ternak, 10 - 11 Agustus, Ciawi, Bogor.

Systat. 1986. *Systat: The System of Statistics.* Version 3.0. Evanston, Illinois : Systat Inc.