

## Status Ca, Mg dan Zn pada Kambing Peranakan Etawah Muda yang Diberi Ransum Bentuk *Mash* dengan Pakan Sumber Serat Berbeda

T. Toharmat, N. Hotimah, E. Nursasih, R. Nazilah, T.Q. Noerzihad,  
N. A. Sigit & Y. Retnani

Departemen Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor  
Jl. Agatis Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, email: toharmat@yahoo.com  
(Diterima 06-04-2006; disetujui 15-02-2007)

### ABSTRACT

Fibrous agricultural by-products are the component of most rations for ruminant raised intensively. Slow rate and low digestibility of the fibrous feed may limit mineral bioavailability. Present experiment aimed to clarify the influence of fibrous feed component in ration on the status of Ca, Mg and Zn in growing goats. Twenty of female Etawah-grade goats weighing of  $13.5 \pm 2.14$  kg were grouped and allocated into five treatments in a randomized block design. Rations composed of 50% fibrous feed and 50% concentrate. The fibrous feed component as treatments were: RG = napier grass, JP = rice straw, KC = cacao pod, JK = mixed rice straw and coffee husk, and CP = mixed rice straw, napier grass, coffee husk and cacao pod. Rations were offered at 3% of live weight. The result showed that fibrous feed influenced Ca, Mg, and Zn intake, Ca and Mg absorption, and Ca, Mg and Zn plasma of growing goats. Intake, absorption and plasma Ca, Mg, and Zn had positive correlation with dry mater intake. Absorption of Ca and Zn had positive correlations with crude fiber digestibility. Supplementation of Ca, Mg and Zn was necessary when the fibrous feed was included at the level of 50% in the ration of growing goats, but the supplement level varied according to the type of the fibrous feed.

*Key words: fibrous feed, mineral status, Etawah goat*

---

### PENDAHULUAN

Hasil samping industri pertanian khususnya pakan tinggi serat banyak digunakan sebagai pakan utama dalam sistem pemeliharaan ternak ruminansia secara intensif di Indonesia. Pakan tinggi serat mengalami pencernaan fermentatif dengan lamban dan berakhir setelah 72 jam berada dalam rumen (Toharmat, 2002). Sebagian mineral pakan tidak mudah tersedia di dalam saluran pencernaan dan kelarutannya tergantung kepada kecernaan fraksi

serat (Ibrahim *et al.*, 1998; Emanulle & Staples, 1990; Miller *et al.*, 1991).

Unsur Ca dan Zn pada berbagai jenis rumput dilepaskan secara lambat dalam rumen (Emanulle & Staples, 1990). Kelarutan mineral hijauan berkorelasi negatif berturut-turut 55, 80 dan 75% dengan fraksi NDF, ADF dan lignin (Serra *et al.*, 1997). Serat larut air mempunyai daya ikat yang rendah terhadap Ca dan Mg, bahkan sebaliknya, mampu meningkatkan utilisasi Ca (Rieko *et al.*, 2003; Wong & Cheng, 2005). Hemisellulosa,

lignosellulosa, sellulosa dan lignin menunjukkan daya ikat terhadap Ca dan Mg walaupun berbeda-beda (Claye *et al.*, 1998). Dedak gandum mempunyai daya ikat yang tinggi terhadap Ca, Mg dan Zn dibandingkan dengan dedak padi dan serat oat (Idouraine *et al.*, 1996). Kapasitas pertukaran kation dan daya ikat air matrik fraksi serat berpengaruh terhadap ketersediaan mineral pakan, tingkat ekskresi mineral dan elektrolit pada feses (Weber *et al.*, 1993).

Mineral Ca, Mg, dan Zn merupakan komponen tulang, sehingga sangat diperlukan oleh ternak yang sedang tumbuh. Pakan tinggi serat yang digunakan masyarakat sangat bervariasi, sementara pengaruh pakan tinggi serat yang berbeda terhadap utilisasi mineral tersebut masih belum diketahui. Kajian interaksi antara sumber serat dengan absorpsi mineral pada ruminansia sangat diperlukan agar upaya suplementasi mineral lebih bermanfaat. Penelitian ini dirancang untuk mempelajari pengaruh pakan tinggi serat terhadap absorpsi Ca, Mg dan Zn serta menduga kebutuhan mineral tersebut pada kambing peranakan Etawah betina.

## MATERI DAN METODE

### Ternak dan Perkandangan

Kambing peranakan Etawah berumur 4,5 bulan dengan bobot hidup awal  $13,50 \pm 2,14$  kg

sebanyak 20 ekor digunakan dalam percobaan. Kambing dikelompokkan berdasarkan bobot hidup awal. Pemeliharaan kambing dilakukan dalam kandang individu yang terbuat dari bambu dengan ukuran 1 m x 1 m x 0,8 m dan berbentuk panggung dengan tinggi lantai 0,5 m. Kandang berada dalam satu bangunan besar terbuka beratap asbes.

### Pemberian Pakan

Komposisi kimia dan bahan pakan dalam ransum percobaan terdapat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pakan tinggi serat yang digunakan sebagai perlakuan adalah rumput gajah (RG), jerami padi (JP), kulit buah coklat (KC), campuran jerami padi dan kulit buah kopi (JK), atau campuran rumput gajah, jerami padi, kulit buah coklat, dan kulit buah kopi (CP) dalam proporsi yang sama. Bahan pakan tinggi serat dan konsentrat penyusun ransum dicampurkan dan diberikan dalam bentuk *mash*. Setiap ransum diberikan kepada empat ekor kambing berdasarkan rancangan acak kelompok, pada pukul 08:00 dan 16:00 dengan total BK 3% bobot hidup. Pemberian pakan percobaan dilakukan selama dua minggu periode adaptasi, tiga minggu periode *preliminary* dan satu minggu periode koleksi total. Residu pakan dikeluarkan dari tempat pakan satu kali sehari segera sebelum pakan baru diberikan pada pukul 08:00. Air minum diberikan *ad libitum*.

Tabel 1. Komposisi kimia bahan pakan penyusun ransum percobaan yang diberikan pada kambing Etawah betina muda

Komponen kimia	Rumput gajah	Jerami padi	Kulit buah coklat	Kulit buah kopi	Konsentrat
Bahan kering (%)	91,74	91,33	86,12	89,03	89,56
Abu (% BK)	10,59	15,64	12,47	11,76	5,33
Lemak kasar (% BK)	3,25	3,95	4,71	4,12	12,08
Protein kasar (% BK)	8,87	6,14	12,86	22,24	19,21
Serat kasar (% BK)	45,67	35,38	21,36	35,44	11,54
BETN (% BK)	31,62	38,89	48,60	26,44	51,85
Ca (% BK)	0,37	0,32	0,44	0,47	0,37
Mg (% BK)	0,60	0,81	0,86	0,55	0,84
Zn (ppm BK)	56,00	74,00	179,00	74,00	135,00

### Pengambilan Sampel dan Analisis

Selama satu minggu periode koleksi total sisa pakan dan feses ditimbang setiap hari. Sampel feses diambil dan dikeringkan di bawah terik matahari. Semua residu pakan dan sampel feses harian setiap individu kambing dicampurkan pada akhir percobaan, kemudian sampel digiling untuk dianalisa.

Sampel darah sebanyak 9 ml diambil dari *vena jugularis* pada akhir percobaan, menggunakan tabung *venoject* berheparin. Sampel darah segera dimasukkan ke dalam wadah berisi es batu. Plasma darah diperoleh melalui sentrifus dan plasma dimasukkan ke dalam tabung sampel 1 ml untuk disimpan dalam *freezer* hingga dilakukan analisis mineral.

Analisis bahan kering, abu, protein, lemak dan serat kasar dalam bahan pakan menggunakan metode proksimat (AOAC, 1984). Analisis mineral sampel bahan pakan, ransum, residu pakan dan feses diawali dengan pengabuan basah (Reitz *et al.*, 1960). Pelarutan sampel plasma dilakukan menurut metode Toharmat *et al.* (1997). Konsentrasi Ca, Mg, dan Zn dalam larutan hasil pengabuan basah dan pelarutan plasma diukur

dengan *atomic absorption spectrophotometer* Shimadzu model AA680.

Konsumsi mineral ditentukan dengan mengukur jumlah mineral dalam ransum yang diberikan dikurangi dengan total mineral dalam residu pakan. Mineral terabsorpsi dihitung dengan mengurangi total mineral yang dikonsumsi dengan mineral feses.

Data hasil percobaan dianalisa secara statistik menggunakan analisis ragam. Rataan variabel selanjutnya dibandingkan dengan uji *least significant different* menggunakan paket program komputer (SAS, 1995).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Rataan konsumsi serat kasar tercerna dan yang tidak dicerna, rata-rata konsumsi dan absorpsi Ca, Mg dan Zn serta kadar mineral plasma darah pada kambing percobaan terdapat pada Tabel 3. Tidak terdapat perbedaan konsumsi serat kasar tercerna dan yang tidak tercerna pada kelompok kambing dengan jenis pakan yang berbeda. Konsumsi Ca, Mg dan Zn tertinggi pada kelompok kambing yang mendapat ransum KC. Konsumsi Ca terendah pada kambing dengan ransum JP.

Tabel 2. Komposisi bahan pakan penyusun ransum percobaan yang diberikan pada kambing Etawah betina muda

	Ransum percobaan				
	RG	JP	KC	KK	CP
Komponen pakan (%BK)					
Konsentrat	49,40	49,51	50,98	49,82	50,00
Pakan tinggi serat	50,60	50,49	49,02	50,18	50,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutrien					
Bahan kering (%)	90,65	90,44	87,84	89,87	89,56
Serat kasar (%)	28,60	23,46	16,45	23,48	23,00
Ca (% BK)	0,37	0,34	0,40	0,38	0,38
Mg (% BK)	0,72	0,82	0,85	0,76	0,77
Zn (ppm BK)	96,00	104,00	157,00	104,00	115,00

Tabel 3. Konsumsi mineral pada kambing Etawah betina muda yang diberi pakan dengan pakan tinggi serat berbeda

	Ransum percobaan					SE
	RG	JP	KC	JK	CP	
<b>Konsumsi</b>						
SK tercerna (g/ekor)	34,73	16,71	26,85	25,06	24,79	10,27
SK tidak tercerna (g/ekor)	66,68	51,94	45,01	52,72	69,67	16,51
Ca (g/ekor)	1,34 <sup>bc</sup>	1,12 <sup>c</sup>	1,78 <sup>a</sup>	1,26 <sup>bc</sup>	1,56 <sup>ab</sup>	0,26
Mg (g/ekor)	2,39 <sup>b</sup>	2,68 <sup>b</sup>	3,74 <sup>a</sup>	2,44 <sup>b</sup>	3,14 <sup>ab</sup>	0,61
Zn ( mg/ekor)	37,26 <sup>B</sup>	35,85 <sup>B</sup>	69,03 <sup>A</sup>	37,62 <sup>B</sup>	39,08 <sup>B</sup>	6,64
<b>Absorpsi</b>						
Ca (%)	33,82 <sup>a</sup>	17,42 <sup>ab</sup>	33,55 <sup>a</sup>	12,44 <sup>b</sup>	30,40 <sup>ab</sup>	10,82
Mg (%)	17,92 <sup>b</sup>	36,53 <sup>a</sup>	37,96 <sup>a</sup>	36,42 <sup>a</sup>	52,32 <sup>a</sup>	9,84
Zn (%)	32,91	27,50	40,62	41,69	22,11	13,92
<b>Plasma darah</b>						
Ca (mg/dl)	7,50 <sup>ab</sup>	7,07 <sup>b</sup>	7,99 <sup>a</sup>	7,74 <sup>ab</sup>	7,30 <sup>ab</sup>	0,50
Mg (mg/dl)	2,81 <sup>ab</sup>	2,64 <sup>b</sup>	3,31 <sup>a</sup>	2,85 <sup>ab</sup>	2,91 <sup>ab</sup>	0,40
Zn (ppm)	0,62 <sup>c</sup>	0,63 <sup>c</sup>	0,95 <sup>a</sup>	0,75 <sup>bc</sup>	0,85 <sup>ab</sup>	0,12

Keterangan: superskrip huruf kecil berbeda pada baris yang sama menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) dan huruf kapital menunjukkan berbeda sangat nyata ( $P < 0,01$ ).

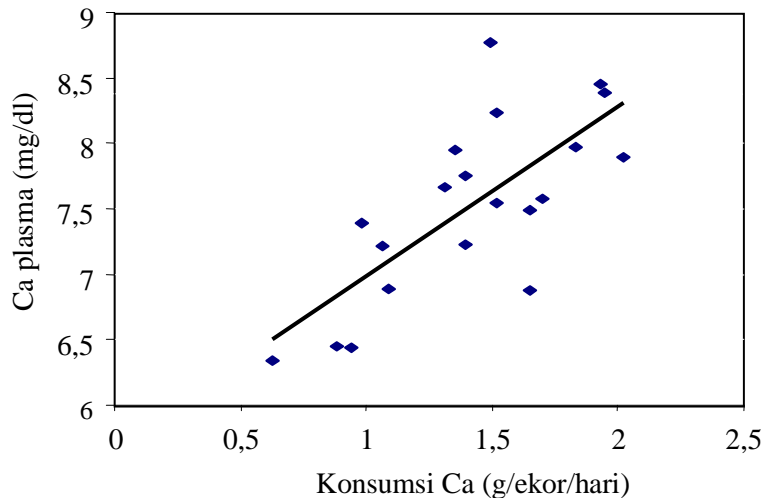
Absorpsi Ca menunjukkan nilai yang rendah jika konsumsinya rendah seperti pada ransum JP dan JK, sedangkan absorpsi Mg dan Zn tidak mengikuti tingkat konsumsi. Absorpsi Ca sangat rendah pada kambing dengan ransum JK dan absorpsi Mg terendah pada kambing dengan ransum RG, sedangkan absorpsi Zn tidak dipengaruhi oleh jenis komponen pakan serat dalam ransum.

Rendahnya konsumsi Ca pada kambing dengan ransum JP dan JK tidak terkait dengan tingkat konsumsi serat kasar baik yang tercerna maupun yang tidak tercerna. Rendahnya absorpsi Ca dalam ransum JP dan JK dapat disebabkan akibat rendahnya ketersediaan Ca dalam bahan pakan kaya serat tersebut. Rendahnya absorpsi Ca dapat disebabkan karena tingginya kandungan ADF bahan pakan (Tortuero *et al.*, 1994). Berdasarkan hal tersebut rendahnya absorpsi Ca diduga disebabkan akibat terjadinya pengikatan Ca oleh matrik serat jerami padi sehingga

ketersediaannya sangat tergantung pada tingkat kecernaan matrik serat jerami padi. Absorpsi Mg pada ransum dengan sumber serat rumput gajah diduga terjadi akibat ketersediaan Mg yang rendah dalam rumput gajah, atau matrik serat rumput gajah dapat mengikat Mg ransum sehingga Mg tidak tersedia bagi ternak.

Data konsumsi dan absorpsi Ca dan Mg menggambarkan bahwa aplikasi suplementasi mineral Ca dan Mg perlu mempertimbangkan jenis pakan serat yang diberikan pada ternak. Suplemen Ca diperlukan jika jerami padi atau kombinasi dengan kulit kopi digunakan sebagai komponen pakan tinggi serat dalam ransum. Mineral Mg perlu disuplementasikan jika rumput gajah digunakan sebagai pakan sumber serat.

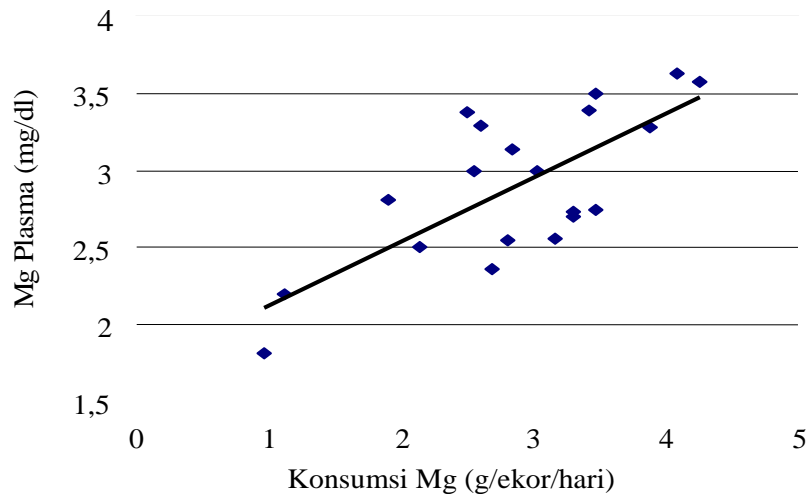
Konsentrasi Ca, Mg dan Zn dalam plasma paling tinggi ( $P < 0,05$ ) pada kambing yang mendapat ransum KC, sedangkan konsentrasinya paling rendah terjadi pada plasma kambing yang



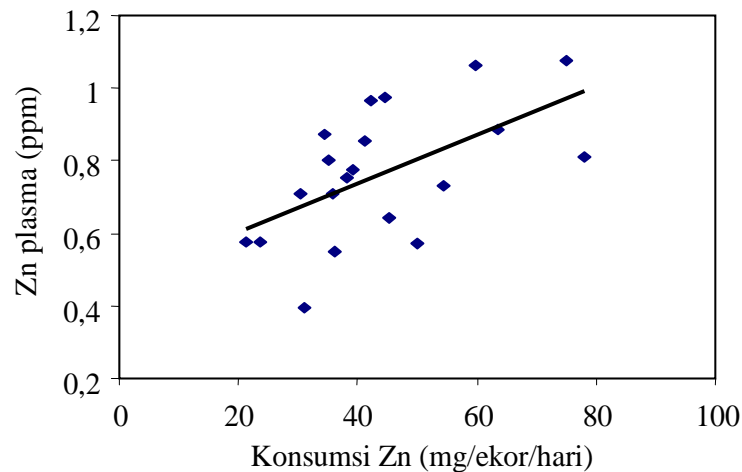
Gambar 1. Hubungan antara konsumsi Ca dengan Ca plasma kambing betina muda yang diberi ransum dengan pakan tinggi serat berbeda

mendapat ransum JP. Rendahnya konsentrasi Ca dan Zn plasma kambing dengan ransum JP diduga terjadi akibat konsumsi dan absorpsi mineral tersebut yang rendah. Data tersebut menggambarkan bahwa pakan tinggi serat yang digunakan dalam ransum dapat mempengaruhi status mineral Ca, Mg dan Zn ternak melalui pengaruhnya terhadap tingkat konsumsi dan absorpsi mineral tersebut.

Rataan Ca plasma darah kambing percobaan berkisar antara 7,07-7,79 mg/dl. Konsentrasi Ca plasma darah kambing muda dapat berkisar antara 8,5–11,4 mg/dl (Hines *et al.*, 1986; Toharmat *et al.*, 1997). Data Ca plasma darah kambing dalam penelitian ini menggambarkan bahwa konsumsi Ca antara 1,12-1,78 g/ekor/hari belum mampu memenuhi kebutuhan Ca kambing. Hal tersebut dapat disebabkan karena adanya pengaruh



Gambar 2. Hubungan antara konsumsi Mg dengan Mg plasma kambing betina muda yang diberi ransum dengan pakan tinggi serat berbeda



Gambar 3. Hubungan antara konsumsi Zn dengan Zn plasma kambing betina muda yang diberi ransum dengan pakan tinggi serat berbeda

komponen pakan khususnya serat kasar terhadap konsumsi dan ketersediaan Ca. Gambar 1 menunjukkan bahwa plasma Ca (Y) meningkat ( $P < 0,01$ ) dengan meningkatnya konsumsi Ca (X) mengikuti model:  $Y = 1,30 X + 5,69$ ;  $r^2 = 0,73$ . Data tersebut menggambarkan bahwa kebutuhan kambing akan Ca pada semua perlakuan masih

belum terpenuhi dari ransum yang dikonsumsi dengan kadar Ca 0,34-0,40% (Tabel 2).

Rataan Mg plasma kambing yang mendapat ransum dengan pakan sumber serat berbeda dalam penelitian ini berkisar antara 2,64-3,31 mg/dl. Kadar Mg plasma kambing muda berkisar antara 2,3-2,7 mg/dl (Toharmat *et al.*, 1997).

Tabel 4. Koefisien korelasi antara konsumsi, absorpsi dan plasma Ca, Mg, dan Zn dengan konsumsi BK, SK dan pencernaan SK pada kambing Etawah betina muda

	Konsumsi BK	Konsumsi SK	Kecernaan SK
Konsumsi			
Ca	0,97**	0,66**	0,24
Mg	0,95**	0,52*	0,08
Zn	0,78**	0,24	0,31
Absorpsi			
Ca	0,51*	0,50*	0,70**
Mg	0,58**	0,21	-0,04
Zn	-0,07	-0,08	0,71**
Plasma			
Ca	0,72**	0,55*	0,26
Mg	0,73**	0,40	-0,02
Zn	0,53*	0,07	0,16

Keterangan: \* ( $P < 0,05$ ); \*\* ( $P < 0,01$ ).

Konsentrasi Mg plasma (Y) meningkat ( $P < 0,01$ ) dengan meningkatnya konsumsi Mg (X) mengikuti model  $Y = 0,41X + 1,72$ ;  $r^2 = 0,73$  (Gambar 2). Peningkatan kadar Mg plasma menunjukkan bahwa kebutuhan kambing akan Mg nampaknya belum terpenuhi walaupun tingkat Mg plasma telah tinggi. Data tersebut menggambarkan bahwa kambing Etawah muda dalam percobaan ini masih toleran terhadap peningkatan konsumsi Mg dan kebutuhan Mg kambing tersebut diduga cukup tinggi.

Rataan Zn plasma kambing percobaan berkisar antara 0,62-0,95 ppm (0,062-0,095 mg/dl). Kadar Zn plasma darah dapat berkisar antara 0,08-0,12 mg/dl (Miller *et al.*, 1988). Hal ini berarti bahwa status mineral Zn kambing masih belum optimum, dan data menunjukkan bahwa kebutuhan Zn dalam percobaan ini belum terpenuhi, karena peningkatan konsumsi Zn (X) pada kisaran konsumsi 35,85-69,03 mg/ekor menyebabkan peningkatan ( $P < 0,01$ ) plasma Zn (Y) dengan mengikuti persamaan  $Y = 0,0068X + 0,4676$ ;  $r^2 = 0,58$  (Gambar 3). Kebutuhan Zn kambing dalam percobaan ini diperkirakan masih belum terpenuhi, sehingga kambing masih toleran terhadap peningkatan konsumsi Zn atau tingginya kadar Zn ransum antara 97-157 ppm.

Tabel 4 menunjukkan koefisien korelasi antara konsumsi, absorpsi dan plasma Ca, Mg, dan Zn dengan konsumsi BK, SK dan pencernaan SK. Konsumsi, absorpsi dan plasma Ca, Mg, dan Zn, kecuali absorpsi Zn berkorelasi dengan konsumsi bahan kering. Konsumsi Ca dan Mg, absorpsi Ca dan plasma Ca berkorelasi dengan konsumsi serat kasar total. Absorpsi Ca dan Zn berkorelasi ( $P < 0,05$ ) dengan pencernaan serat kasar total. Data tersebut menunjukkan bahwa status mineral yang tergambarkan oleh plasma Ca, Mg dan Zn sangat dipengaruhi oleh tingkat konsumsi bahan kering. Sebagian Ca dan Zn diperkirakan merupakan komponen serat kasar. Disamping itu serat kasar diduga mempunyai daya ikat yang tinggi terhadap kedua mineral tersebut, sehingga ketersediaan Ca dan Zn tergantung pada pencernaan serat kasar.

Peningkatan pencernaan serat kasar diduga menyebabkan terjadinya peningkatan ketersediaan Ca dan Zn yang selanjutnya menyebabkan terjadinya peningkatan absorpsi Ca dan Zn.

## KESIMPULAN

Suplementasi Ca, Mg dan Zn dalam ransum bentuk *mash* yang mengandung 50% pakan sumber serat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan kambing lepas sapih akan mineral tersebut. Utilisasi mineral ransum oleh kambing dipengaruhi jenis pakan sumber serat dalam ransum dan pencernaan komponen seratnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Publikasi ini merupakan bagian dari hasil penelitian yang dibiayai Program DUElike IPB Batch III. Ucapan terimakasih disampaikan kepada A. Rukmana, D. Anggraini, Maman dan A. Yani yang telah membantu pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- AOAC.** 1984. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 4<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analytical Chemist (AOAC), Washington, D.C.
- Claye, S. S., A. Idouraine & C. W. Weber.** 1998. In-vitro mineral binding capacity of five fiber sources and their insoluble components for magnesium and calcium. Food Chem. 61:333-338.
- Emanulle, S. M. & C. R. Staples.** 1990. Ruminant release of minerals from six forage species. J. Anim. Sci. 68:2052-2060.
- Hines, T. G., N. L. Jacobson, D. C. Beitz & E. T. Littledike.** 1986. Effects of dietary calcium, vitamin D, and corn supplementation on growth performance and mineral metabolism in young goats fed whole milk diets. J. Dairy Sci. 69:2868-2875.
- Ibrahim, M. N. M., G. Zemelink & S. Taminga.** 1998. Release of mineral element from tropical feeds during degradation in the rumen. AJAS. 11:530-537.

- Idouraine, A., M. J. Khan & C. W. Weber.** 1996. *In vitro* binding capacity of wheat bran, rice bran, and oat fiber for Ca, Mg, Cu and Zn alone and in different combinations. *J. Agric. Food Chem.* 44:2067-2072.
- Miller, J. K., N. Ramsey & F. C. Madson.** 1988. The Trace Elements. In: Church, D. C. (Ed). *The Ruminant Animal: Digestive, Physiology and Nutrition.* Prentice Hall, New Jersey.
- Miller, W.J., D.M. Blackmon, R.P. Gentry & F.M. Pate.** 1991. Zinc absorption, metabolism and endogenous excretion in Zn-deficient and normal calves over an extended time. *J. Dairy Sci.* 74:3535-3543.
- Reiko, M., H. Hiroshi, A. Yorotaka, T. Taro & F. Hitoshi.** 2003. Ingestion of water soluble soybean fiber prevents osteopenia and hypercholesterolemia induced by ovariectomy in rats. *J. Agric. and Food Chem.* Vol. 51: 1085-1089.
- Reitz, L. L., W. H. Smith & M. P. Plumlee.** 1960. A Simple, wet oxidation procedure for biological materials. *Anal. Chem.* 32:1728.
- SAS.** 1995. SASR User's Guide: Statistics, Versions. 6.12 Edition. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- Serra, S.D., A.B. Serra, T. Ichinohe & T. Fujihara.** 1997. Ruminant solubility of trace elements from selected Philippine forages. *AJAS.* 10:378-384.
- Toharmat, T.** 2002. Ruminant degradation characteristics of highly digestible fibrous feed. *Jurnal Pengembangan Peternakan Tropis.* 27:53-60.
- Toharmat, T., S. Tanabe, S. Kume & K. Kameoka.** 1997. Effect of monensin or salinomycin supplementation in a 50% concentrate diet on mineral utilization of growing goats. *AJAS.* 10:15-19.
- Tortuero, F., J. Rioperez, C. Cosin, J. Barrera & M. L. Rodriguez.** 1994. Effects of dietary fiber sources on volatile fatty acid production, intestinal micro flora and mineral balance in rabbits. *J. Anim. Feed Sci. Technol.* 48:1-14.
- Weber, C. W., E. A. Kohlhepp, A. Idouraine & L. J. Ochoa.** 1993. Binding capacity of 18 fiber sources for calcium. *J. Agric. Food Chem.* 41:1931-1935.
- Wong, K.H. & P.C.K. Cheung.** 2005. Dietary fibers from mushroom sclerotia: 2. *In vitro* mineral binding capacity under sequential simulated physiological conditions of the human gastrointestinal tract. *J. Agric. and Food Chem.* Vol. 53: 9401-9406.