

Neraca Mineral Esensial pada Sapi Jantan Fase Tumbuh

(Essential – Mineral Balance on Growing Male Cattle)

SNO Suwandiyastuti

Fakultas Peternakan Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

Abstract

An experiment was designed to study the effect of unconventional protein source on the essential minerals balances of growing cattle. The experimental method is Completely Randomized Block Design, on twelve of Ongole Grade was applied. Based on the body weight, the animal trial was separated to three blocks, as the replication. The treatment was four kinds of protein sources in the ration (R): R₁ = kapok – seeds cakes; R₂ = lamtoro – leave meals; R₃ = cacao – pod meals and R₄ = goat's faeces. The ration was 50 percent of Elephant grass and 50 percent of concentrate (DM basis). The measured variables were: the essential mineral balances i.e. Calcium, Phosphorus, Sodium, Potasium, Chlorine, Magnesium, Sulphur and Nitrogen. The balance – trial was conducted by the total collection method. The data was analyzed by the analysis of variance, and that of the interaction (synergistic and antagonistic) by the Regression Analysis. The result indicated that the total of essential mineral balance of each protein source on growing cattle of Ongole Grade is: Cacao – pod meals = 116.09 g/day; Goat's faeces = 111.89 g/day; lamtoro – leave meal = 84.64 g/day and Kapok – seed cake = 78.55 g/day. The strong synergistic interaction was reached by Ca ↔ P (P<0.01; R² = 0.92 – 0.98) while the weak interaction by Na ↔ Cl (P>0.05; R² = 0.03 – 0.05). Among the five couples of mineral elements of the antagonistic interaction the strong interaction was N → S (P<0.01; R² = 0.70 – 0.75), while the weak interaction was Na → P (P>0.05; R² = 0.08). The experiment is concluded that: (1) all of the unconventional protein sources are able to improve the quality of the ration, indicated by the positive essential mineral balance on growing cattle of Ongole grade; (2) the most suitable protein source for growing cattle is cacao – pod meals; (3) the strong synergistic interaction was reached by Ca ↔ P, while the antagonistic interaction was N → S.

Key Words: Mineral, Protein Source, Ongole, Cattle

Pendahuluan

Seperti ruminansia lain, sapi jantan mutlak memerlukan hijauan atau bahan berserat lain di dalam ransumnya. Keterbatasan dalam penyediaan lahan, mengakibatkan peternak terpaksa menggunakan bahan limbah untuk mencukupi kebutuhan tersebut, walaupun mutunya rendah. Untuk meningkatkan mutu ransum, serta memenuhi kebutuhan energi, perlu ditambahkan konsentrat. Di lain pihak, perbaikan pasokan energi mengakibatkan peningkatan kebutuhan nitrogen dan mineral.

Penggunaan konsentrat sebagai sumber energi dan protein (nitrogen), disertai campuran mineral, telah berhasil meningkatkan nilai

nutrisi dan menghasilkan penampilan pertumbuhan yang baik pada Sapi Peranakan FH dan Sapi PO fase tumbuh, walaupun masih terjadi defisiensi beberapa unsur mineral esensial (Suwandiyastuti, 1987; Suwandiyastuti, 1998).

Ketersediaan Konsentrat maupun campuran mineral esensial tidak dapat diandalkan, lagi pula harganya mahal. Oleh karena itu, perlu dicari dan dikaji kemungkinan penggunaan sumber protein yang tidak bersaing dengan kebutuhan manusia, memenuhi syarat untuk protein ruminansia dan tidak menyebabkan gangguan metabolisme mineral pada Sapi jantan fase tumbuh.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 12 ekor pedet jantan Peranakan Ongole umur kurang lebih enam bulan dan bobot berkisar antara 135 – 155,5 kg yang ditempatkan pada kandang metabolisme secara individual.

Bahan Makanan terdiri dari konsentrat dan hijauan dengan imbang bahan kering 50:50%. Konsentrat sebagai makanan penguat terdiri dari dedak padi halus, onggok, tepung jagung dan bungkil kelapa, sedangkan hijauan yang diberikan berupa rumput gajah. Untuk konsentrat basal tersebut, setiap 100kg bahan kering ditambah kapur sebanyak 1,56 kg dan garam dapur 1,15 kg.

Merode Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan rancangan percobaan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan yang diujikan terdiri dari empat macam ransum (Tabel 1) dengan sumber protein : (1) bungkil biji kapuk, (2) tepung daun lamtoro, (3) tepung kulit coklat dan (4) feses kambing, masing-masing perlakuan diulang tiga kali.

Percobaan neraca dilakukan dengan cara koleksi total, yang terdiri dari masa adaptasi selama 28 hari, preliminari selama 21 hari dan

koleksi selama 8 hari. Selama masa koleksi dilakukan pengambilan sampel hijauan tersisa dan sampel konsentrat sebanyak 100 g untuk setiap individu yang konsentrasinya tersisa, juga sampel urine dan feses masing-masing sebanyak satu persen untuk tiap-tiap individu dari total urine dan feses yang dikeluarkan. Kecuali urine, semua sampel dikeringkan sampai kering udara dan untuk sampel feses sebelum dijemur disemprot dengan formalin. Setelah semua sampel kering udara, maka sampel-sampel tersebut digiling sampai halus dan disiapkan dalam bentuk tepung untuk analisis.

Peubah yang diamati dalam penelitian ini peubah yang diamati adalah Neraca Semu Unsur Mineral Esensial Makro : Ca, P, S, K, Na, Cl, Mg dan N.

$$\text{Neraca Semu} = U \text{ terkonsumsi} - (U \text{ tinja} + U \text{ urine})$$

Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh ransum percobaan terhadap neraca mineral esensial dilakukan Sidik Ragam, dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur. Hubungan atau interaksi antar unsur diketahui dengan Sidik Regresi (Gill, 1978).

Tabel 1. Komposisi nutrien ransum percobaan

Komposisi nutrien	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄
Protein kasar, %	13,930	11,910	12,000	11,730
Energi bruto, kkal/kg	4299,000	4409,000	4168,000	4025,000
Serat Kasar, %	5,700	9,240	6,190	11,650
Lemak, %	7,590	6,860	8,890	6,290
Calcium, %	0,363	0,924	0,372	0,688
Phosphor, %	0,865	0,629	0,772	0,722
Sulfur, %	0,097	0,091	0,096	0,124
Kalium, %	0,681	0,646	0,674	0,710
Natrium, %	0,541	0,520	0,566	0,558
Chlor, %	0,589	0,927	0,999	0,771
Magnesium, %	0,276	0,334	0,265	0,322
Nitrogen, %	2,229	1,905	1,920	0,876

Model Matematika :

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = Nilai neraca semu yang diamati

μ = Nilai tengah

α_i = Pengaruh perlakuan ransum ke-i ($i = 1, 2, 3, 4$)

β_j = Pengaruh kelompok (bobot badan) ke-j ($j = 1, 2, 3$)

ε_{ij} = Pengaruh acak perlakuan ke-i dan kelompok ke-j

Hasil dan Pembahasan

Neraca Mineral Esensial Makro

Pada sapi tumbuh, neraca mineral merupakan *resultante* dari asimilasi dan ekskresinya melalui urine. Ketersediaan unsur mineral untuk asimilasi maupun besarnya asimilasi suatu unsur tidak hanya ditentukan oleh unsur itu sendiri, tetapi berkaitan dengan bentuk atau senyawa dan proporsi berbagai unsur dalam makanan, karena adanya interaksi antara unsur. Interaksi antagonis maupun sinergis baik antar sesama unsur mineral maupun antara unsur mineral dengan senyawa organik (misalnya nutrien makro) dapat terjadi :

(1) di dalam ransum, yang akan mempengaruhi ketersediaan unsur; (2) dalam saluran pencernaan yang akan memengaruhi proses asimilasi; (3) dalam proses metabolisme yang dapat berpengaruh pada besarnya neraca masing-masing unsur mineral. Nilai rata-rata neraca unsur mineral makro esensial Sapi PO jantan fase tumbuh disajikan pada Tabel 2.

Hasil dari Tabel 2 terlihat bahwa tepung kulit coklat dalam R₃ menghasilkan total neraca mineral esensial makro yang paling tinggi, sebesar 116,09 g/hari, atau dengan kata lain, mineral esensial makro memberi kontribusi sebesar 116,09 g pada pertambahan bobot badan harian Sapi PO jantan fase tumbuh. Secara umum, semua perlakuan menghasilkan neraca mineral esensial yang positif.

Fenomena tersebut menunjukkan bahwa semua sapi percobaan mengalami proses pertumbuhan yang normal, walaupun dengan laju pertumbuhan yang berbeda. Hal ini disebabkan karena kandungan unsur mineral dalam tubuh dan depositnya per unit pertambahan bobot hidup sangat beragam. Sampai pada batas tertentu, peningkatan kadar sesuatu unsur makro di dalam ransum akan mengakibatkan peningkatan deposisi di atas keadaan normal.

Tabel 2. Nilai rata-rata neraca mineral esensial (makro) pada sapi PO jantan

Unsur	Perlakuan				Rataan
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	
	----- g / hari -----				
Ca	10,03	13,63	15,87	18,90	14,61
P	9,93	13,10	16,47	17,53	14,26
K	18,40	20,27	25,67	27,17	22,87
Na	8,63	5,63	8,61	9,30	8,04
Cl	10,66	15,86	24,55	18,61	17,42
Mg	3,70	2,53	2,90	2,13	2,82
S	1,17	0,89	0,62	1,22	0,98
N	16,03	12,73	21,40	9,03	16,80
Total	78,55	84,64	116,09	111,89	

Tabel 3. Rangkuman sidik ragam neraca mineral esensial (makro) pada sapi PO jantan

Sumber Keragaman	Db	F_{hitung}							
		Ca	P	K	Na	Cl	Mg	S	N
Kelompok	2	1,8	0,8	26,4**	14,6**	2,7	32,0**	0,5	2,5
Perlakuan	3	18,2**	13,6**	24,7**	60,2**	28,9**	56,5**	14,4*	8,5*
Galat	6								
Total	11								
KK, %		10,4	11,3	6,4	4,5	10,7	5,5	12,9	12,6

Sebaliknya, penurunan kadar unsur makro dalam ransum atau asimilasinya tidak sempurna, mengakibatkan retensi dalam tubuh akan menurun pula (Suwandiyastuti, 1998).

Hasil dari Tabel 3 terlihat, bahwa semua sumber protein yang diuji berpengaruh positif terhadap neraca mineral makro ($P < 0,01$) kecuali pada neraca N ($P < 0,05$). Fenomena tersebut menunjukkan bahwa pada sapi jantan fase tumbuh (ternak percobaan) terjadi interaksi sinergis antara metabolisme protein dengan metabolisme unsur-unsur mineral makro dan menghasilkan deposisi protein tubuh (jaringan lunak) dan deposisi mineral makro (jaringan struktural). Pada percobaan ini deposisi tertinggi dicapai perlakuan R_3 , yaitu dengan sumber protein tepung kulit coklat.

Dalam percobaan nutrisi, unsur N merupakan tolok ukur atau indikator proses nutrisi faali dan protein. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa sumber protein yang diuji tidak terlalu berpengaruh terhadap neraca N ($P < 0,05$). Hal ini disebabkan oleh : (1) besarnya kandungan protein kasar pada ransum percobaan; (2) sifat protein ransum; (3) jumlah energi tersedia. Di antara empat sumber protein ransum yang diuji, R_2 , R_3 , dan R_4 mengandung protein yang relatif sama ($11,88 \pm 0,12\%$), sedangkan R_1 mengandung protein kasar 13,93%. Namun demikian keempatnya mempunyai sifat yang berbeda, sehingga menghasilkan neraca N yang berbeda ($P < 0,05$). Sumber protein yang ideal bagi ternak

ruminansia adalah : (1) sanggup mendukung pertumbuhan mikroba rumen; (2) mempunyai nilai biologis yang tinggi; (3) bagian protein yang tahan degradasi mempunyai daya larut yang tinggi dalam larutan pepsin.

Walaupun kandungan protein kasar bungkil biji kapuk cukup tinggi (13,93%), tetapi mengandung nutrisi yang bersifat antagonis dengan asam amino, sehingga proses pencernaan dan bahkan mungkin penyerapannya terhambat.

Interaksi Metabolik Unsur Mineral Esensial

Unsur-unsur mineral dapat berinteraksi satu sama lain antar unsur, atau dengan nutrien yang lain. Interaksi dapat terjadi secara antagonis atau sinergis, berlangsung dalam makanan, di dalam alat pencernaan dan atau selama proses metabolisme di dalam sel atau jaringan. Konsep sinergis dan antagonis antar unsur mineral atau unsur mineral dengan nutrien lain belum banyak diketahui. Namun demikian ada dugaan kuat bahwa interaksi sinergis hampir selalu berjalan dua arah dan cenderung tidak merugikan, sedangkan interaksi antagonis dapat terjadi satu atau dua arah. (Comar dan Bronner, 1964; Underwood, 1981; Georgievskii, 1981; Suwandiyastuti, 1998).

Di antara unsur-unsur mineral esensial makro yang diamati, ada beberapa pasang unsur yang mengalami interaksi sinergis, yaitu : Ca - P, P - S, S - Mg, K - Na, K - Cl dan Na - Cl.

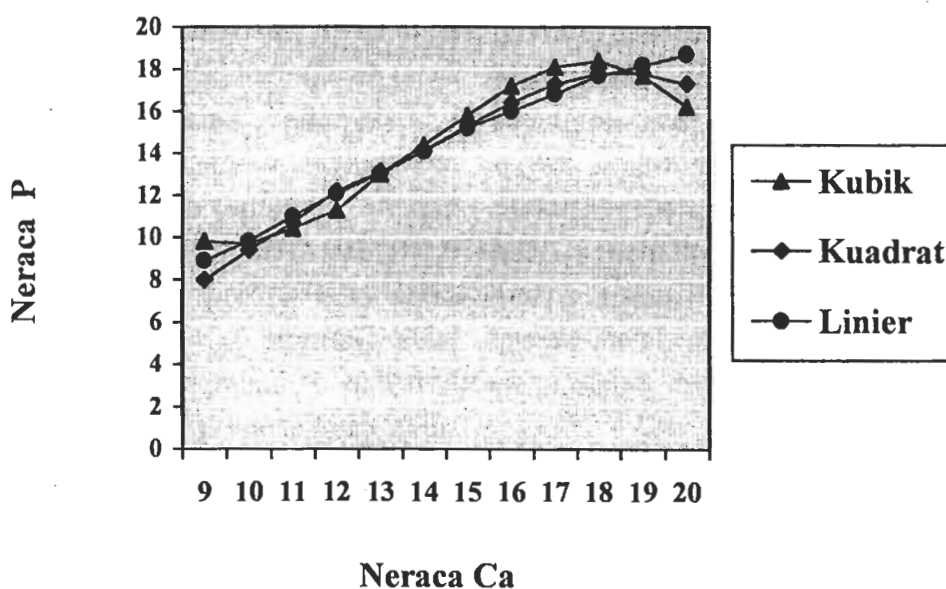
Di samping itu dapat pula terjadi interaksi antagonis, yaitu antara : Ca → Mg, P → Mg, K → P, Na → P, di samping dengan unsur-unsur nutrisi makro.

Pada umumnya, unsur sinergistik akan saling meningkatkan absorpsi dalam saluran pencernaan dan selalu bekerja sama dalam aktivitas metabolik pada tingkat sel maupun jaringan (Georgievskii, 1981). Interaksi langsung antara unsur-unsur Ca dengan P dan Na dengan Cl bersifat sinergistik sejak proses di dalam metabolisme sampai dengan ekskresi (Georgievskii, 1981; Larvor, 1983). Hasil

Penelitian ini, pada Tabel 4 menunjukkan bahwa neraca Ca mempunyai hubungan yang sangat erat dengan neraca P ($P < 0,01$), baik secara linier ($R^2 = 0,92$), kuadrat ($R^2 = 0,94$) maupun kubik ($R^2 = 0,98$), bahwa ketiganya hampir berimpit (Gambar 1). Interaksi sinergistik optimal pada imbangan Ca/P berkisar antara (9,58/9,79) sampai (18,26/18,11). Angka ini sesuai dengan hasil penelitian Suwandystuti (1982) maupun Suwandystuti (1996), bahwa imbangan Ca-P optimal pada ternak ruminansia adalah 1:1. Gambar 1 menunjukkan kurva hubungan antara neraca Ca dan P.

Tabel 4. Hubungan antara pasangan unsur-unsur mineral esensial yang berinteraksi – sinergis

Peubah	Persamaan Garis	R ²	F
Ca – P	$Y = 62,600 - 13,36 X + 1,06 X^2 - 0,025 X^3$	0,98	110,3**
	$Y = -6,930 + 2,08 X - 0,04 X^2$	0,94	65,5**
	$Y = 1,270 + 0,89 X$	0,92	116,7**
P – S	$Y = 21,560 - 4,47 X + 0,31 X^2 - 0,010$	0,40	1,8 ^{ns}
Mg – S	$Y = 1,010 + 1,02 X - 0,71 X^2 + 0,120 X^3$	0,51	2,7 ^{ns}
K – Na	$Y = 96,540 - 5,35 X + 0,23 X^2 - 0,003 X^3$	0,15	0,5 ^{ns}
K – Cl	$Y = -13,520 + 2,01 X - 0,03 X^2$	0,51	4,6*
	$Y = -0,160 + 0,77 X$	0,49	9,9*
Na – Cl	$Y = -68,010 + 31,48 X - 3,79 X^2 + 0,150 X^3$	0,05	0,1 ^{ns}
	$Y = -4,580 + 5,57 X - 0,32 X^2$	0,05	0,2 ^{ns}
	$Y = 12,520 + 0,61 X$	0,03	0,3 ^{ns}



Gambar 1. Kurva hubungan antara neraca Ca dan P pada sapi jantan fase tumbuh

Tabel 5. Interaksi sinergistik antar unsur-unsur mineral esensial

Pasangan Unsur	Interaksi Sinergistik		
	Optimal	Neraca, g/hari	Maksimal
Ca ↔ P	(9.58 ↔ 9.79)	-(18.26 ↔ 18.11)	tt
P ↔ S	(12.39 ↔ 0.80)	-(16.52 ↔ 1.06)	(15.76 ↔ 0.88)
Mg ↔ S	(3.14 ↔ 0.80)	-(2.92 ↔ 0.86)	(2.93 ↔ 0.83)
K ↔ Na	(18.73 ↔ 7.08)	-(29.31 ↔ 9.01)	tt
K ↔ Cl	tt	Tt	(36.64 ↔ 23.26)
Na ↔ Cl	(9.39 ↔ 17.78)	-(7.46 ↔ 18.32)	(8.50 ↔ 18.25)

Keterangan : tt = tidak terukur ; ↔ menunjukkan bahwa interaksi Terjalin dua arah

Interaksi Sinergis dalam proses metabolisme tidak selalu diawali dengan interaksi yang sama dalam proses pencernaan atau absorpsi. Sebagai contoh, Mg dan P saling menghambat absorpsinya, sedangkan Mg akan berikatan dengan Sulfat, sehingga sulit diabsorpsi, tetapi aktivitas Mg^{2+} sebagai aktivator enzim sintetase memerlukan partisipasi P dan S.

Antagonistik dua unsur dalam saluran pencernaan dapat saling menghambat proses absorpsi dan menghasilkan pengaruh yang berlawanan pada suatu fungsi biokimia di dalam organisme. Interaksi antagonis mungkin pula terjadi dengan mekanisme yang berbeda (Durand dan Kawashima, 1980). Antagonis merupakan proses interaksi biotik yang sangat kompleks dan hasilnya sulit diduga (Georgievskii, 1981). Walaupun neraca mineral merupakan resultanse proses pencernaan, penyerapan dan metabolisme, tetapi jumlah unsur yang terabsorpsi tidak selalu tercermin dalam neraca atau retensi dan tidak pula terdapat dalam urine (Fortenot *et al.*, 1973).

Dalam keadaan normal dan seimbang, antagonistik antar unsur-unsur tertentu dapat

dihindari. Sebaliknya, hubungan normal antar protein dan atau nutrien lain tidak seimbang. Vitamin D berpengaruh pada absorpsi Ca, P dan Mg, sedangkan lemak berperan pada absorpsi Mg dan Ca. Selain itu, mineral dapat membentuk ikatan dengan senyawa organik di dalam alat pencernaan.

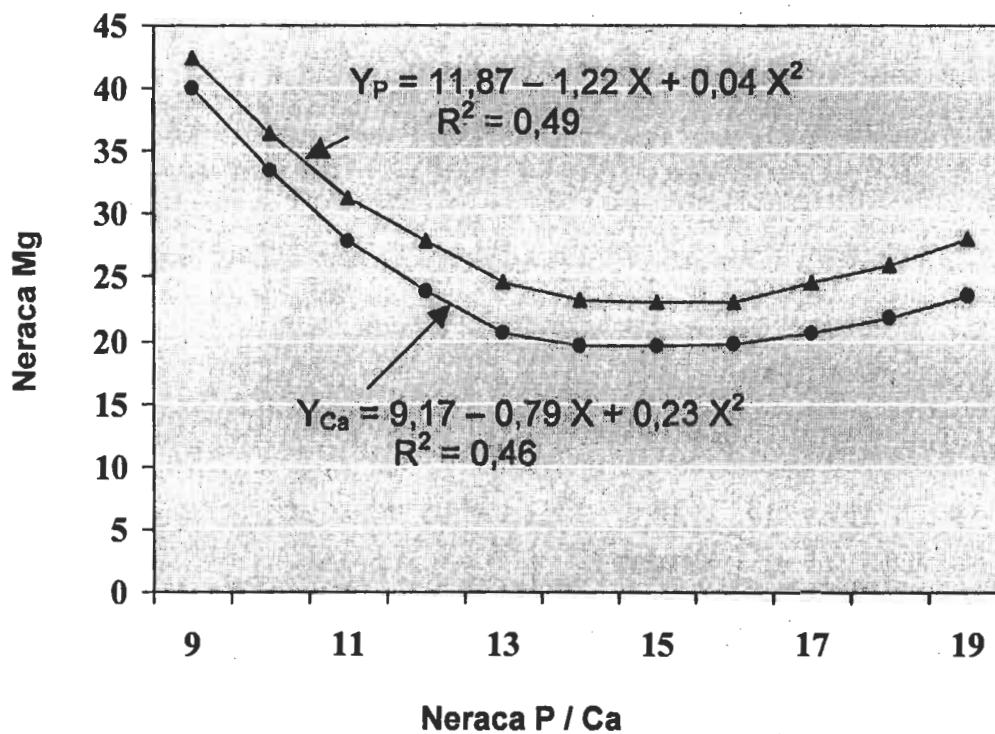
Besarnya neraca Ca dan atau bersama-sama dengan neraca P kurang begitu menentukan proses metabolisme Mg ($P < 0,05$). Keduanya menunjukkan pola kurva yang cenderung sama (Gambar 2) dengan R^2 yang relatif hampir sama pula (0,46 dan 0,49). Fenomena tersebut menunjukkan bahwa Ca maupun P mempunyai kekuatan yang relatif sama dalam mempengaruhi metabolisme Mg.

Interaksi antagonis P terhadap K mempunyai hubungan linier ($R^2 = 0,58$) yang hampir berimpit dengan kurva kuadratik ($R^2 = 0,58$) dan mempunyai keeratan hubungan yang sama ($r = 0,76$). Fenomena tersebut terlihat pada Gambar 3. Walaupun antagonistik Na terhadap P mempunyai pola hubungan yang sama dengan antagonistik P terhadap K, tetapi hubungannya sangat lemah ($R^2 = 0,08$ dan $r = 0,29$).

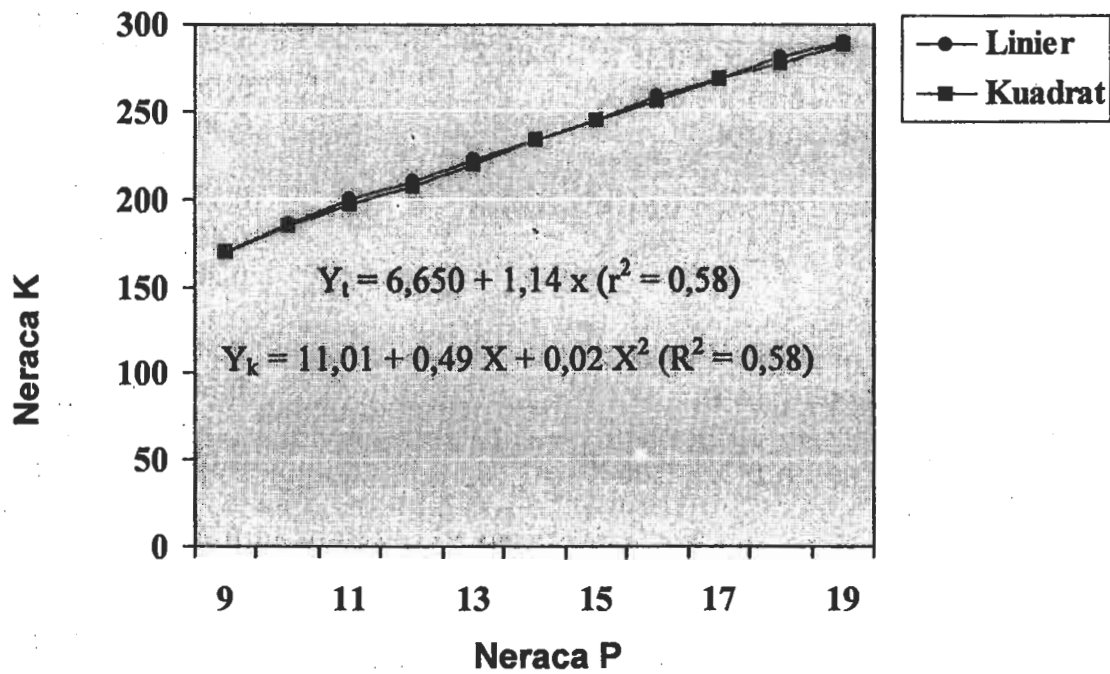
Tabel 6. Hubungan antara pasangan unsur-unsur mineral esensial yang berinteraksi antagonis

Peubah	Persamaan Garis	R ²	F
Ca → Mg	$Y = 29,86 - 5,39 X + 0,35 X^2 - 0,01 X^3$	0,54	3,2 ^{ns}
	$Y = 9,17 - 0,79 X + 0,02 X^2$	0,46	3,9 ^{ns}
	$Y = 4,53 - 0,12 X$	0,36	5,6*
P → Mg	$Y = 40,93 - 7,76 X + 0,51 X^2 - 0,01 X^3$	0,57	3,6 ^{ns}
	$Y = 11,87 - 1,22 X + 0,04 X^2$	0,49	4,3*
	$Y = 4,48 - 0,12 X$	0,30	4,4**
P → K	$Y = 11,01 + 0,49 X + 0,02 X^2$	0,58	6,1*
	$Y = 6,65 + 1,14 X$	0,58	13,6**
Na → P	$Y = 12,60 - 0,28 X + 0,06 X^2$	0,08	0,4 ^{ns}
N → S	$Y = 3,57 - 0,70 X + 0,06 X^2 - 0,001 X^3$	0,75	7,9**
	$Y = 1,90 + 0,41 X - 0,01 X^2$	0,70	9,9**

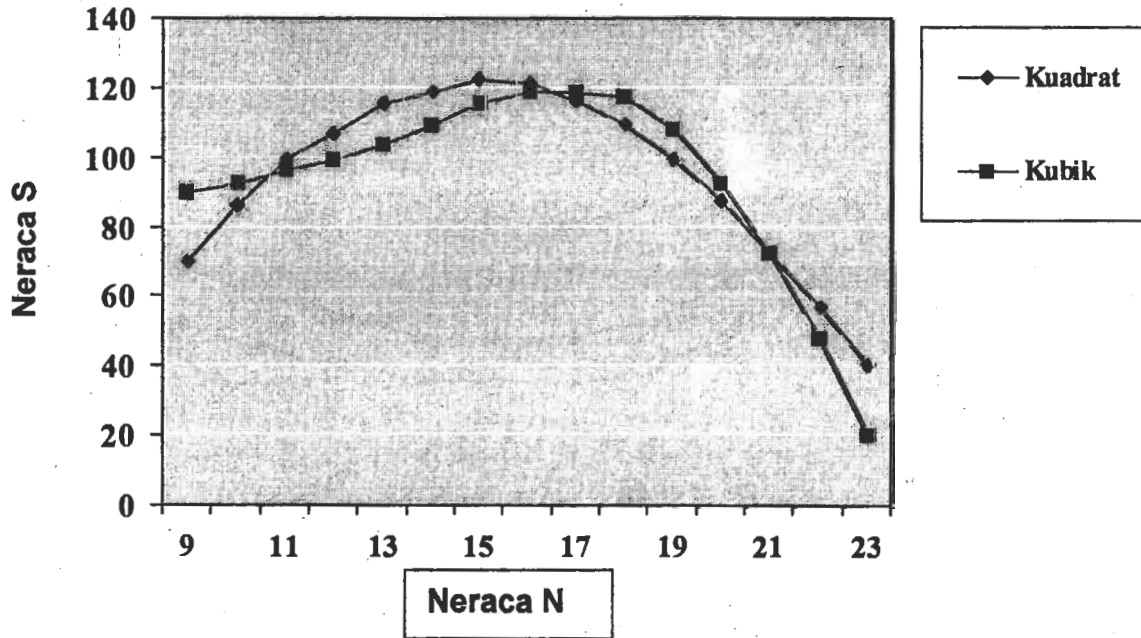
Keterangan : → menunjukkan arah pengaruh searah;
 ns = tidak nyata ; * nyata pada $P < 0.05$; ** nyata pada $P < 0.01$.



Gambar 2. Kurva hubungan antara neraca Ca dengan neraca Mg dan neraca P dengan neraca Mg



Gambar 3. Hubungan antara neraca P dengan neraca K pada sapi jantan fase tumbuh



Gambar 4. Kurva hubungan antara neraca N dengan neraca S pada sapi jantan fase tumbuh

Berbeda dengan antagonistik Na terhadap P maupun P terhadap K yang polanya sama yaitu kurva linier berhimpit dengan kurva kuadrater ($P > 0,05$) dan hubungannya lemah, antagonistik N terhadap S sangat jelas berbentuk kurva kuadrater ($P < 0,01$) dan hubungannya cukup kuat ($R^2 = 0,70$; $r = 0,83$), dengan mengikuti persamaan garis : $Y = -1,90 + 0,41 X - 0,01 X^2$. Fenomena tersebut terlihat pada Gambar 4.

Dari fenomena-fenomena tersebut menunjukkan bahwa interaksi antagonistik antara pasangan unsur-unsur yang berinteraksi sangat beragam dan sulit diduga. Mungkin saja antagonistik tersebut dipengaruhi oleh banyak faktor, yang sampai saat ini belum terdeteksi dengan jelas.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan sumber protein asal bahan limbah dapat memperbaiki neraca mineral esensial pada sapi jantan fase tumbuh. Di antara empat macam sumber protein yang diuji, penambahan kulit biji coklat dapat menghasilkan total neraca mineral yang paling tinggi, yaitu 116,06 g/ekor/hari. Interaksi sinergistik terkuat dicapai antara Ca <----> P, sedangkan interaksi antagonistik antara N ----> S.

Daftar Pustaka

- Comar, C.L. and F. Bronner. 1964. Mineral Metabolism. And Advanced Treatise. Vol. I. Principles, Processes and Systems. Academic Press. New York and London.
- Durand and R. Kawashima. 1980. Influence of Minerals in Rumen Microbial Digestion. In: Y. Ruckebusch and P. Thivend (Eds). Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants. Avi Publs. Co., Inc., Westport, Connecticut.
- Fortenot, J.P., M.B. Wise and K.E. Webb, Jr. 1973. Interrelationships of Potassium, Nitrogen and Magnesium in Ruminants. *Federation Proc.* 32: 1925-1928.
- Georgievskii, V.I. 1981. The Physiological Role of Macroelements. In: V.I. Georgievskii, B.N. Annenkov, and V.T. Samokhin (Eds). Mineral Nutrition of Animals, Butterworths. London.
- Gill, J.L. 1978. Design and Analysis of Experiments in the Animal and Medical Sciences. Vol. 2. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Larvor, P. 1983. The Pools of Cellular Nutrients : Minerals. In: P.M. Riis (Ed). Dynamic Biochemistry of Animal Production. Elsevier, Amsterdam.
- Suwandyastuti, SNO. 1982. Pengaruh Imbangan Energi - Protein, N-S dan Ca-P terhadap Inkorporasi 35S ke dalam Mikroba Rumen. Tesis. Fakultas Pascasarjana IPB. Bogor.
- Suwandyastuti, SNO. 1987. Peningkatan Mutu Jerami Padi Ditinjau dari Neraca Mineral Esensial pada Sapi Perah. *Disertasi*. Fakultas Pascasarjana IPB. Bogor.
- Suwandyastuti, SNO. 1996. Pengaruh Penambahan Energi, Sulfur dan Fosfor pada Jerami Padi terhadap Produk Metabolisme Rumen secara *in vitro*. *Laporan Penelitian*. Fakultas Peternakan UNSOED. Purwokerto.
- Suwandyastuti, SNO. 1998. Peranan Belerang dalam Proses Faali Nutrisi Pada Kambing. *Laporan Penelitian*. Fakultas Peternakan UNSOED. Purwokerto.
- Underwood, E.J. 1981. The Mineral Nutrition of Livestock. 2nd ed. C.A.B. London.