



Orasi Pengukuhan Profesor Riset
Bidang Patologi dan Toksikologi



MENYIASATI PERAN SUPLEMEN LOGAM DAN MINERAL TERHADAP KESEHATAN TERNAK MENUJU SWASEMBADA DAGING

Drh. Darmono, M.Sc



**Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian
Bogor, 4 Juni 2009**

636.2.033
DAR
m



BK017590



DEPTAN

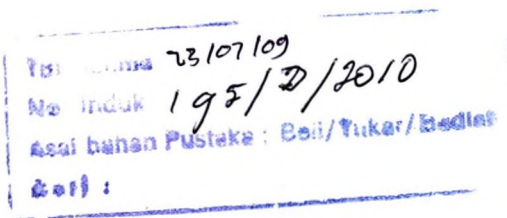
Orasi Pengukuhan Profesor Riset
Bidang Patologi dan



LIPI

MENYIASATI PERAN SUPLEMEN LOGAM DAN MINERAL TERHADAP KESEHATAN TERNAK MENUJU SWASEMBADA DAGING

Drh. Darmono, M.Sc



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian
Bogor, 4 Juni 2009

© Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
2009

ISBN 978-602-8218-08-5
Katalog dalam Terbitan (KDT)

Menyiasati Peran Suplemen Logam dan Mineral terhadap
Kesehatan Ternak Menuju Swasembada Daging/Darmono
ii+ 42 hlm; 14,5 x 20,2 cm

ISBN 978-602-8218-08-5

1. Suplemen 2. Logam 3. Kesehatan ternak

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jln. Ragunan 29 Pasarminggu, Jakarta Selatan
Telp. : 021-7806202
Faks. : 021-7800644
E-mail : kabadan@litbang.deptan.go.id



PRAKATA PENGUKUHAN

Assalamualaikum warohmatullahi wabarokatuh

Selamat pagi dan salam sejahtera untuk kita semua

Majelis Professor Riset dan hadirin yang saya muliakan,

Alhamdulillah, atas karunia dan ijin Allah SWT, kita dapat berkumpul bersama-sama di ruangan ini, dalam prosesi pengukuhan Profesor Riset atas diri saya selaku peneliti pada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, untuk bidang metal mineral toksikologi. Pada kesempatan yang berbahagia ini pula, perkenankanlah saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

MENYIASATI PERAN SUPLEMEN LOGAM DAN MINERAL TERHADAP KESEHATAN TERNAK MENUJU SWASEMBADA DAGING

Mineral merupakan salah satu nutrisi penting bagi kesehatan ternak dan manusia, yang menjadi pokok bahasan dalam orasi ilmiah ini. Dalam pemaparannya, orasi pengukuhan ini terdiri atas enam bab:

- I. Pendahuluan
- II. Peran Logam dan Mineral untuk Kesehatan Ternak
- III. Status Logam dan Mineral pada Ternak di Beberapa Lokasi di Indonesia
- IV. Peran Suplemen Logam dan Mineral dalam Meningkatkan Kesehatan ternak
- V. Strategi, Kebijakan, dan Program Pemanfaatan Logam, Mineral, dan Pencegahan Toksisitas
- VI. Kesimpulan dan Implikasi Kebijakan

PENDAHULUAN

Majelis Profesor Riset dan hadirin yang mulia,

Pengembangan ternak di masa mendatang bertujuan untuk mewujudkan peternakan yang modern, efisien, mandiri, kompetitif, berkelanjutan, dan mampu menggerakkan ekonomi rakyat, terutama di pedesaan. Selain itu, pembangunan peternakan ke depan diarahkan untuk meningkatkan produksi daging dalam upaya memantapkan ketahanan pangan nasional. Dengan demikian, pertumbuhan dan kesehatan ternak merupakan faktor penting dalam mewujudkan swasembada daging yang merupakan program utama pembangunan pertanian.

Salah satu bukti dari keberhasilan pembangunan nasional selama ini adalah meningkatnya pendapatan masyarakat. Hal ini berdampak terhadap perubahan pola konsumsi dari karbohidrat ke protein hewani, berupa daging, susu, dan telur sebagai sumber protein berkualitas tinggi. Perubahan pola konsumsi protein ini secara tidak langsung mendorong pertumbuhan, perkembangan otak, kesehatan tubuh, dan meningkatkan kecerdasan yang akhirnya berdampak terhadap peningkatan kualitas sumber daya manusia. Terkait dengan upaya peningkatan konsumsi protein hewani dipandang perlu meningkatkan produksi bahan pangan asal ternak berupa daging, susu, dan telur untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang jumlahnya terus meningkat dari tahun ke tahun.

Keberhasilan pembangunan juga mendorong perkembangan industri. Dalam beberapa kasus, aktivitas industri ternyata menimbulkan kontaminasi limbah berbahaya yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap perkembangan dan kesehatan ternak. Disadari bahwa bahan makanan asal hewani sangat

rentan terhadap kontaminasi mikrobiologik maupun unsur kimia beracun, termasuk logam berat. Bilamana tercemar oleh logam toksik seperti Hg, Pb, dan Cd, maka bahan makanan asal protein hewani tersebut tidak aman untuk dikonsumsi, karena mengganggu proses fisiologik tubuh. Bahkan logam esensial seperti Fe, Cu, dan Zn berpengaruh buruk bila kadarnya berlebihan dalam bahan makanan.

Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan berbagai teknologi penggunaan logam dan mineral serta pencegahan toksisitasnya terhadap ternak, sehingga dapat meningkatkan kesehatan dan produktivitas. Teknologi blok mineral, misalnya, mampu meningkatkan bobot badan ternak dan pemberian logam esensial berperan penting untuk mencegah toksisitas logam toksik. Bila diaplikasikan secara meluas maka teknologi hasil penelitian tersebut dapat meningkatkan kesehatan dan produksi ternak berupa daging, susu, dan telur.

Dalam kaitan inilah saya sebagai peneliti utama di bidang toksikologi ingin memberikan pandangan dan kontribusi dalam menyiasati peran suplemen logam dan mineral untuk meningkatkan kesehatan dan produktivitas ternak di Indonesia. Inovasi ini diharapkan mampu mendorong penyediaan pangan asal ternak berupa daging, susu, dan telur menuju swasembada pangan secara berkelanjutan.

PERAN LOGAM DAN MINERAL UNTUK KESEHATAN TERNAK

Majelis Profesor Riset dan hadirin yang terhormat,

Mineral berperan penting dalam memenuhi kebutuhan fisiologis ternak dan manusia, terutama mineral esensial makro

seperti Ca, Mg, Na, K, P, dan unsur mineral lainnya yang diperlukan dalam penyusunan struktur tubuh seperti tulang dan gigi. Unsur mikro seperti Fe, Cu, Zn, Mn, dan I berfungsi menjalankan aktivitas sistem enzim dan hormonal dalam tubuh. Unsur Ca, Mg, dan P sangat diperlukan oleh ternak untuk membangun tubuh dan pertumbuhannya. Unsur mikro esensial seperti Fe, Cu, I, dan Zn juga penting artinya dalam pembentukan darah dan sistem hormon yang tentu saja berhubungan erat dengan pertumbuhan ternak. Akan tetapi, mineral dapat pula bersifat toksik bila dikonsumsi secara berlebihan.

Unsur Fe diperlukan dalam pembentukan sel darah dan proses enzimatik dalam tubuh. Dari total kandungan Fe dalam tubuh, sebagian digunakan untuk proses metabolisme dan sebagian disimpan sebagai cadangan. Unsur Fe yang digunakan sebagai proses metabolisme untuk enzimatis dalam hemoglobin adalah 55% dan dalam mioglobin 15% (King, 2006). Dalam sistem fisiologi ternak, sebagian Fe dalam tubuh terikat erat dengan protein lain yang mengangkut Fe ke jaringan tubuh dan menyimpannya dalam bentuk ion Fe (III) yang stabil dan tidak terhidroksida. Bentuk Fe transferin yang berada dalam protein darah mempunyai dua ikatan kuat dalam bentuk Fe (III), yang terdiri atas dua kelompok tirosinat dan fenolat. Jika tempat ikatan tersebut mengikat Fe (II) maka daya ikatannya lemah. Transferin merupakan kelompok glikoprotein yang termasuk laktoferin (dalam air susu), konalbumin atau ovotransferin (dalam putih telur), dan transferin serum, dimana semua protein tersebut mengikat Fe (Brown *et al.*, 2004).

Tembaga (Cu) sangat diperlukan dalam proses metabolisme energi dalam sel, dan berperan penting dalam sistem transmisi impuls saraf, sistem kardiovaskuler, dan sistem kekebalan tubuh. Unsur Cu juga berperan dalam proses metabolisme estrogen dan diperlukan pula untuk kesuburan ternak betina dan

memelihara proses kehamilan. Mineral esensial lainnya seperti Zn sangat berperan dalam sistem enzim sebagai metaloenzim. Lebih dari 100 jenis metaloenzim mengikat Zn, termasuk enzim nicotinamid adenine dinukleotida dehydrogenase (NADH), RNA dan DNA polymerase, begitu juga enzim alkalin fosfatase, superoksid dismutase, dan karbonic anhidrase (Hougland *et al.*, 2005).

Mineral non-esensial seperti Cd, Pb, dan Hg termasuk logam toksik, yang dapat menyebabkan efek negatif pada ternak walaupun dikonsumsi dalam jumlah sedikit. Efek negatif tersebut berupa hambatan pertumbuhan, produktivitas, dan reproduktivitas, bahkan dapat menyebabkan kematian. Sapi dan domba yang mengkonsumsi rumput yang mengandung 5 mg Pb/kg berat kering tidak menimbulkan efek negatif. Domba betina bunting bila mengkonsumsi 30 mg Pb/kg/hari dalam jangka waktu lama akan menunjukkan gejala keracunan, terutama dalam kondisi kelaparan (Adamson, 1980). Kasus keracunan Pb pada sapi telah banyak dilaporkan, terutama pada sapi yang digembalakan di padang rumput bekas pertambangan. Keracunan Pb dilaporkan terjadi pada anak sapi yang sedang menyusui. Gejala keracunan juga terjadi pada sapi dewasa. Anak sapi dan sapi dewasa tersebut akhirnya mati mendadak (Wardrope dan Graham, 1982).

Rumput pakan ternak yang terkontaminasi Pb dari udara sering menyebabkan keracunan kronis. Rumput yang terkontaminasi cemaran limbah peleburan logam dan limbah baterai/aki sering menyebabkan toksisitas akut pada ternak. Pada ternak ruminansia, gejala khas keracunan Pb dapat berupa Gastro-enteritis dan anemia. Gastro-enteritis disebabkan oleh adanya reaksi saluran pencernaan karena iritasi garam Pb. Anemia disebabkan oleh Pb yang berikatan dengan erythrocyt sehingga sel darah mudah pecah (Baldwin dan Marshal, 1999).

Jika diperiksa sel darahnya terdapat stipel yang berwarna kebiruan (sel stipel) dan pada pemeriksaan radiologi terlihat adanya pematatan pada persambungan tulang lutut.

Logam berbahaya seperti Pb, Cd, dan Cr dapat mencemari bahan pangan asal ternak. Kandungan Pb yang tinggi dalam bahan pangan akan mengakibatkan terhambatnya sistem kekebalan konsumen (Darmono, 2007). Dilaporkan, bahan pangan yang berasal dari krupuk kulit sapi mengandung Pb dan Cr cukup tinggi dan melebihi batas yang direkomendasikan maksimum 2 mg/kg Pb dan 4 mg/kg Cr (Darmono *et al.*, 2008).

STATUS LOGAM DAN MINERAL PADA TERNAK DI BEBERAPA LOKASI DI INDONESIA

Majelis Professor Riset dan hadirin yang saya muliakan,

Penyakit defisiensi mineral serta toksisitas logam dan mineral adalah topik bahasan dalam bab ini.

Penyakit Defisiensi Mineral

Kasus penyakit defisiensi mineral esensial telah dilaporkan, baik di Jawa (Sutrisno *et al.*, 1983) maupun luar Jawa (Darmono dan Stoltz, 1988; Darmono dan Bahri, 1989). Kasus defisiensi mineral juga dilaporkan di beberapa negara Afrika (Damir *et al.*, 1988) dan Eropa (Sas, 1989). Ternak ruminansia seperti sapi, kerbau, kambing, dan domba yang hampir 100 persen pakannya berasal dari tanaman pakan ternak atau rumput akan mengalami defisiensi mineral, yang dapat mengakibatkan bobot badan, daya produksi, dan reproduksi menurun.

Dalam beberapa kasus ternak sapi di beberapa daerah transmigrasi di Kalimantan, terutama di daerah pesisir, menunjukkan gejala lambat berkembang, pertumbuhan ternak sangat buruk, kurus, mandul, dan bahkan banyak terjadi kematian. Setelah diperiksa ternyata dalam darah sebagian ternak tersebut ditemukan kandungan Cu dan Zn di bawah normal, masing-masing $<0,5$ ug Cu/ml dan $<0,4$ ug Zn/ml (Darmono dan Bahri, 1989). Kandungan mineral lainnya, yaitu Ca berada di bawah normal (<8 mg/100ml) pada 41,7% ternak dan rasio Na/K (<1) dalam saliva sekitar 59% (Darmono dan Bahri, 1990).

Di daerah yang agak jauh dari pantai terjadi hal sebaliknya, seiring dengan meningkatnya perkembangan biakan sapi yang dikirim dari Jawa. Bila dibandingkan pertumbuhan ternak sapi di daerah pesisir dan pedalaman ternyata status mineralnya sangat berbeda. Sapi di daerah pesisir mengalami defisiensi mineral (Darmono dan Bahri, 1990).

Kedua daerah tersebut ternyata memiliki kondisi tanah yang berbeda. Di daerah pesisir pantai yang mengalami defisiensi, tanahnya berpasir. Tanaman yang tumbuh di tanah tersebut tidak dapat menyerap unsur mineral, karena mineral langsung merembes ke dalam tanah yang lebih dalam, sehingga tanaman miskin unsur mineral.

Hasil penelitian terhadap ternak domba di Cirebon, Jawa Barat, menunjukkan kandungan Ca dalam darahnya di bawah normal (<8 mg/dl) pada 35% ternak pada akhir musim kemarau, defisiensi P (<4 mg/dl) pada 30% ternak, defisiensi Mg (1,8 mg/dl) pada 4% ternak, dan defisiensi Cu ($<0,05$ mg/dl) pada 39% ternak. Pengambilan serum pada pertengahan musim hujan menunjukkan bahwa domba tersebut kasus defisiensi mengalami penurunan pada beberapa jenis mineral, terutama P dan Mg. Hal ini menunjukkan bahwa kasus defisiensi mineral pada domba di Cirebon banyak terjadi pada musim kemarau (Darmono, 1989).

Kandungan mineral iodium dalam tanah dan tanaman juga dilaporkan rendah di Yogyakarta, yaitu di lereng Merapi dan Gunung Kidul. Hal tersebut mempengaruhi kandungan hormon triiodo tironin pada kambing di daerah tersebut, yang relatif rendah dibandingkan dengan daerah lain seperti Kulonprogo (Bahri dan Suwarno, 1986). Hormon tersebut berperan terhadap sistem metabolisme dan pertumbuhan. Kondisi ini menghambat pertumbuhan kambing di daerah tersebut. Terjadinya penyakit defisiensi mineral pada ternak bergantung pada lokasi dan manajemen pemeliharaan.

Toksisitas Logam dan Mineral

Timbal (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg) adalah logam non-esensial. Keberadaan ketiga logam tersebut di tubuh ternak banyak disebabkan oleh pencemaran pakan maupun minuman yang akan menimbulkan residu di dalam jaringan tubuhnya. Bilamana rumput pakan terkontaminasi oleh Pb dalam kadar yang cukup tinggi dapat menyebabkan terjadinya keracunan akut, dan anak sapi lebih peka daripada sapi dewasa (Fahy, 1987). Emisi Pb, Cd, dan Hg di udara terjadi karena proses industri yang menggunakan suhu tinggi, seperti pabrik besi, pembakaran sampah, industri semen, dan produksi penggunaan logam yang bersangkutan. Diperkirakan emisi logam berbahaya tersebut di udara mencapai puluhan ton tiap tahun. Pencemaran logam berbahaya pada rumput pakan ternak telah banyak dilaporkan, tingkat pencemarannya bergantung pada arah angin dan jarak pengambilan sampel dari sumber cemaran (Adamson, 1980; Darmono, 1994).

Emisi logam berbahaya tersebut setiap tahun selalu bertambah, baik kualitas dan kuantitas. Emisi Pb secara umum berasal dari buangan logam berbahaya dari industri besi dan baja yang mencapai 14.600 ton per tahun. Pabrik semen mengeluarkan 750 ton Pb per tahun. Secara keseluruhan,

buangan Pb dari industri peleburan logam, pembakaran sampah, industri semen, dan industri lainnya mencapai 18.150 ton per tahun. Emisi Cd dari industri tersebut mencapai 150 ton per tahun dan merkuri (Hg) 40 ton per tahun (Pacyna, 1986). Tingkat pencemaran dari logam tersebut akan meningkat setiap tahun seiring dengan perkembangan industri.

Kandungan Pb dan Zn dalam rumput yang tumbuh di sekitar pabrik semen di Kabupaten Bogor cukup tinggi, masing-masing 10,5 mg Pb/kg, dan 184 mg Zn/kg bobot kering. Kandungan kedua logam tersebut terutama ditemukan pada jarak satu kilometer dari pabrik. Kandungan Pb dan Zn dalam rumput yang jauh dari pabrik ternyata lebih rendah, masing-masing 6,18 mg Pb/kg dan 79,5 mg Zn/kg (Darmono, 1994). Hal ini menunjukkan debu yang terbuang ke udara makin sedikit di daerah yang jauh dari pabrik semen, sehingga tingkat pencemaran udaranya lebih rendah. Menurut Adamson (1980), kandungan Pb dalam rumput di daerah industri peleburan logam, selain bergantung pada jarak dari pabrik juga ditentukan oleh arah angin.

Unsur Hg banyak digunakan untuk bahan insektisida dan fungisida, sehingga peran logam ini dalam hal keracunan banyak dihubungkan dengan pengobatan penyakit kulit yang terinfeksi oleh jamur maupun kutu. Pengamatan pada suatu kelompok sapi yang menderita, mereka saling menjilat obat yang dioleskan (Irving dan Buttler, 1975).

PERAN SUPELEMEN LOGAM DAN MINERAL DALAM MENINGKATKAN KESEHATAN TERNAK

Majelis Profesor Riset dan hadirin yang saya hormati

Secara alamiah, mineral makro Ca, P, Mg, Na, dan mineral mikro Cu, Zn, Mn, Co, dan I selalu ada dalam tumbuhan atau

rumput pakan ternak. Kandungan mineral tersebut, apakah dapat mencukupi kebutuhan fisiologik ternak atau tidak, bergantung pada beberapa faktor. Faktor yang mempengaruhi status mineral pada ternak adalah sistem pemeliharaan, jenis tanah, dan derajat keasaman atau pH tanah.

Dalam manajemen pemeliharaan masih banyak ternak sapi atau kambing yang dilepas di padang penggembalaan, dengan cara dilepas pada pagi hari ke padang rumput dan sore hari dimasukkan ke kandang. Manajemen pemeliharaan yang demikian, ketersediaan pakan bergantung pada rumput yang ada, sehingga kualitas nutrisi pakan juga bergantung pada rumput dan hijauan yang tumbuh di padang penggembalaan dan jenis tanah di lokasi tersebut. Pada tanah yang miskin unsur mineral, tanaman pakan yang tumbuh juga mengandung mineral yang rendah. Pada tanah berpasir dan dieksploitasi secara terus-menerus akan terjadi penurunan kandungan mineral (Soepardi, 1982). Tingkat keasaman tanah juga sangat berpengaruh terhadap kesuburan dan kandungan mineral dalam hijauan pakan ternak. Pada tanah alkali yang ber-pH 8, tanaman mengalami defisiensi Fe, Mg, dan Zn, sedangkan pada tanah masam dengan pH 5 terjadi defisiensi tembaga (Gartenberg *et al.* (1990).

Ternak yang mengkonsumsi hijauan yang kekurangan mineral mengalami penyakit defisiensi mineral, dengan gejala sebagai berikut: penampilan reproduksi tidak normal, berkisar antara 20-75%, adanya retensi plasenta, pedet sapi yang lahir menjadi lemah sehingga angka kematian pedet tinggi. Penyakit lain yang timbul adalah pneumonia, diare, stomatitis, anoreksia, penurunan produksi susu pada sapi perah, dan gejala lain yang lebih parah adalah patah tulang, kulit kering, bersisik, dan tubuh ternak sangat kurus (Gartenberg *et al.* (1990).

Mengatasi Penyakit Defisiensi Mineral

Pengobatan penyakit defisiensi mineral dapat diupayakan dengan menambahkan mineral dalam pakan dan mengurangi interaksi antara unsur nutrisi lain dengan unsur nutrisi mineral. Oleh sebab itu perlu dilakukan diagnosis yang pasti tentang kandungan mineral darah ternak lebih awal untuk mencegah interaksi tersebut. Beberapa jenis mineral blok telah diproduksi secara komersial, tetapi apakah mineral blok tersebut sesuai dengan kebutuhan ternak perlu dikaji dan dianalisis terlebih dahulu.

Untuk pengobatan penyakit defisiensi mineral perlu pemberian sejumlah mineral tambahan berupa konsentrat maupun mineral blok dengan jumlah pemberian dua kali lebih banyak dari ternak yang menderita defisiensi dibanding ternak normal (McDowell, 1985). Untuk menentukan jumlah mineral yang perlu diberikan dilakukan perhitungan sebagai berikut: kandungan mineral dalam blok dikalikan dengan berat blok, kemudian dibagi dengan keperluan mineral per hari dari ternak, hasilnya adalah mineral yang diperlukan oleh ternak, tersedia dalam blok.

Dengan melakukan penelitian terhadap mineral blok pakan ternak dari produk yang berbeda dapat diperkirakan kecukupan kebutuhan mineral pada blok tersebut. Analisis terhadap dua mineral blok dari pabrik pakan yang berbeda memperlihatkan kandungan mineral berbeda dengan yang tertera dari kemasan produk. Pada mineral blok A, kandungan Ca hanya tersedia 22,3%, sedangkan pada mineral blok B tersedia 130% Ca. Sebaliknya, kandungan Na pada blok A mencapai 123%, sedangkan pada blok B hanya 15%. Kandungan mineral P, Mg, dan Zn dari kedua mineral blok tersebut tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan mineral ternak.

Pemberian mineral yang sesuai dalam blok pada sapi dapat meningkatkan selisih bobot badan sampai 370 g per hari daripada kelompok kontrol yang hanya 203 g per hari. Pada domba yang diberi blok, peningkatan selisih bobot badan 95 g per hari dan sementara yang tidak diberi blok hanya 73 g per hari. Di samping itu, ternak pada kelompok perlakuan blok lebih sehat daripada kontrol (Liu *et al.* 1995).

Pencegahan Toksisitas Logam Berat

Usaha pencegahan dan pengobatan toksisitas logam pada ternak belum banyak dilakukan, karena kasus toksisitas logam biasanya berjalan akut sehingga lambat terdeteksi. Namun, bila pakan terkontaminasi logam toksik dalam kadar yang relatif kecil, gejalanya pada ternak agak lama terlihat atau bersifat toksistas kronis. Dalam upayaantisipasi keracunan logam yang lebih luas pada ternak perlu dilakukan pengamatan terhadap lingkungan. Kondisi lingkungan yang menurun, baik udara, air, maupun rumput pakan yang selalu diberikan pada ternak setiap hari perlu diteliti. Bilamana suatu kawasan yang akan digunakan untuk industri perlu dipikirkan relokasi usaha peternakan dari daerah tersebut ke lokasi lain yang lebih aman dari pencemaran.

Jika pakan sudah terkontaminasi logam toksik, maka usaha pencegahannya agar tidak mengakibatkan gejala toksisitas pada ternak yang mengkonsumsinya adalah memberikan antidotum atau unsur tertentu yang dapat mengikat logam toksik tersebut, sehingga tidak diabsorpsi oleh dinding usus ternak dan segera diekskresi. Pemberian bahan pengikat logam tersebut dapat berupa protein, lemak, atau bahan lainnya yang dapat mengikat logam yang stabil. Pemberian khelat (pengikat logam) pada ternak tidak lazim, selain aplikasinya tidak mudah juga tidak menguntungkan dari segi ekonomi (Gossel and Bricker, 1984).

Daya racun logam dan mineral non-esensial dapat menurun atau meningkat oleh ada atau tidaknya logam esensial. Di samping adanya interaksi antara logam esensial dan non-esensial, di antara logam esensial juga terjadi suatu interaksi. Hal ini juga terjadi bila salah satu mineral esensial defisiensi dipengaruhi oleh naiknya kandungan beberapa unsur mineral esensial lainnya (antagonis). Pada kebanyakan kasus reaksi antagonisme antar-mineral tersebut, sejumlah unsur yang saling berinteraksi mempunyai sifat yang hampir sama, sehingga terjadi kompetisi dalam menduduki ikatannya dalam reseptor protein (Chowdhury dan Chandra, 1987).

Besi (Fe) dan Tembaga (Cu) mempunyai sifat yang sama dalam sistem pembentukan darah, dimana Fe sebagai pembentuk hemoglobin dan Cu pembentuk seruloplasmin. Bila ternak mengalami defisiensi Fe, maka absorpsi Cu akan meningkat, demikian juga absorpsi Pb non-esensial, sehingga ternak mengalami toksisitas Cu atau Pb (Chung *et al*, 2004).

Logam toksik seperti Cd, bila berlebihan dalam tubuh akan berkompetisi dengan Ca di dalam tulang. Kalsium dalam tulang akan terbongkar dan ikatannya digantikan oleh Cd, sehingga tulang menjadi rapuh, mudah patah, dan Ca dikeluarkan dari tubuh melalui ginjal yang berakibat terjadinya gagal ginjal yang disebut "Itai-itai disease" (Nogawa *et al.*, 1983). Hasil penelitian menemukan 23% sampel pakan ayam pedaging mengandung Cd yang melebihi batas rekomendasi ($>0,5$ mg/kg), sedangkan pada ayam petelur ditemukan 50% yang melebihi batas rekomendasi (Rachmawati *et al*, 1996). Penelitian pemberian pakan yang mengandung Cd pada ayam broiler menunjukkan Cd sangat menghambat pertumbuhan ayam. Hambatan tersebut dapat mencapai 50% dari kondisi normal pada pemberian 100 mg Cd/kg pakan (0,01%) dan 25% pada pemberian Cd 50 mg

Cd/kg pakan (0,005%) (Darmono *et al*, 1996). Toksisitas Cd juga dapat menghambat pertumbuhan ayam pedaging, tetapi pemberian Zn dapat mengurangi daya toksisitas Cd (Darmono *et al*, 2000).

Pemberian logam esensial untuk berinteraksi dengan logam toksik terlihat lebih prospektif dibanding pemberian agen khelat. Selain murah, hasilnya juga cukup menggembirakan. Pemberian Zn pada pakan yang terkontaminasi Cd dengan perbandingan 1:1 atau 1:2 dapat meningkatkan laju pertumbuhan ternak, walaupun masih di bawah kelompok kontrol (Darmono *et al*, 1996). Penelitian tersebut membuktikan bahwa Zn dapat meningkatkan kandungan Zn-thionein yang ikatan tersebut tadinya diambil alih oleh Cd sebagai Cd-thionein (Darmono *et al*, 2000).

STRATEGI, KEBIJAKAN, DAN PROGRAM PEMANFAATAN LOGAM, MINERAL, DAN PENCEGAHAN TOKSISITAS

Hadirin dan majelis professor riset yang saya hormati,

Kebijakan dalam program pemanfaatan logam dan mineral untuk kesehatan ternak harus diikuti oleh delienasi masalah dalam menentukan strategi tentang pengembangan dan prioritas. Bila ternak hanya dikandangkan dan diberi pakan hijauan saja dengan sistem *cut and carry*, maka perlu dilakukan analisis hijauan pakan yang diberikan. Di samping itu, status mineral dalam tubuh ternak juga perlu dianalisis, sehingga pemberian jenis mineral tambahan dapat disesuaikan dengan kebutuhan ternak.

Pakan ternak yang pada umumnya diberikan seadanya menurut bahan yang tersedia perlu dikaji ulang. Pemberian mineral blok yang secara komersial tersedia di pasaran perlu pula dianalisis kandungan mineral yang ada di dalamnya, apakah sesuai dengan kebutuhan ternak normal atau ternak yang mengalami defisiensi. Untuk itu diperlukan pembuatan mineral blok yang khusus ditujukan untuk ternak normal atau ternak yang mengalami defisiensi

Pemetaan daerah industri dan pertambangan yang masih digunakan untuk kawasan pengusahaan ternak harus dilakukan. Perlu identifikasi jenis logam yang mencemari pakan ternak dan air minum yang tercemar oleh logam berat. Pencemaran limbah dari industri dan pertambangan akan menimbulkan residu dalam jaringan tubuh ternak.

Ke depan, setiap usaha peternakan dengan sistem penggembalaan maupun dikandangkan disarankan memberikan suplemen mineral yang sesuai, baik dalam kondisi normal maupun defisiensi, sebagai landasan bagi pengembangan peternakan. Di samping itu perlu dikembangkan program penelitian mengenai pemberian suplemen mineral yang ideal sesuai kebutuhan ternak baik pada daerah yang berpotensi menimbulkan penyakit defisiensi maupun daerah normal, dan perlu dikembangkan penelitian dampak sosial ekonomi dari aspek pemberian suplemen mineral tersebut.

Perlu dilakukan analisis ekonomi terhadap pemberian mineral tambahan tersebut bagi peternak kecil maupun peternak yang sedang berkembang, sehingga program pemberian suplemen mineral dapat memberikan keuntungan bagi para peternak.

Dampak lingkungan terhadap pabrik atau industri yang berada dalam kawasan peternakan perlu pula dianalisis, sehingga dapat ditentukan kelayakannya bagi usaha peternakan.

Ke depan, jika akan mendirikan usaha peternakan, baik ternak ruminansia besar maupun kecil, atau peternakan unggas broiler maupun layer, perlu adanya konsultasi dengan pemerintah daerah setempat, terkait dengan ada tidaknya pembangunan industri di kawasan tersebut. Kalau di kawasan tersebut akan didirikan industri yang berpotensi terjadinya pencemaran logam berat, maka keinginan untuk membuka usaha peternakan di kawasan itu lebih baik diurungkan dan mencari lokasi baru bebas bebas dari pencemaran logam berat.

Bila dalam suatu kawasan telah didirikan usaha peternakan, maka izin untuk mendirikan industri yang berpotensi mencemari lingkungan di daerah tersebut perlu ditolak oleh pihak yang berwenang. Dengan demikian, usaha peternakan yang sudah berdiri tidak tergusur.

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

Hadirin dan majelis professor riset yang saya muliakan

Kesimpulan dan implikasi kebijakan yang dapat ditarik dari uraian tadi saya sampaikan berikut ini:

Kesimpulan

Mengingat pentingnya peranan logam dan mineral dalam tubuh ternak maka pemberian suplemen mineral tambahan sangat diperlukan sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan ternak ruminansia, baik ruminansia kecil maupun besar, yang diharapkan memberi dampak yang luas terhadap program swasembada daging.

Penambahan jumlah mineral dalam konsentrat maupun blok pakan harus sesuai dengan tujuan, apakah untuk ternak kondisi normal atau yang mengalami penyakit defisiensi mineral.

Perlu dilakukan analisis dampak lingkungan (AMDAL) terhadap pabrik atau industri yang berada dalam kawasan usaha peternakan, agar pengaruh pencemaran logam berat terhadap usaha peternakan dapat dikontrol dan diminimalisasi.

Dalam upaya pencegahan terjadinya kasus toksisitas logam, monitoring kualitas lingkungan juga perlu dilakukan dengan mengambil sampel air minum dan rumput pakan untuk dianalisis. Pemberian mineral esensial seperti Zn dalam pakan ternak yang dapat berkompetisi dalam ikatannya dengan enzim yang terikat logam toksik (Cd) yang mencemari pakan diperlukan agar efek toksik dari logam tersebut dapat ditekan dan bahkan ditiadakan.

Untuk mengetahui kontaminasi pakan oleh logam toksik perlu dilakukan analisis kandungan logam seperti Pb, Cd, dan Hg dalam pakan di laboratorium. Diagnosis terhadap toksisitas logam pada ternak perlu pula dilakukan, baik di laboratorium maupun di lapangan melalui pengamatan terhadap gejala yang terjadi.

Implikasi ke depan

Menyiasati pemberian suplemen pakan yang sesuai dan ideal untuk ternak perlu terus dilakukan, sehingga usaha peternakan perlu memikirkan kondisi nutrisi mineral dalam pakan dan evaluasi terhadap kandungan logam dan mineral dalam tubuh ternak itu sendiri. Di samping itu, lokasi usaha perlu dipikirkan secara matang untuk menghindari terjadinya toksisitas logam berat pada ternak yang dipelihara.

Secara keseluruhan, upaya yang diperlukan untuk menyiasati kesehatan ternak melalui pemanfaatan logam dan mineral untuk menunjang peningkatan produksi dan pencapaian program swasembada daging adalah melakukan diseminasi hasil penelitian evaluasi kondisi logam dan mineral dalam tubuh ternak dan pemberian suplemen dari unsur nutrisi tersebut sesuai dengan kebutuhan.

PENUTUP

Hadirin dan majelis professor riset yang saya muliakan

Sebagai penutup dari orasi ilmiah ini perkenankanlah saya mengemukakan sebuah motto:

“Makanan yang sehat akan menghasilkan badan dan jiwa yang sehat”

Kandungan mineral yang cukup dan seimbang, serta tidak terkontaminasi logam toksik dalam pakan akan meningkatkan produktivitas, kualitas, dan gizi ternak sehingga meningkatkan kesehatan tubuh konsumen.

Bahan pangan yang berasal dari ternak yang dipelihara dengan baik akan menghasilkan produk yang bebas dari logam yang berbahaya bagi konsumen. Mengkonsumsi produk ternak yang berkualitas tersebut secara tidak langsung akan meningkatkan kualitas sumber daya manusia menuju masa depan yang lebih baik.

Majelis dan hadirin yang saya muliakan

Saya menyadari orasi yang disampaikan ini masih memiliki kekurangan. Penelitian tentang toksisitas logam berat terus

berlanjut dan permasalahan timbul sesuai dengan perkembangan dan kemajuan zaman, terutama di era industrialisasi ini. Oleh karena itu, penemuan baru untuk mencegah maupun mengobati akibat dari keracunan logam berat dan usaha memenuhi kecukupan mineral bagi ternak akan terus berkelanjutan. Nantinya permasalahan toksisitas logam dan defisiensi mineral dapat dipecahkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Perkenankanlah saya menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih kepada: Bapak Menteri Pertanian, Kepala LIPI, dan para anggota Panitia Jabatan Peneliti Nasional dan Departemen Pertanian, atas kepercayaan yang diberikan kepada saya untuk mengemban tugas sebagai Professor Riset Bidang Toksikologi pada Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian.

Penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga saya sampaikan kepada ayahanda Hardjomartono (almarhum) dan ibunda Siti Awaliyah (almarhumah), yang telah membimbing, memelihara, mendidik saya sejak kecil hingga dewasa. Kepada kedua mertua saya, Dr. Ismu Sukanto Suwelo (alm) dan Ibu Rihardiani, saya sampaikan pula terima kasih.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Kepala Badan Litbang Pertanian, Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kepala Balai Besar Penelitian Veteriner, dan Dekan Fakultas Farmasi Universitas Pancasila, yang telah memberikan dorongan dan motivasi kepada saya untuk menyusun dan menyelesaikan orasi ilmiah ini.

Kepada Prof. Uka Kusnadi dan Prof. Budi Tangenjaya, serta Tim Evaluator Orasi Profesor Riset Badan Litbang Pertanian yang

terdiri atas Prof. Irsal Las, Prof. Subandrijo, Prof. Ika Mustika, dan Prof. Made Oka Adnyiana, yang telah memberikan masukan dalam penyusunan dan perbaikan naskah orasi ilmiah ini, saya sampaikan penghargaan dan terima kasih.

Rekan-rekan sekerja saya para peneliti bidang toksikologi pada Balai Besar Penelitian Veteriner yang telah bekerja sama dengan baik dan telah memberikan dukungan, saya ucapkan banyak terima kasih. Hal serupa saya sampaikan pula kepada Saudara Agus Safuan, teknisi penelitian yang telah banyak membantu saya dalam menganalisis logam berat di laboratorium.

Penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada istri dan anak tercinta, atas pengertian dan dukungan moral mereka, saya dapat menekuni profesi sebagai toksikolog dan mencapai jenjang tertinggi dalam bidang ini.

Terima kasih juga kami sampaikan kepada Panitia Orasi Pengukuhan Profesor Riset Badan Litbang Pertanian dan seluruh undangan, atas segala bantuan yang diberikan, acara ini dapat berjalan dengan baik dan lancar.

Jasa dan budi baik mereka kiranya mendapat imbalan yang setimpal dari Allah Yang Maha Esa, Pengasih, dan Penyayang.

Akhir kata, saya mohon maaf atas segala kesalahan dan kekhilafan, semoga Allah Subhana wataala melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayahnya kepada kita semua, Aamiin.

Wassalamu'alaikum warohmatullohi wabarakatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A.H. 1980. Lead and arsenic pollution of grass around smelter. Dalam: *Inorganic Pollution and Agriculture. Proc Conf Agric Fish Food*. London, Her Majesty St. Off. Pp 77-83.
- Bahri, S. dan Suwarsono 1986. Kadar hormone tiroksin (T4) dan triiodotironin (T3) kambing di daerah kekurangan iodium. *Penyakit Hewan* 18(31):68-70.
- Baldwin DR, WJ Marshall. 1999. Heavy metal poisoning and its laboratory investigation (review article). *Annals of Clinical Biochemistry*; 36: 267-300.
- Brown, J.X., P.D Buckett,., and M Wessling-Resnick,. 2004. Identification of small molecule inhibitors that distinguish between non-transferrin bound iron uptake and transferrin-mediated iron transport. *Chem. Biol.* 11: 407-416.
- Chowdhury, BA., and RK. Chandra 1987. Biological and health implication of toxic heavy metals and essential trace element interactions. *Progress in Food and Nutrition Sci.* 11:55-113.
- Chung, J., D.J Haile, and M.Wessling-Resnick, 2004. Ferroportin-1 is not upregulated in copper-deficient mice. *J. Nutr.* 134: 517-521.
- Damir, HA., MES. Barri, SM. El Hassan, MH. Tageldin, A. Wahbi, nad OF. Idris, 1988. Clinical zinc and copper deficiencies in cattle of Western Sudan. *Trop Anim Hlth Prod*, 20:52-56.
- Darmono 1995. Kandungan logam berat (Pb, Cd, Cu, Zn) pada pakan ternak yang tumbuh disekitar pabrik semen Kabupaten Bogor. *Proc: Seminar nasional teknologi veteriner untuk peningkatan kesehatan hewan dan pengamanan bahan pangan asal ternak*. Pp:391-395.

- Darmono, Romsyah Mariam dan Darminto, 2008. Residu beberapa jenis logam berat dalam bahan pangan asal kulit hewan. Proc;10th National Veterinary Scientific conference of Indonesian Veterinary Medical Association, 19-21 August 2008, pp:357-359.
- Darmono, S. Rachmawati, S. Bahri. A. Safuan dan Z. Arifin, 1996. Toksisitas kadmium terhadap pertumbuhan ayam broiler dan pengaruhnya terhadap pemberian seng. Proc: Temu Ilmiah Nasional Bidang Veteriner, Bogor 12-13 Maret 1996 (Bahri et al Ed). Balitvet Bogor, 1996 pp:269-271.
- Darmono and DR. Stoltz 1988. Potential mineral deficiency diseases of Indonesian ruminant livestock: zink. *Penyakit Hewan*, 20(35):42-46.
- Darmono dan S. Bahri 1989. Defisiensi tembaga dan seng pada sapi di daerah Transmigrasi Kalimantan Selatan *Penyakit Hewan* 21(39):121-126.
- Darmono 1989a. Status mineral pada domba di Cirebon dan hubungannya dengan penyakit defisiensi Bull FKH UGM 9(2):16-18.
- Darmono 1989b. Kandungan mineral pada pakan tambahan untuk mencegah penyakit defisiensi pada ternak ruminansia. Bull. FKH. UGM. 9(2):13-15.
- Darmono dan S. Bahri 1990. Defisiensi mineral pada ternak ruminansia di Indonesia: Natrium *Penyakit hewan*, 22(40):128-132.
- Darmono dan S. Bahri 1990. Status beberapa mineral makro (Na, K, Ca, Mg dan P) dalam saliva dan serum sapi di Kalimantan Selatan. *Penyakit Hewan*, 22(40):138-142.

- Darmono, Z. Arifin, MB. Purwadikarta, A. Safuan dan U. Waznah 2000. Konsentrasi metalotionein dalam hati ayam yang diberi pakan mengandung Cd. *JITV* 5(4): 250-254.
- Darmono 2001. Lingkungan hidup dan pencemaran, hubungannya dengan toksikologi senyawa logam, UI Press, Jakarta, 179 pp.
- Darmono 2007. Farmakologi dan Toksikologi sistem kekebalan, Pengaruh, penyebab dan akibatnya terhadap kesehatan tubuh, Penerbit UI Press, Jakarta.
- Gartenberg, PK., L.R. McDowell, D. Rodriguez, N. Wilkiinson, JH. Conrad, and FG. Martin. 1990. Evaluation of trace mineral status of ruminants in northeast Mexico. *Livestock Res. For rural Development*. 3(2):1-6.
- Gossel, TA and JD. Bricker 1984. Principles of Clinical Toxicology. New York: Raven Press.
- Harricharan H., J. Morris dan C. Devers 1988. Mineral content of Nome tropical forage legumes. *Trop Agric* (Trinidad) 65(2):132-136.
- Houglanld JL, AV Kravchuk, D Herschlag, JA Piccirilli 2005. Functional Identification of Catalytic Metal Ion Binding Sites within RNA. *PLoS Biol* 3(9): e277.
- King, MW. 2006. Clinical aspect of iron metabolism. *J. Med. Biochem*. 15(9):1-4.
- Koller, L.D. 1980. Immunotoxicology of heavy metals. *Int. J. Immunopharm*. 2:269-279.
- Little, D.A. 1986. The mineral content of ruminant feeds and the potential of mineral supplementation in South East Asia with

- particular reference to Indonesia. Ruminant Feeding Fibrous Agriculture Residues Res. Network, Dixon (Ed), Canberra, Australia, pp:77-86.
- Liu, JX., YM. Wu, XM. Dai, J. Yao, YY. Zhou, and YJ. Chen. 1995. The effects of urea-mineral blocks on the liveweight gain of local yellow cattle and goats in grazing conditions. *Livestock Res. For rural Development* 7(2):1-7.
- Mansjur, H. Djuned, T. Dhalika, L. Abdullah 2006. Konsentrasi K, Mg dan Fe hijauan rumput *Brachiaria humidicola* (Rende Schweich) pada metoda penanaman dan berbagai interval pemotongan *Jurnal Produksi Ternak* 8:34-43
- McDowell, LR. 1985. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm climates. Academic Press, Inc. Orlando, Florida.
- Montalvo MI, JV Veiga, LR. McDowell, WR. Acumpaugh dan GO. Mott 1987. Mineral content of dwarf *Penisetium purpureum* under grazing conditions. *Nut. Rep Int* 35(1):157-169.
- Nogawa, K., Y. Yamada, R. Honda, M. Ishizaki, I. Tsuritani, S. Kawano dan T. Kato 1983. The relationship between Itai-itai disease among inhabitants of the Jinzu river Basin and cadmium in rice. *Toxicol. Letters*. 17:263-266.
- Oskarsson, A., L. Jorhem, J. Sundberg, N.G. Nilsson and L. Albans 1992. Lead poisoning in cattle-transfer of lead to milk. *The Science of the Total Environment*. 111:83-94.
- Pacyna, J.M. 1987. Atmospheric emissions of arsenic, cadmium, lead and mercury from temperature processes in power generation and industry. Dalam: Lead, mercury and arsenic in the environment. Hutchinson and Mema (Ed). John Willey Sons Ltd. Pp: 119-149.

- Prabowo A., JE. Van Eys, IW. Matheus, M. Rangkuti dan WL. Johnson 1984. Studies on the mineral nutrition on sheep in West Java. Balitnak Bogor, pp25.
- Sas, B., 1989. Secondary copper deficiency in cattle by molybdenum contamination of fodder: a case history. *Vet Hum Toxicol* 31(1):29-33.
- Sjarif F. dan T. Juhaeti 2003. Potensi rumput-rumputan untuk fitoremediasi lahan terdegradasi penambangan emas. *Berita Biologi* 6(6):781-787.
- Soepardi G. 1982. The zinc status in Indonesian agriculture. *Contr. Centr. Res. Inst. Food Crops*, Bogor No 68:10-31.
- Stoltz DR., Darmono, Ismawan, Gunawan dan RB. Marshall 1985. Bovine copper deficiency in Indonesia. *Proc. 3rd Animal Sc. Congr. Asian-Australian Assoc. Animal Prod. Soc. Seoul* Vol 1:531-533.
- Sutrisno, CI, T. Sutardi dan HS. Sulistyono, 1983. Status mineral sapi potong di Jawa Tengah. *Proc Pertemuan Ilmiah Ruminansia Besar, Cisarua*, 1982.
- Underwood, E.J. 1977. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. Academic Press, New York.
- Wardrope, D.D. and J. Graham 1982. Lead mine waste: Hazards to livestock. *The Veterinary Record*. 13:457-459.
- Wilson, L. 1998. Nutritional Balancing and Hair Mineral Analysis, *Applied Nutrition and Bioenergetics* . 10:56-59.

LAMPIRAN 1

Tabel 1. Perkiraan emisi logam berbahaya di udara secara umum dalam ton/tahun.

Industri	Cd	Pb	Hg
1. Pabrik besi, baja dan fero aloi	60	14600	-
2. Pembakaran sampah	85	800	20
3. Produksi semen	15	750	-
4. Penggunaan logam yang bersangkutan ^{*)}	20	2000	20
Total	150	18210	40

^{*)} diluar pestisida

Sumber: Pacyna, 1986

Tabel 2. Kandungan rata-rata logam berat dalam rumput (ug/g, berat kering) menurut jarak pengambilan dari pabrik semen.

Jarak (km)	Pb	Cd	Cu	Zn
1	10,5	0,43	6,16	184,2
2	6,18	0,34	5,49	79,5
3	8,83	0,35	6,31	144,0

Sumber: Darmono(1994)

Tabel 3. Kebutuhan mineral sapi pada kondisi normal dan kondisi defisiensi/ hari.

Mineral dalam pakan	Kandungan dalam darah normal (mg/100 ml)	Pemberian pakan kondisi normal	Kandungan dalam darah defisiensi (mg/100 ml)	Pemberian pakan kondisi defisiensi
Ca (g/kg)	8-12	15	<8	30
Mg (g/kg)	1,8-3,1	0,40	<1,8	0,80
P (g/kg)	0,4 -0,6	10	<0,4	20
Cu (mg/kg)	0,06	5	<0,05	10
Zn (mg/kg)	0,08	25	<0,04	50

McDowell, 1985

Tabel 4. Kandungan beberapa macam mineral dalam blok A dan hasil analisis yang ditemukan dalam laboratorium.

Mineral	Kons (label) mg/kg	Konsentrasi (mg/kg berat basah)		
		Analisis laboratorium rata-rata (n=15)	Keperluan diet/hari	% dari diet tersedia dalam blok
Na	19660	246446	1400	123,20
Ca	7200	13733	4300	22,3
P	5670	1310	2400	3,8
Mg	15000	10151	1500	47,4
Cu	100	86	5	120,0
Zn	-	51	35	10,2

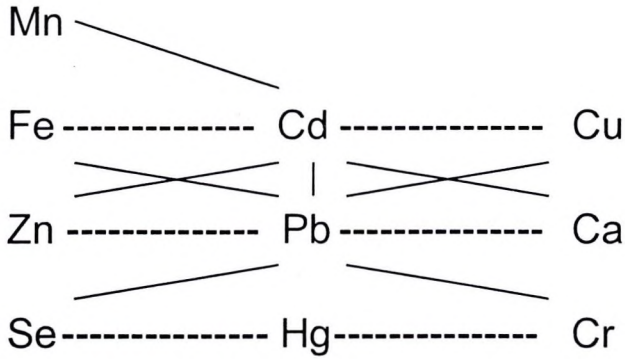
Darmono, 1989b

Tabel 5. Kandungan beberapa macam mineral dalam blok B dan hasil analisis yang ditemukan dalam laboratorium.

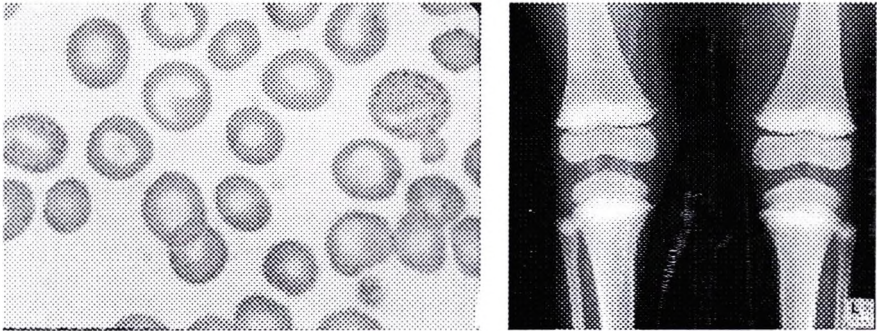
Mineral	Kons (label) mg/kg	Konsentrasi (mg/kg berat basah)		
		Analisis laboratorium rata-rata (n=15)	Keperluan diet/hari	% dari diet tersedia dalam blok
Na	24000	300	1400	15,0
Ca	270000	80000	4300	130,0
P	189000	18600	2400	54,2
Mg	12000	3200	1500	14,9
Cu	357	90	5	126,0
Zn	357	8	35	1,6

Darmono, 1989b

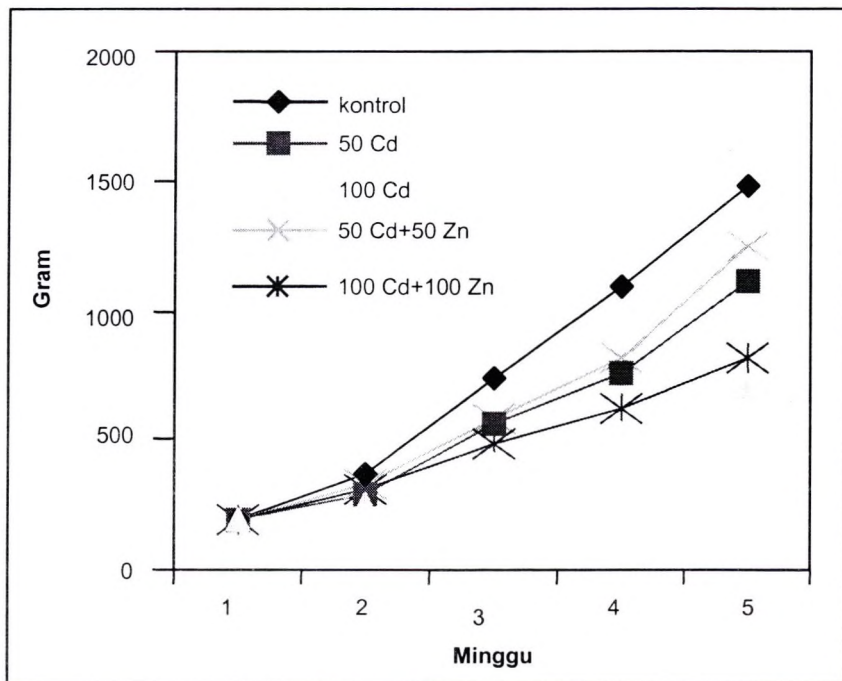
LAMPIRAN 2



Gambar 1. Hubungan interaksi antara logam/mineral dalam sistem biologik.



Gambar 2. Basofilik stipling pada sel darah merah (kiri) dan gambaran radiografi yang menunjukkan pepadatan putih pada daerah persambungan lutut (kanan), karena toksisitas Pb kronis.



Gambar 3. Pertumbuhan bobot badan ayam yang diberi perlakuan penambahan Cd dan Cd+Zn dalam pakan (mg/Kg berat pakan) selama 5 minggu (Darmono *et al*, 1996).

LAMPIRAN 3

Formulasi pemberian pakan mineral tambahan

$$\frac{A \times B}{C} \times 100\% = D$$

- A = Mineral yang ditemukan dalam blok (hasil analisis dalam mg/kg).
- B = berat blok yang dimakan ternak perhari (dengan asumsi 70g/hr/ekor)
- C = Keperluan mineral perhari secara normal pada ternak (McDowell, 1985)
- D = mineral yang diperlukan tersedia dalam blok (%)

Misalnya pada blok A (Tabel 4):

A = mineral yang ditemukan dalam blok Ca = 137333 mg/kg

C = keperluan mineral per hari Ca 4300 mg

Berat blok yang dimakan = 70 g

Maka % diet yang tersedia =

$$\begin{aligned} \frac{137333 \text{ mg/kg} \times 70}{4300 \text{ mg}} &= 2235,653 \text{ mg/kg} \\ &= 0,22356 \text{ g/100 g} \\ &= 0, \times 100\% = 22,3\% \end{aligned}$$

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

1. Darmono 1990. Budidaya Udang *Penaeus*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta, 101 hal.(buku).
2. Darmono 1993. Tatalaksana Usaha Sapi Kereman, Penerbit Kanisius, Yogyakarta, 99 hal.(buku).
3. Darmono 1995. Logam dalam sistem Biologi Makhluk Hidup, Penerbit UI Press, Jakarta, 109 hal.(buku).
4. Darmono 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran, Hubungannya dengan toksisitas senyawa Logam . Penerbit UI Press, Jakarta, 179 hal (buku).
5. Darmono 2005. Toksikologi Narkoba dan Alkohol, Pengaruh neurotoksisitasnya pada sistem saraf pusat, Penerbit UI Press, Jakarta, 117 hal.(buku).
6. Darmono 2007. Farmakologi dan Toksikologi sistem kekebalan, Pengaruh, penyebab dan akibatnya terhadap kesehatan tubuh, Penerbit UI Press, Jakarta.182 hal(buku).
7. Darmono 2009. Farmasi Forensik dan Toksikologi, Perannya dalam menyidik kasus tindak pidana kejahatan. Penerbit UI Press, Jakarta 190 hal. (buku)
8. Darmono, Beriajaya dan R. Soetedjo 1980. Masalah penyakit malaria pada ayam (*Plasmodium*) dan penelitian pendahuluan pengobatannya. Risalah (Proceedings) Seminar Penyakit Reproduksi dan Unggas, Tugu, Bogor 13-15 Maret 1980. Lembaga Penelitian Penyakit Hewan Bogor, Departemen Pertanian pp:229-236
9. Darmono, S. Partoutomo, Sukarsih dan R. Soetedjo 1982. Parasit darah pada ayam kampung di tiga kecamatan Kabupaten Bogor.Proceedings Seminar Penelitian Peternakan, Cisarua, 8-11 Pebruari 1982. pusat Penelitian

dan Pengembangan Peternakan, Departemen Pertanian, pp:518-521.

10. Darmono 1982. Persentase kejadian haemonchosis serta perbandingan jumlah cacing jantan dengan cacing betina *Haemonchus contortus* pada domba di rumah potong hewan Kodya Bogor. *Penyakit Hewan*. 15(24):43-46
11. Darmono 1983. Beberapa senyawa logam berat dan hubungannya dengan keracunan pada ternak . *Wartazoa* 1(1):49-52.
12. Darmono 1983. Paramphistomiasis pada sapi Bali II, Perubahan gambaran makroskopik dan histologik pada rumen. *Penyakit Hewan* 16(26):121-124
13. Darmono 1989. Kandungan mineral pada makanan tambahan untuk mencegah penyakit defisiensi pada ternak ruminansia Bull FKH UGM 9(2):13-15
14. Darmono 1989. Status mineral pada domba di Cirebon dan hubungannya dengan penyakit defisiensi Bull FKH UGM 9(2):16-18
15. Darmono 1995. Akumulasi Cd pada rumput pakan ternak (*Axonopsus compressus*) dan kemungkinannya sebagai indicator pencemaran logam Bull FKH UGM 14(1):1-9
16. Darmono, A. Safuan, Z. Arifin, Manuarly, F. Julianti, R. Aida, dan S. Bustami 1997. Pengaruh pemberian Pb asetat dalam air minum terhadap kandungan Pb dalam hati dan hubungannya dengan kandungan mineral esensial (Ca, Cu, Zn) dalam serum ayam broiler. *Proceeing Temu Ilmiah Peternakan dan Veteriner*. 1003- 1005.
17. Darmono 1998. Konsentrasi logam (Cu, Zn, Pb, Cd) dalam daging sapi dan hasil olahannya. *Prosiding Seminar Hasil Hasil Penelitian Veteriner, Bogor, 18-19 Pebruari 1998*.

18. Darmono 1999. Kadmium dalam lingkungan dan pengaruhnya terhadap kesehatan dan produktivitas ternak. *Wartazoa* 8(1):28-32
19. Darmono 1999. Interaksi logam toksik dengan logam esensial dalam sistem biologik dan pengaruhnya terhadap kesehatan. *Wartazoa*, 9(1):30-40
20. Darmono and DR. Stoltz 1987. Tissue Lead Levels in Indonesian Livestock, *Penyakit Hewan*, 19(33):41-41
21. Darmono and DR. Stoltz 1988. Potential mineral deficiency diseases of Indonesian ruminant livestock: zink. *Penyakit Hewan*, 20(35):42-46.
22. Darmono and JW. Steiner 1989. Analisis merkuri dengan menggunakan metode penguapan dingin (CVG) campuran larutan yang mengalir secara terus menerus. *Penyakit Hewan* 21(38):123-127
23. Darmono and P. Zahari 1989. Concentration of seven heavy metals in the kidney of cattle and buffaloes, and preliminary study of interaction between metals in the tissue. *Penyakit Hewan*, 21(37):68-71
24. Darmono dan A. Sudibjo 1990. Kandungan kalsium, magnesium dan tembaga dalam serum sapi penderita brucellosis di Indonesia. *Penyakit Hewan*, 22(39): 59-61
25. Darmono dan AJ. Wilson 1985. Tuberkulosis pada sapi: Gambaran histopatologi dan epidemiologi. *Penyakit Hewan*, 17(29):273-275
26. Darmono dan Hariyadi Mangunwiryono 1990. Penyakit non infeksius pada udang dan kemungkinan penyebab keracunan logam berat. Prosiding Seminar Nasional II Penyakit Ikan dan Udang, 16-18 Januari 1990, SEAMEO-BIOTROP, Bogor. Pp 87-93.

27. Darmono dan C. Arifin 1989. Kemungkinan kontaminasi dan pencemaran ikan serta organisme laut oleh logam berat. *Medika, Jurnal Kedokteran dan farmasi*. 11:991-995.
28. Darmono dan Darminto 2001. Permasalahan penyakit sebagai kendala usaha peternakan itik. Sebagai pemakalah utama pada lokakarya Unggas air, 6-7 Agustus 2001. Dalam Prosiding "Pengembangan agribisnis unggas air sebagai peluang usaha baru" hal 52-57.
29. Darmono, Z. Arifin, MB. Purwadikarta dan A. Safuan 2000. Pengaruh toksisitas kadmium kronis terhadap daya kekebalan ayam petelur dari virus ND (imunitas humoral). Laporan Teknis Penelitian, Balitvet, Bogor. 9 hal.
30. Darmono, TB. Murdiati, Z. Arifin, R. Firmansyah, A. Safuan, S. Sastrawihana dan Mihardja 2003. Pengaruh pemberian RBM (1,2 dan4) terhadap berat badan ayam broiler, tulang femur, kadar kalsium darah serta pelepasan gas amoniak dan H₂S pada manure. Laporan Penelitian kerjasama dengan swasta (Perusahaan pakan ternak), 18 hal.
31. Darmono dan S. Bahri 1990. Defisiensi mineral pada ternak ruminansia di Indonesia: Natrium *Penyakit hewan*, 22(40):128-132.
32. Darmono dan S. Bahri 1990. Status beberapa mineral makro (Na, K, Ca, Mg dan P) dalam saliva dan serum sapi di Kalimantan Selatan. *Penyakit Hewan*, 22(40):138-142.
33. Darmono, 1995. Kandungan logam berat (Pb, Cd, Cu, Zn) pada rumput pakan ternak yang tumbuh di sekitar pabrik semen di Kabupaten Bogor. Prosiding Seminar Nasional teknologi Veteriner untuk meningkatkan Kesehatan Hewan dan Pengamanan Bahan Pangan asal Ternak. Cisarua, Bogor, 22-24 Maret 1995.

34. Darmono, D., and GRW. Denton 1990. Heavy metal concentrations in the Banana Prawn *Penaeus merguensis*, and Leader Prawn *P. monodon*, in the Townsville Region of Australia , *Bull. Environm. Contamin. Toxicol.* 44 (3)479-486.
35. Darmono, D., GRW. Denton, RSF. Campbell 1990. The Pathology of cadmium and nickel in Banana Prawn (*Penaeus merguensis* de Man). *Asian Fisheries Science* 3:287-297.
36. Darmono, G. Adiwinata, M. Jayasasmita 1983. Paramphistomiasis pada sapi Bali I, Infeksi rata-rata Paramphistomum sp. pada siput sebagai inang antara. *Penyakit Hewan* 16(26)97-102.
37. Darmono, R. Soetedjo, S. Partoutomo, Sukarsih 1980. Morfologi cacing *Mecistocirrus digitatus* pada sapi dan kerbau *Bull LPPH* 12(20):21-28.
38. Darmono, R. Soetedjo, S. Partoutomo, Sukarsih 1980. Siklus hidup cacing *Mecistocirrus digitatus* pada sapi dan kerbau. *Bull LPPH* 12(20):13-20.
39. Darmono, S. Bahri, A. Safuan 1989. Defisiensi tembaga dan seng pada sapi di daerah Transmigrasi Kalimantan Selatan, *Penyakit Hewan* 21(38):128-131.
40. Darmono, S. Partoutomo, Sukarsih dan G. Adiwinata, 1982. Pengaruh pengobatan dengan kombinasi disophenol dan thebenzole terhadap cacing nematoda saluran pencernaan pada domba. *Penyakit Hewan.* 15(24):31-33.
41. Darmono, S. Bahri, Yuningsih, DR. Stoltz and P. Ronoharjo 1988. Mineral deficiency problems in Indonesian ruminant livestock. Asian Veterinary Association (FAVA) congress, Denpasar, Bali.

42. Darmono, TB. Murdiati, Yuningsih dan N. Ginting 1992. Analisis dampak lingkungan pada peternakan sapi perah di DKI Jakarta dan Jawa Timur: mineral, *Penyakit Hewan* 24(43A):61-65.
43. Darmono, Z. Arifin, MB. Purwadikarta, A. Safuan, U. Waznah 2000. Konsentrasi metalothionein dalam hati ayam yang diberi pakan mengandung kadmium (Cd). *JITV*, 5(4):250-254.
44. Darmono, D. 1990. Uptake of cadmium and nickel in Banana Prawn (*Penaeus merguensis* de Man). *Bull. Environm. Contamin. Toxicol.* 45(3):320-328.
45. Darmono 2007. Penyakit defisiensi mineral pada ternak ruminansia dan upaya pencegahannya *Jurnal Litbang Pertanian* 26(3):104-108.

PEMBICARA/KEYNOTE SPEAKER DALAM KEGIATAN ILMIAH/TULISAN DI MEDIA LAIN

1. Darmono, Beriajaya dan R. Soetedjo 1980. Masalah penyakit malaria pada ayam (*Plasmodium*) dan penelitian pendahuluan pengobatannya. Disampaikan pada Seminar Penyakit Reproduksi dan Unggas, Tugu, Bogor 13-15 Maret 1980.
2. Darmono, S. Partoutomo, Sukarsih dan R. Soetedjo 1982. Parasit darah pada ayam kampung di tiga kecamatan Kabupaten Bogor. Disampaikan pada Seminar Penelitian Peternakan, Cisarua, 8-11 Pebruari 1982.
3. Darmono, S. Bahri, Yuningsih, DR. Stoltz and P. Ronoharjo 1988. Mineral deficiency problems in Indonesian ruminant livestock. Disampaikan pada kongres Asian Veterinary Association (FAVA), Denpasar, Bali.

4. Darmono, D., GRW. Denton, RSF. Campbell 1990. The Pathology of cadmium and nickel in Banana Prawn (*Penaeus merguensis* de Man). Disampaikan pada Seminar Asian Fish health network meeting, Kuala Lumpur Malaysia, Februari 1989.
5. Darmono dan Hariyadi Mangunwiryono 1990. Penyakit non infeksius pada udang dan kemungkinan penyebab keracunan logam berat. Disampaikan pada Seminar Nasional II Penyakit Ikan dan Udang, 16-18 Januari 1990, SEAMEO-BIOTROP, Bogor
6. Darmono, 1994 Heavy metals concentrations in the grass which growth in along of highway in Bogor. Disampaikan pada Environmental Toxicology Congress, Universitas Satyawacana, Salatiga 1994.
7. Darmono, 1995. Kandungan logam berat (Pb, Cd, Cu, Zn) pada rumput pakan ternak yang tumbuh di sekitar pabrik semen di Kabupaten Bogor. Disampaikan pada Seminar Nasional teknologi Veteriner untuk meningkatkan Kesehatan Hewan dan Pengamanan Bahan Pangan asal Ternak. Cisarua, Bogor, 22-24 Maret 1995.
8. Darmono, A. Safuan, Z. Arifin, Manuarly, F. Julianti, R. Aida, dan S. Bustami 1997. Pengaruh pemberian Pb asetat dalam air minum terhadap kandungan Pb dalam hati dan hubungannya dengan kandungan mineral esensial (Ca, Cu, Zn) dalam serum ayam broiler. Disampaikan pada Temu Ilmiah Peternakan dan Veteriner. Cisarua Bogor.
9. Darmono dan Darminto 2001 Permasalahan penyakit sebagai kendala usaha peternakan itik. Disampaikan sebagai pemakalah utama pada lokakarya Unggas air, 6-7 Agustus 2001, Ciawi, Bogor.

10. Darmono 2008 Bahaya cemaran logam berat pada pangan asal hewan. Dipresentasikan pada “workshop, Apresiasi Pengawasan Keamanan Hayati” Pusat Informasi Keamanan Hayati, Badan Karantina Pertanian, Hotel Ibis, Yakarta Tgl. 10-12 Maret, 2008.
12. Darmono, Romsyah Mariam dan Darminto 2008 Residu beberapa jenis logam berat dalam bahan pangan asal kulit hewan. Dipresentasikan pada KIVNAS PDHI, 19-20 Agustus 2008, Bogor.

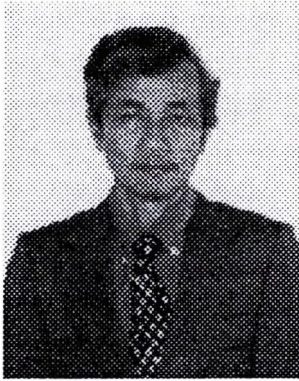
EDITOR MAJALAH/PROSIDINGS

1. Anggota Dewan Redaksi JITV(1999-2005).
2. Anggota Dewan Redaksi Jurnal Litbang Pertanian (2005-sekarang).
3. Ketua Dewan Redaksi Wartazoa (2009-sekarang).
4. Anggota tim makalah Panitia Temu Karya Ilmiah Litkayasa 1999.
5. Anggota tim makalah Panitia Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2003.
6. Anggota tim makalah Panitia Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2004.
7. Anggota tim makalah Panitia Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2006.
8. Anggota tim monitoring dan evaluasi penelitian balitvet 2000 sampai 2005.
9. Ketua seksi Makalah Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2007.

KEGIATAN LAIN/ORGANISASI PROFESI

1. Anggota Panitia Penilai Jabatan Penelitian tingkat puslit (P2JP), 1998 sampai sekarang.
2. Ketua Komisi Penilaian Karya Ilmiah Balitvet (KPKIB), 2001-2005.
3. Anggota Komite Perpustakaan Balitvet 1996.
4. Ketua Kelompok Peneliti Toksikologi Balitvet 1997-2001.
5. Anggota Tim Unit Komersialisasi Teknologi Balitvet 2004-2006.
6. Sekertaris merangkap Anggota tim penyusunan Rencana Strategis Penelitian (Renstra) untuk tahun 2005-2009.
7. Ketua Komisi Penelitian Balitvet (KPB), Januari-Maret, 2006.
8. Dosen Fakultas Farmasi, Universitas Pancasila, 2001 sampai Sekarang.
9. Anggota Perhimpunan Dokter Hewan Indonesia 1979-sekarang.
10. Anggota Himpunan Toksikologi Indonesia 1995- sekarang.
11. Anggota Panitia Komisi Pemilihan Kepala Daerah Jawa Barat (Pilkada Jabar) tgl 13 April 2008.

RIWAYAT HIDUP



Darmono dilahirkan di Pandean, Kota Madiun, Jawa Timur, pada 25 April 1950, putra dari Bapak Hardjomartono dan Ibu Siti Awaliah. Dari Sekolah Dasar (SR. Sleko A, 1963) melanjutkan pendidikan ke Sekolah Lanjutan Pertama (SMP) Negeri II (1966) dan Sekolah Lanjutan Atas (SMA) Negeri I (1969). Dari tahun 1970 melanjutkan kuliah di Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, dan mendapat gelar dokter hewan pada tahun 1977. Pada tahun 1985 mendapat beasiswa dari AIDAB Australia dan memperoleh gelar "Master of Science" (MSc.) pada tahun 1987 dalam bidang ilmu Toksikologi.

Mulai bekerja di Lembaga Penelitian Penyakit Hewan (LPPH) pada tahun 1978 di Bagian Parasitologi dan kemudian mendapat kesempatan pelatihan "Protozoologi" di "National Institute of Animal Health" (NIAH) selama 6 bulan, di Tsukuba Jepang atas biaya JICA pada tahun 1981. Pada tahun 1982 pindah ke Bagian "Patologi dan Toksikologi" Balai Penelitian Veteriner dan mendapat kesempatan pelatihan "Environmental Pollution Monitoring and Control" di "National University of Singapore" (NUS) selama 4 bulan atas biaya ARMP pada tahun 1993. Dari tahun 1982 sampai sekarang menekuni bidang Toksikologi di Balai Besar Penelitian Veteriner (BBalitvet) khususnya bidang metal-mineral Toksikologi.

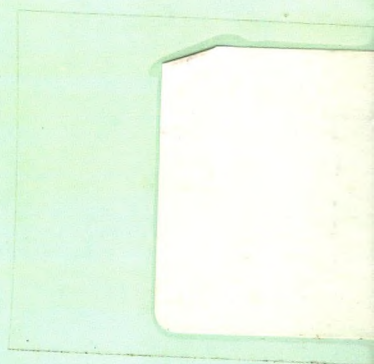
Menikah dengan Drh. Ismu Prastyawati Sukanto MSc., PhD. Pada tahun 1982 kini dikaruniai seorang putra, Drh. Iman Bayu Prakoso Darmono (24 tahun).

Jabatan fungsional dimulai dari asisten Peneliti Muda pada tahun 1979, Ajun Peneliti Muda tahun 1982, Ahli Peneliti Muda dan Ahli Peneliti Madya berturut turut dari tahun 1985, 1989, 1993 dan 1997. Jabatan Ahli Peneliti Utama (APU) diperoleh pada tahun 2000.

Selama menjadi peneliti di Balitvet telah menulis beberapa publikasi dalam jurnal ilmiah maupun populer. Enam buku telah ditulis dan diterbitkan oleh Kanisius Yogyakarta (2 buku) dan UI Press Jakarta (4 buku).

Di samping sebagai peneliti juga membimbing dan menguji skripsi S1 dan S2 di IPB, UI, UNPAD, ISTN, dan UP. Penulis juga menjadi dosen pada Fakultas Farmasi Universitas Pancasila, Jakarta, untuk mata kuliah pilihan "Farmasi Forensik dan Toksikologi" dan dosen pembimbing "Praktikum Farmakologi" dari tahun 2001 sampai sekarang.

Penulis aktif sebagai editor pada Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner (JITV) dari tahun 2001 sampai 2005, dan pada Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian dari tahun 2005 sampai sekarang. Di samping itu penulis juga menjadi anggota Panitia Penilai Jabatan Peneliti (P2JP) tingkat Puslitbang dari tahun 1998 sampai sekarang, ketua Komisi Penilaian Karya Ilmiah pada tahun 2001 sampai 2005 dan Ketua Komisi Penelitian Balitvet pada tahun 2006.



ISBN: 978-602-8218-08-5