

PERANAN NANO-MINERAL SEBAGAI BAHAN IMBUHAN PAKAN UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DAN KUALITAS PRODUK TERNAK

FRANS KURNIA¹, M. SUHARDIMAN¹, L. STEPHANI¹ dan T. PURWADARIA²

¹Fakultas Teknobiologi Unika Atma Jaya, Prodi Master Bioteknologi
Jl. Jend. Sudirman No 51 Jakarta

²Balai Penelitian Ternak, PO Box 221, Bogor 16002
tpurwadaria@yahoo.co.uk

(Makalah masuk 21 Mei 2012 – Diterima 22 Oktober 2012)

ABSTRAK

Perkembangan nanoteknologi dewasa ini telah merambah pada hampir semua bidang kehidupan. Pemanfaatannya dalam meningkatkan hasil produksi ternak dapat dilakukan melalui penggantian mineral anorganik konvensional yang biasa digunakan dengan mineral *nanoparticles*. Penggunaan *nanoparticles* kromium (Cr), selenium (Se), perak (Ag) dan tembaga (Cu) diketahui mempunyai potensi untuk meningkatkan hasil ternak. Walaupun demikian, aspek potensi risiko yang mungkin muncul berupa pengendapan mineral pada tubuh konsumen perlu dievaluasi. Penggunaan mineral *nanoparticles*, akan mempermudah penetrasi ke dalam sel dan diduga mungkin berpotensi negatif. Evaluasi penggunaan mineral *nanoparticles* pada ternak juga pada manusia masih dalam taraf pengembangan.

Kata kunci: Mineral *nanoparticles*, Cr, Se, Ag, Cu

ABSTRACT

ROLE OF NANOMINERALS AS FEED ADDITIVES TO ENHANCE ANIMAL PRODUCTIVITY AND QUALITY OF ANIMAL PRODUCTS

Currently nanotechnology has expanded to almost all areas of life. Improving livestock production can be done by utilization of nanoparticles-mineral replacing commonly used conventional mineral. Application of chromium (Cr), selenium (Se), silver (Ag) and copper (Cu) nanoparticles are reported to improve livestock production. However, the potential risk of nanoparticles-mineral application as mineral deposit in the body of consumers has to be evaluated. Nanoparticles-minerals that have smaller size are easier to penetrate the cells and it is suspected that it may give more negative risk. Evaluation of nanoparticles-minerals in the animal and human are still in progress.

Key words: Nanoparticle-minerals, Cr, Se, Ag, Cu

PENDAHULUAN

Nanoteknologi merupakan ilmu yang mempelajari mengenai struktur suatu materi yang berukuran nano (10^{-9} m). Sejak 1980an, nanoteknologi mulai berkembang dan memberikan dampak pada berbagai bidang kehidupan terutama pada bidang industri pangan, pakan serta pertanian (KUZMA, 2010).

Aplikasi nanoteknologi dalam pakan ternak meliputi penggunaan mineral esensial berukuran nano untuk meningkatkan efektivitas dari pakan ternak. Ukuran *nanoparticles* dapat memperluas area permukaan partikel sehingga memungkinkan terjadinya interaksi kimia yang lebih optimal dan mempermudah mineral dalam ukuran nano tersebut masuk ke dalam sel (WANG *et al.*, 2007, 2009; KUZMA, 2010).

Mineral esensial diperlukan untuk pertumbuhan serta perkembangan ternak. Cu, Se dan Cr merupakan contoh mineral yang termasuk elemen mikronutrisi yang diperlukan oleh ternak dalam jumlah kecil, dan umum dipakai pada pakan ternak. Unsur mineral tersebut berperan sebagai bahan imbuhan pakan yang secara umum berfungsi untuk memberikan nilai tambah pakan ternak (UNDERWOOD dan SUTTLE, 1999). Penelitian mengenai aplikasi nanoteknologi pada mineral esensial selain memberikan respon positif, ternyata juga menimbulkan reaksi yang negatif dari beberapa pihak, terutama pada badan pengawasan obat dan makanan Eropa, *European Food Safety Authority* (EFSA). Terdapat kekhawatiran bahwa penggunaan *nanoparticles* sebagai bahan tambahan pakan memiliki efek negatif pada manusia serta lingkungan (FOOD SAFETY AUTHORITY OF IRELAND, 2008).

Pada review ini, akan dibahas mengenai perbandingan efek dari penggunaan nano-mineral esensial pada pakan ternak terhadap mineral konvensional serta meninjau segi risiko yang ditimbulkan oleh produk nano-mineral tersebut.

NANO-MINERAL PADA PAKAN TERNAK

Nano-Cr

Cr merupakan salah satu mikromineral yang penting sebagai bahan pangan/pakan bagi manusia dan ternak. Penambahan Cr pada pakan ternak secara alami (non-nano) pada pakan umumnya dalam bentuk garam anorganik, CrCl_3 , dan dalam bentuk garam organik, Cr-pikolinat (CrPik), dan Cr-propionat (CrProp). Nano-Cr merupakan produk komposit dari CrCl_3 yang diproses dengan nanoteknologi sehingga menghasilkan ukuran partikel antara 40 – 70 nm. Penambahan Cr alami ke dalam pakan dilaporkan memiliki peran penting dalam metabolisme karbohidrat, yaitu sebagai komponen aktif dari *glucose tolerance factor* (GTF) yang meningkatkan kepekaan insulin serta berpengaruh dalam transpor glukosa dan asam amino (PECHOVA dan PAVLATA, 2007), meningkatkan produksi susu pada sapi perah (MUKTIANI, 2002), meningkatkan produksi NH_3 , VFA total, dan proporsi propionat dalam rumen (JAYANEGARA *et al.*, 2006). Amonia adalah sumber nitrogen yang utama dan sangat penting untuk sintesis protein mikroba rumen. Sekitar 80% mikroba rumen dapat menggunakan amonia sebagai sumber nitrogen untuk pertumbuhannya. Suplementasi Cr yang merupakan komponen aktif dari GTF meningkatkan kepekaan insulin dan berpengaruh dalam transpor glukosa menyebabkan glikolisis terjadi sehingga metabolisme mengarah ke peningkatan pasokan energi. Suplementasi Cr meningkatkan mikroba rumen yang menghasilkan enzim protease sehingga dapat meningkatkan proses pencernaan protein dan ditunjukkan dengan peningkatan konsentrasi amonia. Efektivitas dari penambahan Cr pada pakan dapat ditingkatkan lagi dengan pemberian dalam bentuk nano, dimana dengan dosis yang sama diperoleh kualitas ternak yang lebih baik pada suplementasi dengan nano-Cr. Efektivitas dalam hal ini dihubungkan dengan peningkatan daya penyerapan nano-Cr ini dalam tubuh ternak.

Beberapa peneliti melaporkan efek yang tidak konsisten pada pemberian Cr terhadap pertumbuhan dan karakteristik karkas pada babi (PECHOVA dan PAVLATA, 2007). Pada penelitian WANG *et al.* (2009), karakteristik karkas yaitu *lean ratio*, dan *logissimus muscle area* pada babi meningkat secara signifikan melalui suplementasi nano-Cr dibandingkan dengan pemberian Cr alami dan mineral organik (non-nano: CrCl_3 atau Cr-pikolinat) dalam jumlah pemberian yang

sama (200 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Penurunan rasio lemak punggung juga terlihat signifikan pada suplementasi nano-Cr. Efek dari suplementasi Cr terhadap serum metabolit mengindikasikan bahwa suplementasi nano-Cr berperan penting dalam metabolisme protein dan energi dimana nano-Cr memiliki efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan Cr alami (WANG *et al.*, 2009). Efikasi nano-Cr, menunjukkan bahwa nano-Cr merupakan bentuk yang lebih *bioavailable* dibandingkan dalam bentuk alaminya dan secara potensial dapat digunakan untuk meningkatkan efektivitas pada produksi ternak.

Nano-Se

Selenium (Se), dalam suplementasi pakan ternak dapat berupa garam anorganik (Na-selenit), dapat pula dalam bentuk organik (Se-sistein atau Se-metionin). Se organik dapat diperoleh dari sumber makanan yang hidup sedangkan Se anorganik (Se selenit atau Se-selenat) diperoleh dari sumber tidak hidup, umumnya dari tanah. Beberapa studi menyatakan Se dalam bentuk organik dapat diabsorpsi lebih mudah dibandingkan dengan Se anorganik (WEISS, 2003; QIN *et al.*, 2007). Serta Se organik memiliki toksisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan Se anorganik (DOUCHA *et al.*, 2009). Dosis toksisitas (LD50) Na-selenit pada ternak ruminansia 1,9 – 8,3 mg/kg bobot badan (NRC, 2005).

Mineral Se memiliki peran yang penting dalam nutrisi hewan. Se berperan dalam fungsi metabolisme, mencegah kerusakan oksidasi pada sel tubuh (NEVE, 2002). Defisiensi selenium pada hewan/ternak dewasa akan menyebabkan peningkatan penyakit infeksi, gangguan reproduksi, dan keguguran. Selain itu suplementasi Se dapat meningkatkan resistensi terhadap penyakit yang berhubungan dengan daya tahan tubuh dan radikal bebas seperti kanker pada hewan, serta meningkatkan kualitas nutrisi pakan dengan pemberian 0,1 mg/kg Se organik pada pakan babi.

Beberapa studi telah melaporkan tentang aplikasi nanoteknologi pada mineral selenium (NaHSeO_3 dalam ukuran nano). Efek dari suplementasi nano-Se ini dilaporkan dapat meningkatkan konsentrasi ruminal asam lemak mudah terbag (VFA), merubah pola fermentasi dalam rumen dari asetat menjadi propionat dan menstimulasi aktivitas mikrobial rumen. Degradasi protein kasar bungkil kedelai juga meningkat dengan suplementasi nano-Se pada domba (SHI *et al.*, 2011).

Efek suplementasi nano-Se (20 – 60 nm) memiliki bioavailabilitas yang hampir sama dengan selenomethionine dalam meningkatkan aktivitas GSH-Px dan tioreduksin reduktase yang berperan sebagai antioksidan, akan tetapi memiliki toksisitas yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan Se alami (ZHANG *et al.*, 2007). Perbandingan toksisitas suplementasi Se-

organik (SeMSC, Se-metilselenosistein pada kadar 8,7 – 27,5 mg Se/kg) dengan nano-Se (36,0 – 150,0 mg Se/kg) terhadap mortalitas tikus menunjukkan semakin tinggi dosis suplementasi kedua molekul, semakin tinggi persentase mortalitas. Walaupun demikian data menunjukkan bahwa nilai toksisitas nano-Se jauh lebih rendah daripada SeMSC yaitu persentase mortalitas pada kadar nano-Se 73,5 dan 150,0 mg Se/kg berturut-turut mencapai 20 dan 70%, sedangkan pada kadar SeMSC 11,6 dan 27,5 mg Se/kg berturut-turut mencapai 30 dan 100% (Tabel 1, ZHANG *et al.*, 2007). Rendahnya toksisitas dari suplementasi selenium dalam bentuk nano ini memberi nilai tambah bagi nano-Se dibandingkan dengan suplementasi selenium anorganik maupun organik. Data lain yang perlu dievaluasi adalah pada percobaan tidak dilakukan penentuan kadar Nano-Se yang tidak menunjukkan mortalitas. Data ini sebenarnya penting untuk mengevaluasi efek negatif nano-Se.

Efek suplementasi nano-Se dilaporkan pada ternak domba (SHI *et al.*, 2011). Pemberian nano-Se meningkatkan populasi mikroba rumen, daya cerna serat dan protein, serta kadar VFA. Mineral Selenium melindungi integritas mikroba rumen dari proses oksidasi radikal bebas sehingga aktivitas mikroba dalam menghasilkan enzim kompleks yang berguna untuk mencerna serat dan protein dalam ransum akan meningkat. Suplementasi nano-Se menyebabkan pola fermentasi dalam rumen berubah dari asetat menjadi propionat. Konsentrasi propionat ditemukan meningkat setelah suplementasi Se akan tetapi mekanisme secara tepat akan pola fermentasi ini belum diketahui. Hasil optimum performans dicapai pada kadar nano-Se 3 g/kg setara dengan kadar Se 3 mg/kg, yang lebih tinggi daripada batas kadar Se anorganik (Na-selenit atau Na-selenat) dan selenium organik pada domba yaitu 0,3 mg/kg (FDA, 2009).

Tabel 1. Efek toksisitas suplementasi Se-metilselenosistein (SeMSC) dan nano-Se pada tikus

SeMSC		Nano-Se	
Dosis (mg Se/kg)	Mortalitas %	Dosis (mg Se/kg)	Mortalitas %
27,5	100	150,0	70
15,5	60	73,5	20
11,6	30	51,5	20
8,7	0	36,0	10

Sumber: ZHANG *et al.* (2007)

Nano-Ag

Diantara berbagai manfaat kegunaannya, Ag lebih luas dikenal sebagai agen antimikroba dengan risiko toksik yang kecil, dan secara *in vitro* efektif untuk membunuh bakteri yang resisten antibiotik seperti *Staphylococcus aureus* 141960 yang tergolong resisten terhadap Methicillin (WRIGHT *et al.*, 1998) serta memiliki efek anti jamur pada *Candida albicans* (KIM *et al.*, 2009). Ag biasanya digunakan dalam bentuk garam, terutama dengan nitrat, sulfat atau klorida. Namun, ion Ag ini akan diubah menjadi kurang efektif saat di dalam perut atau di dalam aliran darah. Bahkan Ag NO₃ menjadi tidak stabil dan berpotensi meracuni jaringan (ATIYEH *et al.*, 2007).

Dalam bentuk *nanoparticles* (ukuran 5 – 100 nm), Ag menjadi lebih stabil terhadap pengaruh asam lambung, tidak bersifat toksik dan memiliki efek antimikroba yang lebih baik (CHOI *et al.*, 2008). LOK *et al.* (2006) melaporkan bahwa walaupun nano-Ag dan ion-Ag dalam Ag-nitrat memiliki mekanisme kerja yang sama, namun efektivitas konsentrasi yang diperlukan lebih baik pada bentuk nano-Ag.

YOON *et al.* (2007) melaporkan bahwa tingginya efek nano-Ag terhadap spesies *Bacillus subtilis* dibandingkan terhadap *Escherichia coli*, menunjukkan kemungkinan adanya akitivitas selektif terhadap bakteri Gram positif, dalam contoh kasus ini diwakili oleh *B. subtilis*. Perbedaan sensitivitas ini disebabkan oleh struktur utama membran luar sel bakteri Gram negatif yang didominasi oleh Lipopolisakarida, sehingga menjadi penghalang efektif masuknya *nanoparticles*. Menurut CHWALIBOG *et al.* (2010) ketika partikel nano-Ag melekat pada permukaan sel bakteri, nano-Ag akan merubah struktur dan permeabilitas sel, kemudian menekan aktivitas enzim yang terkait proses respirasi sel sehingga mengakibatkan kematian sel bakteri tersebut. Nano-Ag ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif dan negatif, walaupun sensitivitasnya berbeda. Terdapat kemungkinan partikel nano-Ag ini dapat melekat pada permukaan sel kedua jenis bakteri tersebut (KIM *et al.*, 2007).

Disamping potensi tersebut, diduga partikel Ag juga memiliki efek positif terhadap status fisiologis hewan, seperti status imunitas, aktivitas enzim pencernaan dan struktur saluran pencernaan. Hal ini didasarkan pada kesamaan sifat kimiawi dengan logam lain seperti Zn dan Cu yang memiliki karakter antimikroba (FONDEVILA, 2010). Penggunaan nano-Ag dalam penanganan luka diketahui berperan dalam pengaturan metaloproteinase, untuk mengurangi peradangan dan memicu proses apoptosis selular (WRIGHT *et al.*, 2002; WARRINER dan BURRELL, 2005).

FONDEVILA *et al.* (2009) melaporkan bahwa pemakaian nano-Ag sebanyak 20 dan 40 ppm pada babi, tidak mempengaruhi komposisi utama bakteri

ileum namun dapat menurunkan konsentrasi bakteri patogen *Clostridium perfringens*. Penambahan bobot badan harian pada babi yang diberi 20 ppm terlihat lebih baik dibandingkan dengan kontrol, walaupun tidak berbeda nyata.

Pemberian nano-Ag pada puyuh sebanyak 25 mg/kg mempengaruhi mikroflora pada sekum, populasi bakteri penghasil asam laktat nyata bertambah, sedangkan *Enterobacteriaceae* tidak berbeda nyata (Tabel 2), dan tidak menimbulkan kerusakan pada struktur villi usus (SAWOSZ *et al.*, 2007). Seperti diketahui, kelompok bakteri penghasil asam laktat banyak digunakan sebagai probiotik yang dapat meningkatkan kualitas ternak. Bakteri *Enterobacteriaceae* mewakili bakteri kontaminan yang dekat dengan bakteri patogen seperti *Salmonella* sp. PINEDA *et al.* (2010) melaporkan bahwa pemberian nano-Ag sebanyak 25 ppm meningkatkan energi metabolisme secara tidak nyata, juga tidak menekan pertumbuhan dari ayam broiler, tetapi meningkatkan FCR secara tak nyata. Dapat disimpulkan, penambahan nano-Ag ini tidak meningkatkan efisiensi pakan.

Tabel 2. Efek penambahan nano-Ag terhadap profil mikroba dalam sekum burung puyuh

Jenis mikroba	Jumlah koloni (Log. CFU/g)	
	Kontrol	Nano-Ag 25mg/kg
<i>Escherichia coli</i>	3,60	3,52
<i>Enterococcus faecium</i>	1,41	1,86
<i>Actinomyces naeslundii</i>	6,88	32,60
<i>Lactobacillus salivarius</i>	0,50	3,45
<i>L. fermentum</i>	0,50	13,90
<i>Leuconostoc lactis</i>	4,75	18,00

Sumber: SAWOSZ *et al.* (2007)

Tabel 3. Efek suplementasi CuSO₄ dan nano-Cu terhadap daya cerna babi

Pertumbuhan	Kontrol	CuSO ₄	Nano-Cu	SEM
Bobot badan awal (kg)	9,57	9,68	9,67	0,140
Bobot badan panen (kg)	39,00	39,73	40,50	0,720
PBBH (g)	626,17	639,36	655,96	0,390
Rasio konversi pakan	1,63	1,59	1,50	0,005
Konsumsi harian (kg)	0,94	1,07	1,04	0,008

Sumber: GONZALES-EGUIA *et al.* (2009)

Tabel 4. Efek CuSO₄ dan nano-Cu terhadap serum babi

Serum	Kontrol	CuSO ₄	Nano-Cu	SEM
IgG (mg/ml)	41,02	1,29	1,40	0,04
γ-globulin g/dL	1,17	4,34	4,55	0,01

Sumber: GONZALES-EGUIA *et al.* (2009)

Nano-Cu

Cu merupakan elemen mikro yang menjadi komponen beberapa enzim seperti sitokrom oksidase, yang diperlukan untuk pengangkutan elektron selama proses respirasi. Penambahan Cu pada pakan diketahui membantu pertumbuhan babi karena mempunyai sifat antimikroba (CROMWELL, 2001), meningkatkan kapasitas imunitas (DORTON *et al.*, 2003), meningkatkan tingkat kebuntingan pada inseminasi sapi yang disuplementasi Cu bersamaan dengan Mn dan Zn (AHOLA *et al.*, 2004) dan memiliki efek yang sama seperti pemicu pertumbuhan (*growth promoter*) pada ayam broiler (ZHANG *et al.*, 2009).

GONZALES-EGUIA *et al.* (2009) menunjukkan bahwa penambahan nano-Cu pada pakan babi memberi pengaruh signifikan yang lebih baik terhadap pertambahan bobot badan harian (PBBH), efisiensi pakan dan rataan konsumsi pakan dibandingkan dengan pemberian konvensional Cu (Tabel 3). Baik nano-Cu maupun CuSO₄ diberikan pada kadar 50 mg/kg. Peningkatan pertumbuhan ini mungkin akibat peningkatan energi hasil pencernaan. Dibandingkan dengan pemberian CuSO₄, nano-Cu menunjukkan efek lebih baik dalam meningkatkan taraf gamma-globulin dan IgG dalam serum (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa nano-Cu juga berperan dalam meningkatkan kapasitas imun.

RISIKO NANO-MINERAL PADA MANUSIA DAN LINGKUNGAN

Mineral merupakan salah satu unsur penting yang berpengaruh terhadap proses fisiologis suatu makhluk hidup, baik hewan maupun manusia. Mineral dapat dibagi menjadi mineral esensial dan non esensial.

Mineral esensial (Cu, Zn, Fe, Se, dan Ca) merupakan mineral yang memiliki peranan penting dalam proses fisiologis suatu makhluk hidup. Sedangkan mineral non esensial (Cd, Pb, dan Hg) merupakan mineral yang tidak berguna atau kegunaannya belum diketahui (ANGGORODI, 1980; UNDERWOOD dan SUTTLE, 1999).

Kekurangan ataupun kelebihan dari suatu unsur mineral dalam tubuh dapat menyebabkan dampak yang negatif. Umumnya, kekurangan (defisiensi) dari mineral esensial akan menyebabkan kelainan proses fisiologik. Defisiensi Cu terhadap kelainan perkembangan embrio (teratogenik) baik pada ternak (hewan) dan manusia dibahas dalam KEEN *et al.* (1988). Perkembangan tulang yang abnormal ditemukan pada defisiensi Cu di domba, sapi, dan ayam. Kelainan perkembangan paru juga ditemukan pada kelinci yang kekurangan Cu. Ibu yang sedang mengandung memerlukan Cu 1,5 – 3,0 mg/hari. Kekurangan Cu menimbulkan embryo yang abnormal, yang ditunjukkan dengan pembengkakan bagian otak belakang, blister, pendarahan, dan pembesaran vena anterior. Defisiensi Cu juga berkorelasi dengan ketersediaan Zn, pemberian Zn yang tinggi pada ibu hamil akan menginduksi kekurangan Cu (KEEN *et al.*, 1988).

Kelebihan mineral non esensial umumnya menyebabkan keracunan pada ternak/hewan. Jumlah mineral non-esensial yang relatif kecil dapat mengakibatkan kematian pada makhluk karena keracunan. Pada umumnya, mineral non-esensial ini didapatkan dari lingkungan. Mineral ini jumlahnya semakin meningkat seiring dengan peningkatan aktivitas industri di negara yang sedang berkembang. Karena sifat logam yang akumulatif maka logam berbahaya tersebut tertimbun di alam lingkungan dalam jumlah yang besar sehingga mengakibatkan terpaparnya hewan dan manusia oleh logam dalam lingkungan yang tercemar (DARMONO, 1999).

Interaksi antara mineral esensial dan non esensial menyebabkan terjadinya hambatan absorpsi atau penurunan fungsi dari logam esensial yang mengakibatkan gangguan metabolisme logam esensial tersebut. Logam toksik dapat menghambat absorpsi logam esensial dalam saluran pencernaan dan juga dapat mengambil alih ikatan logam esensial dalam enzim atau protein dalam sistem enzim. Sebagai akibatnya, hewan akan menderita penyakit defisiensi mineral esensial. Kehadiran mineral esensial dalam pakan sangat berguna untuk melindungi pengaruh toksik dari logam berat yang berbahaya tersebut. Penambahan mineral esensial diharapkan dapat mengobati toksisitas mineral non esensial tersebut (DARMONO, 1999). Substitusi pemberian mineral alami (molekul garam), molekul mineral organik atau nano-mineral menyebabkan kekurangan mineral dapat terpenuhi. Penambahan mineral organik terutama nano-

mineral dibandingkan dengan mineral alami lebih aman, karena ternak/manusia dapat tahan terhadap kadar yang lebih tinggi.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dijabarkan, diketahui bahwa nano-mineral memberikan dampak positif bagi peningkatan produksi ternak. Akan tetapi, dilain sisi, beberapa pihak memberikan respon yang negatif mengenai kekhawatiran efek negatif dari nano-mineral tersebut. Produk nano-mineral dikhawatirkan akan mengendap (terdeposit) pada bagian tubuh hewan ataupun hasil dari produknya dan pada akhirnya dikonsumsi oleh manusia (KUZMA, 2010). Telah diketahui bahwa nano-mineral dengan ukuran nanometer cenderung lebih mudah untuk memasuki dan berinteraksi dengan sel-sel lebih optimal. Karakteristik tersebut menjadi salah satu topik perdebatan bahwa nano-mineral akan berpindah ke manusia dan memberikan dampak yang negatif. Selain itu, hasil pengeluaran dari hewan/ternak yang diberi nano-mineral dikhawatirkan akan memberikan dampak negatif pula pada lingkungan sekitar (FOOD SAFETY AUTHORITY OF IRELAND, 2008).

Pengujian dugaan risiko dari nano-mineral perlu dilakukan untuk mendapatkan data apakah suatu nano-mineral memiliki efek negatif dalam suatu kondisi (dosis) tertentu. Umumnya uji dugaan risiko tersebut terdiri dari 4 tahapan, yaitu: *hazard identification*, *exposure assessment*, *hazard characterization* dan *risk identification* (identifikasi bahaya, evaluasi paparan, karakterisasi bahaya, dan identifikasi akibat). Akan tetapi, pengetahuan mengenai ketersediaan dari *nanoparticles* dalam tubuh ternak dan manusia, pengukuran kadar toksisitas dan kadar paparan masih belum terlalu banyak. Sehingga dugaan risiko terkadang sulit untuk dilakukan.

Pengaplikasian model dugaan risiko yang sudah ada dapat dilakukan untuk produk dari nanoteknologi, akan tetapi model tersebut perlu disesuaikan dan dimodifikasi sehingga dugaan risiko akan lebih meyakinkan (FOOD SAFETY AUTHORITY OF IRELAND, 2008).

KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa nano-mineral mempunyai potensi yang dapat dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas ternak dan kualitas hasil ternak. Pemberian nano-mineral esensial memiliki peranan penting dalam perkembangan hewan ternak, baik secara langsung untuk membantu proses fisiologis, dan secara tidak langsung dapat membantu mengurangi pengaruh negatif dari mineral non esensial. Dalam pengembangannya hal-hal yang berkaitan dengan kemungkinan munculnya potensi risiko negatif dari penggunaan partikel nano-mineral sebaiknya

diperhatikan. Risiko negatif pada ternak akan berakibat pada manusia yang menggunakan ternak sebagai sumber pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- AHOLA, J.K., D.S. BAKER, P.D. BURNS, R.G. MORTIMER, R.M. ENNS, J.C. WHITTIER, T.W. GEARY and T.E. ENGLE. 2004. Effect of copper, zinc, and manganese supplementation and source on reproduction, mineral status, and performance in grazing beef cattle over a two year period. *J. Anim. Sci.* 82: 2375 – 2383.
- ANGGORODI. 1980. Ilmu Makanan Ternak Umum. Gramedia, Jakarta.
- ATIYEH, B.S., M. COSTAGLIOLA, S.N. HAYEK and S.A. DIBO. 2007. Effect of silver on burn wound infection control and healing. *Review Burns* 33(2): 139 – 148.
- CHOI, O., K.K. DENG, N.J. KIM, L. ROSS, R.Y. SURAMPALLI and Z. HU. 2008. The inhibitory effects of silver nanoparticles, silver ion and silver chloride colloids on microbial growth. *Water Res.* 42: 3066 – 3074.
- CHWALIBOG, A., E. SAWOSZ, A. HOTOWY, J. SZELIGA, S. MITURA, K. MITURA, M. GRODZIK, P. ORLOWSKI and A. SOKOLOWSKA. 2010. Visualization of interaction between inorganic nanoparticles on bacteria or fungi. *Int. J. Nanomed.* 5 (1): 1085 – 1094.
- CROMWELL, G.L. 2001. Antimicrobial and pro microbial agent. *In: Swine Nutrition.* LEWIS, A.J. and L.L. SOUTHERN (Eds.). CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 401 – 406.
- DARMONO. 1999. Interaksi logam toksik dengan logam esensial dalam sistem biologik dan pengaruhnya terhadap kesehatan ternak. *Wartazoa* 9: 30 – 40.
- DOUCHA, J., K. LIVANSKY, V. KOTRBACEK and V. ZACHLEDER. 2009. Production of *Chlorella* biomass enriched by selenium and its use in animal nutrition: A review. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 83: 1001 – 1008.
- DORTON, K.L., T.E. ENGLE, D.W. HAMAR, P.D. SICILIANO and R.S. YEM. 2003. Effects of copper source and concentration on copper status and immune function in growing and finishing steers. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 110: 31 – 44.
- FDA. 2009. Selenium Regulations Finalized. <http://www.fda.gov/AnimalVeterinary/NewsEvents/CVMUpdates/ucm127822.htm> (11 April 2012).
- FOOD SAFETY AUTHORITY OF IRELAND. 2008. The Relevance for Food Safety of Applications of Nanotechnology in the Food and Feed Industries. Food Safety Authority of Ireland, Dublin. 83p.
- FONDEVILA, M. 2010. Potential Use of Silver Nanoparticles as an Additive in Animal Feeding, Silver Nanoparticles, David Pozo Perez (Ed.), ISBN: 978-953-307-028-5, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/silver-nanoparticles/potential-use-of-silver-nanoparticles-as-an-additive-in-animal-feeding>.
- FONDEVILA, M., R. HERRER, C. CASALLA, L. ABECIA, and J.J. DUCHA. 2009. Silver nanoparticles as a potential antimicrobial additive for weaned pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 150 (3 – 4): 259 – 269.
- GONZALES-EGUIA, A., C.M. FU, F.Y. LU and T.F. LIEN. 2009. Effects on nanocopper on copper availability and nutrients digestibility, growth performance and serum traits of piglets. *Livest. Sci.* 126: 122 – 129.
- JAYANEGARA, A., A.S. TAJKRADIDJADJA dan T. SUTARDI. 2006. Fermentabilitas dan pencernaan *in vitro* ransum limbah agroindustri yang disuplementasi kromium anorganik dan organik. *Media Petern.* 29: 54 – 62.
- KEEN, C.L., J.Y. URIU-HARE, S.N. HAWK, M.A. JANKOWSKI, G.P. DASTON, C.L. KWIK-URIBE and R.B. RUCKER. 1998. Effect of copper deficiency on prenatal development and pregnancy outcome. *Am. J. Clin. Nutr.* 67(suppl):1003S – 11S.
- KIM, J.S., E. KUK, K.N. YU, J.H. KIM, S.J. PARK, H.J. LEE, S.H. KIM, Y.K. PARK, Y.H. PARK, C.Y. HWANG, Y.K. KIM, Y.S. LEE, D.H. JEONG and M.H. CHO. 2007. Antimicrobials effects of silver nano-particles. *Nanomed. Nanotechnol. Biol. Med.* 3: 95 – 101.
- KIM, K.J., W.S. SUNG, B.K. SUH, S.K. MOON, J.S. CHOI, J.G. KIM and D.G. LEE. 2009. Antifungal activity and mode of action of silver nano-particles on *Candida albicans*. *Biometals* 22: 235 – 242.
- KUZMA, J. 2010. Nanotechnology in animal production-upstream assessment of applications. *Livest. Sci.* 130: 14 – 24.
- LOK, C.C., C.M. HO, R. CHEN, Q.Y. HE, W.Y. YU, H. SUN, P.K.H. TAM, J.F. CHIU and C.M. CHE. 2006. Proteomic analysis of the mode of antibacterial action of silver nanoparticles. *J. Proteome Res.* 5: 916 – 924.
- MUKTIANI, A. 2002. Penggunaan Hidrolisat Bulu Ayam dan Sorgum serta Suplemen Kromium Organik untuk Meningkatkan Produksi Susu pada Sapi Perah. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- NEVE, J. 2002. Selenium as a “nutraceutical”: How to conciliate physiological and supra nutritional effects for an essential trace element. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 5: 659–663.
- NRC. 2005. Mineral Tolerance of Animals. Vol 2nd Ed. Natl. Acad. Press. Washington, DC.
- PECHOVA, A. and L. PAVLATA. 2007. Chromium as an essential nutrient: A review. *Vet. Med.* 52: 1 – 18.
- PINEDA L., A. CHWALIBOG, E. SAWOSZ, A. HOTOWY, F. SAWOSZ, J. ELNIF and A.ALI. 2010. Nanoparticles of silver in broiler production: Effects on energy metabolism and growth performance. *In: Energy and Protein Metabolism and Nutrition.* MATTEO CROVETTO, G. (Ed.). Wageningen Academic Publisher. pp. 407 – 408.

- QIN, S., J. GAO and K. HUANG. 2007. Effects of different selenium sources on tissue selenium concentrations, blood GSH-Px activities and plasma interleukin levels in finishing lambs. *Biol. Trace Elem. Res.* 116: 91–102.
- SAWOSZ, E., M. BINEK, M. GRODZIK, M. ZIELINSKA, P. SYSA, M. SZMIDT, T. NIEMEC and A. CHWALIBOG. 2007. Influence of hydrocolloidal silver nanoparticles on gastrointestinal microflora and morphology of enterocytes of quails. *Arch. Anim. Nutr.* 61: 444 – 451.
- SHI, L. W. XUN, W. YUE, C. ZHANG, Y. REN, Q. LIU, Q. WANG. 2011. Effect of elemental nano-selenium on feed digestibility, rumen fermentation, and purine derivatives in sheep. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 163: 136 – 142.
- UNDERWOOD, E.J. and N.F. SUTTLE. 1999. *The Mineral Nutrition of Livestock*. 3rd Ed. CABI publishing. 614 p.
- WANG, M.Q., Y.D. HEL, M.D. LINDEMANN and Z.G. JIANG. 2009. Efficacy of Cr (III) Supplementation on growth, carcass composition, blood metabolites, and endocrine parameters in finishing pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22: 1414 – 1419.
- WANG, M.Q., Z.R. XU, L.Y. ZHA and M.D. LINDEMANN. 2007. Effects of chromium nanocomposite supplementation on blood metabolites, endocrine parameters and immune traits in finishing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 139: 69 – 80.
- WARRINER, R. and R. E.BURRELL. 2005. Infection and the chronic wound: focus on silver. *Adv. Skin Wound Care* 18: 2 – 12.
- WEISS, W.P. 2003. Selenium nutrition of dairy cows: comparing responses to organic and inorganic selenium forms. *Pros. Alltech's 19th Annual Symposium*. pp. 333 – 343.
- WRIGHT, J.B., K. LAM and R.E.BURRELL. 1998. Wound management in an era of increasing bacterial antibiotic resistance: A role for topical silver treatment. *Am. J. Infect. Control* 26: 572 – 577.
- WRIGHT, J.B., K. LAM, A.G. BURET, M.E. OLSON and R.E. BURRELL. 2002. Early healing events in a porcine model of contaminated wounds effects of nanocrystalline silver on matrix metalloproteinases, cell apoptosis and healing. *Wound Repair Regen.* 10: 141 – 151.
- YOON, K.Y., J.H. BYEON, J. H. PARK and J. HWANG. 2007. Susceptibility contrasts of *Eschericia coli* and *Bacillus subtilis* to silver and copper nanoparticles. *Sci. Total Environ.* 373: 572 – 575.
- ZHANG, J., X. WANG and T. WU. 2007. Elemental selenium at nano size (nano-Se) as a potential chemopreventive agent with reduced risk of selenium toxicity: comparison with Se methylselenocysteine in mice. *Toxicol. Sci.* 101: 22 – 31.
- ZHANG, X.Q, K.Y. ZHANG, X.M. DING and S.P. BAI. 2009. Effects of dietary supplementation with copper sulfate or tribasic copper chloride on carcass characteristics, tissular nutrients deposition and oxidation in broilers. *Pak. J. Nutr.* 8: 1114 – 1119.