

Peran Makromineral pada Reproduksi Ruminansia

The Role of Macrominerals on Ruminants Reproduction

Yanuartono, Alfarisa Nururrozi, Soedarmanto, Indarjulianto, Hary Purnamaningsih

Departemen Ilmu Penyakit Dalam, Fakultas Kedokteran, Hewan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
 Jl. Fauna No.2, Karangmalang, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281
 Email : yanuartono20@yahoo.com

Abstract

Macromineral is one component of a nutrient that has an important role in the growth, health, production, reproduction and immune system of animals. Ruminants need makromineral such as Ca, P, Mg, K, Na, Cl and S. Mineral needs of ruminant affected by several factors such as their age, pregnancy and lactation status. Mineral deficiency can cause disturbances in reproduction ruminant. Ca and P have direct influence while Mg, K, Na, Cl and S acted indirectly on reproductive function. A complete understanding of the role macromineral on ruminant reproductive function is indispensable for the prevention of their reproductive disorders due to improper feeding minerals.

Keywords : macromineral, mineral deficiency, reproductive disorders

Abstrak

Makromineral adalah salah satu komponen nutrisi yang memiliki peran penting dalam pertumbuhan, kesehatan, produksi, reproduksi dan kekebalan tubuh hewan. Ruminansia membutuhkan makromineral seperti kalsium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), kalium (K), natrium (Na), klorida (Cl) dan sulfur (S). Kebutuhan mineral ruminansia dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti umur, status kebuntingan dan status laktasi. Defisiensi mineral dapat mengakibatkan gangguan pada reproduksi ruminansia. Kalsium dan P berpengaruh langsung, sedangkan Mg, K, Na, Cl dan S berpengaruh secara tidak langsung terhadap fungsi reproduksi. Pemahaman yang menyeluruh tentang peran makromineral terhadap fungsi reproduksi ruminansia sangat diperlukan guna pencegahan munculnya gangguan reproduksi akibat pemberian mineral yang kurang tepat.

Kata kunci : makromineral, defisiensi mineral, gangguan reproduksi

Pendahuluan

Mineral adalah salah satu komponen nutrisi yang memiliki peran penting dalam pertumbuhan, kesehatan, produksi, reproduksi dan kekebalan tubuh hewan (NRC, 2007; Suttle, 2010; Velladurai *et al.*, 2016). Sintesis berbagai macam hormon steroid serta hormon tiroid (Hess dan Zimmermann, 2004; Yamaguchi *et al.*, 2009; Suttle, 2010; Yokus *et al.*, 2010). Selain berperan dalam semua proses tersebut diatas, mineral juga berperan sebagai regulator dalam semua proses metabolisme (Boland, 2003; Hadiya *et*

al., 2010). Tidak seperti nutrisi yang lain, makhluk hidup tidak dapat mensintesa mineral (Sharma *et al.*, 2002). Mineral dapat dibagi menjadi dua kelompok utama yaitu makromineral dan mikromineral atau *trace mineral*. Ruminansia membutuhkan makromineral Ca, Mg, P, K, Na, Cl dan S, sedangkan mikromineral yang dibutuhkan ruminansia adalah kromium (Cr), kobalt (Co), tembaga (Cu), yodium (I), besi (Fe), mangan (Mn), molibdenum (Mo), nikel (Ni), selenium (Se) dan seng (Zn). Meskipun elemen makromineral dalam tubuh jumlahnya sedikit

dibandingkan dengan nutrisi lain seperti protein dan lemak, tetapi mereka memiliki peran yang sangat vital dalam tubuh (Underwood, 1999).

Sejak lama diketahui bahwa makromineral berhubungan erat dengan kemampuan reproduksi ruminansia (Underwood and Suttle, 2001; Pradhan and Nakagoshi, 2008; Sudhir *et al.*, 2011). Kelebihan atau defisiensi mineral dapat mengakibatkan kawin berulang pada sapi (Das *et al.*, 2002; Kilic *et al.*, 2007). Kegagalan reproduksi dapat disebabkan oleh defisiensi satu atau beberapa macam mineral dan ketidakseimbangan antara mineral satu dengan yang lain (Moellers dan Riese, 1988; Gupta *et al.*, 2005). Defisiensi, ketidakseimbangan dan toksisitas mineral tertentu akan mengakibatkan gangguan reproduksi (Sharma *et al.*, 2007). Ketidakseimbangan antara mineral tertentu juga dapat mempengaruhi fungsi ovarium melalui aksi blok pada kelenjar pituitari (Yasothai, 2014). Peran mineral dalam sistem endokrin dan integritas sel sangatlah dibutuhkan untuk fertilitas dan perkembangan folikel (Ceylan *et al.*, 2008). Deteksi melalui pemeriksaan klinis maupun laboratoris sangat diperlukan dalam mendiagnosa gangguan reproduksi akibat defisiensi, kelebihan maupun ketidakseimbangan makromineral. Pemahaman yang menyeluruh peran makromineral terhadap fungsi reproduksi ruminansia sangat diperlukan guna pencegahan munculnya gangguan reproduksi akibat pemberian mineral yang kurang tepat.

Kalsium

Kalsium merupakan mineral yang paling banyak dibutuhkan oleh ternak dan berperan penting sebagai penyusun tulang dan gigi (McDonald *et al.*, 2010). Garam Ca berperan dalam mempertahankan struktur kerangka dan ion Ca yang berada dalam cairan ekstraseluler maupun intraseluler dan berperan menjalankan fungsi biokimiawi (El-Samad *et al.*, 2002). Fungsi yang tidak kalah penting adalah

sebagai penyalur rangsangan syaraf dari satu sel ke sel yang lain (Lewis, 2001; Suttle, 2010). Kalsium banyak terkandung dalam tubuh, 99% dalam skeleton (Bain and Watkins, 1993) dan 1% sisanya terdapat diluar skeleton (Carafoli, 1991). Konsentrasi normal kandungan Ca dalam darah sapi berikisar antara 8,42 – 11,2 mg/dl (2,1 – 2,8 mmol/L) (Hadzimusic and Krnic, 2012), 8,7 – 11,0 mg/dL (2,17 – 2,74 mmol/L) (Anderson and Rings, 2009).

Kebutuhan Ca ternak ruminansia dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti umur, bobot badan serta tahapan produksi. Sapi potong membutuhkan kalsium sekitar 15,4 mg/kg berat badan untuk proses pemeliharaan tubuh (Anonim, 1984). Menurut Suttle (2010), kebutuhan Ca sapi perah pada periode laktasi minimal adalah 1,23 g/kg susu dan 13,7 g/kg berat badan fetus. Puncak kebutuhan Ca terjadi pada minggu minggu akhir sebelum kelahiran karena terjadi proses kalsifikasi tulang fetus.

Kalsium dan P memiliki kaitan yang sangat erat satu sama lain dalam proses metabolisme pada hewan. Nilai nutrisi Ca dan P yang seimbang tergantung pada kecukupan pasokan masing-masing sumber pakan, rasio yang seimbang, dan kehadiran vitamin D. Rasio Ca dan P yang ideal adalah antara 2:1 dan 1:1 (Armstrong, 1999). Hampir semua penelitian yang mengkaitkan peran Ca pada gangguan reproduksi selalu ditekankan pada perubahan rasio Ca: P (Bindari *et al.*, 2013). Rasio yang seimbang antara Ca ; P diperlukan untuk memelihara kesehatan ternak. Hasil penelitian Ali *et al.* (2014) menunjukkan bahwa rasio Ca : P sebesar 1,5:1 pada sapi *Cholistani* akan meningkatkan performa reproduksi seperti peningkatan *conception rate* dan penurunan *calving interval*. Defisiensi Ca atau hipokalsemia pada saat melahirkan sampai beberapa hari setelah melahirkan merupakan kasus yang sering terjadi, terutama pada sapi perah. Defisiensi tersebut akan mengakibatkan perubahan rasio Ca : P sehingga mempengaruhi fungsi ovarium melalui aksi blok pada kelenjar pituitari

(Yasothai, 2014). Hal tersebut mengakibatkan waktu estrus dan ovulasi menjadi lebih lama, involusi uterus tertunda, meningkatnya prolaps uteri, kejadian distokia dan retensi plasenta (Murphy and Dobson, 2002; Kumar, 2003; Roberts, 2004; Habib *et al.*, 2007).

Hipokalsemia dapat mengakibatkan kegagalan induk mengeluarkan plasenta karena kelemahan otot atau hilangnya kontraksi uterus (Oetzel, 1988; Goff and Horst, 1997). Lebih lanjut, rendahnya konsentrasi Ca dalam darah juga berkaitan dengan kejadian anestrus. Rendahnya sekresi prostaglandin F_{2α}, oksitosin dan konsentrasi Ca serum yang berperan mengatur kontraksi uterus akan mengakibatkan terjadinya retensi plasenta, meningkatnya risiko kejadian distokia, tertundanya involusi uterus dan prolaps uteri baik pada sapi maupun kerbau (Roche, 2006; Mulligan *et al.*, 2006; Pandey *et al.*, 2007; Sharma, *et al.*, 2015). Hasil penelitian Akhtar *et al.* (2014) menunjukkan bahwa pada kerbau yang mengalami kawin berulang juga memiliki konsentrasi Ca, P dan Mg yang rendah.

Hasil penelitian Sheetal *et al.* (2014) menunjukkan bahwa konsentrasi Ca dan Zn serum pada sapi *crossbred* menurun secara tajam pada kasus retensi plasenta. Menurut Martinez *et al.* (2012) salah satu risiko penyebab metritis adalah rendahnya konsentrasi Ca serum pada sapi perah. Hasil penelitian yang lain juga menunjukkan bahwa Ca berkaitan erat dengan sistem kekebalan tubuh melalui mekanisme penurunan fungsi netrofil (Lewis, 2001; Kimura *et al.*, 2002; Martinez *et al.*, 2012; Bisinotto *et al.*, 2012). Rendahnya konsentrasi Ca berisiko menyebabkan munculnya penyakit reproduksi seperti tertundanya ovulasi *postpartum* dan kegagalan bunting ataupun keguguran pada sapi (Whiteford and Sheldon, 2005; Santos *et al.*, 2010). Hasil penelitian Carson *et al.* (1978) menunjukkan bahwa rasio Ca; P sebesar 1,1-1,0 akan meningkatkan kejadian distokia, retensi plasenta dan metritis *post*

partum. Setelah pemberian tepung tulang selama 3 bulan, kejadian distokia menurun dari 75 % menjadi 10 %; retensi plasenta dari 35% menjadi 8%; dan metritis *postpartum* dari 70% menjadi 10%.

Sebaliknya, tingginya kadar Ca dalam darah akan mengakibatkan gangguan reproduksi melalui penurunan absorpsi mineral mineral lain seperti P, Mn, Zn dan Cu dalam rumen (Upadhyay *et al.*, 2006; Yasothai, 2014). Hasil penelitian Ceylan *et al.* (2008) menunjukkan bahwa kadar Ca yang tinggi mengakibatkan peningkatan kejadian kawin berulang pada sapi, sedangkan hasil penelitian Ahlawat dan Derashri (2010) menunjukkan bahwa kadar Ca yang tinggi kemungkinan mengakibatkan anestrus pada sapi perah.

Fosfor

Fosfor memiliki peran biokimia dan fisiologis yang sangat penting dan merupakan mineral terbanyak dalam tubuh setelah kalsium. Sekitar 80 – 85% terdapat dalam tulang dan 15 – 20% berada dalam jaringan lunak dan cairan (NRC 1989; Greisert *et al.*, 2010). Konsentrasi P intraseluler sekitar 25 mmol / L (78 mg / dl) dan untuk sapi bobot sekitar 600 kg kandungan P intraseluler adalah sekitar 155 g (Goff, 1998).

Dalam tulang P disimpan dalam bentuk Ca-hidroksi apatit Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ dan berperan penting dalam proses mineralisasi tulang. Perubahan komposisi dan struktur tulang akibat kehilangan P sama pentingnya dengan kekurangan Ca. Fosfor juga merupakan komponen fosfolipid yang mempengaruhi permeabilitas sel, komponen penyusun myelin, metabolisme energi (adenosin trifosfat), bagian dari materi genetik, pengaturan asam basa dan aktivitas enzimatis (Ogren, 2013). Fosfor juga berperan penting dalam perkembangan dan metabolisme mikroorganisme dalam rumen (Alfaro *et al.*, 1989). Konsentrasi normal P dalam plasma darah berkisar 4,24 – 7,58 mg/dL atau 1,4 – 2,5 mmol/L

(Hadzimusic and Krnic, 2014). 4.5 - 8.0 mg/dL (1.45 - 2.58 mmol/L) (Anderson and Rings, 2009).

Fosfor merupakan mineral yang berperan dalam perilaku seksual normal (Kumar, 2003). Defisiensi P mengakibatkan terjadinya gangguan reproduksi berupa anestrus, rendahnya konsepsi, *calving interval* yang panjang, kematian embrio, pedet lahir mati dan tertundanya kematangan seksual (Chaudhary and Singh, 2004; Ceylan *et al.*, 2008). Defisiensi P moderat mengakibatkan kejadian kawin berulang, sedangkan defisiensi P berat menyebabkan tertundanya pubertas dan estrus postpartus karena ovarium menjadi tidak aktif (Morrow, 1980). Penelitian di lapangan menunjukkan bahwa asupan P sebesar 70 – 80% dari kebutuhan normal mengakibatkan penurunan tingkat fertilitas yang cukup besar (3,7 S/C) (Yasoithai, 2014). Hasil penelitian Ali *et al.* (2014) menunjukkan bahwa kadar P serum turun secara signifikan pada sapi *Cholistani* yang mengalami anestrus dan kawin berulang. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena P berperan besar dalam transfer ATP. Defisiensi tersebut diduga menyebabkan gangguan proses fertilisasi sehingga dapat mengakibatkan kematian embrio dini. Fenomena tersebut kemungkinan akan menyebabkan anestrus dan kawin berulang (Amaral- Phillips and Heersche, 1997; Kumar *et al.*, 2010). Hasil beberapa penelitian pada kambing menunjukkan adanya dugaan bahwa konsentrasi P yang rendah mengakibatkan abortus (Amer, 2008; Aytakin and Aypak, 2011). Sebaliknya, kadar P yang berlebihan akan mengakibatkan endometrium menjadi lebih peka terhadap infeksi (Chaudhary and Singh, 2004).

Kalium

Kalium adalah unsur mineral ketiga terbanyak dalam tubuh hewan setelah Ca dan P, banyak terdapat di cairan intraseluler maupun ekstraseluler (Leeson *et al.*, 1998; Sentruk and Cihan, 2004) dan merupakan kation penting dalam cairan intraseluler (Tiecke,

2010). Kalium berperan dalam regulasi tekanan osmotik, keseimbangan asam - basa, transfer impuls saraf, kontraksi otot, dan sejumlah fungsi membran sel seperti pada pompa Na-K. (Schaefer and Wolford, 2005; Goff, 2006; Schroeder, 2012; Lawton, 2013). Konsentrasi K ekstraseluler berkisar 3,9 - 5,8 mmol/L, intraseluler 150, - 160 mmol/L, berperan dalam metabolisme karbohidrat serta sintesis protein (Goff, 2006) dan konsentrasi K normal dalam darah adalah 3.8 - 5.2 mEq/L (Anderson and Rings, 2009). Sapi bobot 75 – 500 kg mengandung K berkisar 2,37 - 2,01 g/kg BB (*Agricultural Research Council*, 1980). Kalium sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme rumen dan rendahnya konsentrasi K dalam asupan pakan akan menurunkan intake pakan pada ruminansia (Velladurai *et al.*, 2016).

Defisiensi K dapat menyebabkan kelemahan otot termasuk otot uterus sehingga secara tidak langsung mengakibatkan gangguan reproduksi dengan cara menghambat penggunaan protein dan energi. Hal tersebut mengakibatkan kelemahan tonus otot uterus sehingga dapat meningkatkan kepekaan terhadap metritis dan retensi plasenta (Chaudhary and Singh, 2004; Upadhyay *et al.*, 2006; Sattler and Fecteau, 2014). Pemberian pakan yang mengandung K dalam jumlah yang berlebihan (5% BK) diduga dapat mengakibatkan tertundanya pubertas dan ovulasi, gangguan perkembangan korpus luteum (*yellow body*) serta meningkatkan kejadian anestrus pada sapi (Velladurai *et al.*, 2016).

Pemberian diet tinggi K mengakibatkan tertundanya pubertas, ovulasi, perkembangan korpus luteum dan meningkatnya kejadian anestrus pada sapi (Kumar, 2014). Pemberian diet tinggi K pada masa kering selama 2 sampai 3 minggu sebelum melahirkan dapat mengakibatkan displasia abomasum dan gangguan uterus (DeGaris and Lean, 2008).

Magnesium

Magnesium adalah kation terbesar setelah Ca dalam tubuh dan sebagian besar berada dalam tulang

(Kronqvist *et al.*, 2011). Persentase Mg normal dalam tubuh 65–70% berada dalam tulang, 15% dalam otot, 15% dalam jaringan lunak dan 1% dalam cairan ekstraseluler (Underwood *and* Suttle, 1999). Sapi dengan bobot 500 kg, distribusi Mg adalah 0,7 g dalam darah, 2,5 g dalam cairan ekstraseluler, 70 g dalam sel dan 170 g berada dalam tulang (Mayland, 1988). Konsentrasi normal Mg plasma darah adalah 1,8 – 2,4 mg/dl (Kincaid, 2008), 0.74-0.95 mmol/L (Radostits *et al.*, 2000; Kaneko, 2008) dan 0.7-1.2 mmol/L (Merck, 2003), 2.0 - 3.5 mg/dL (0.82 - 1.43 mmol/L) (Anderson and Rings, 2009).

Fungsi Mg secara umum meliputi kofaktor lebih dari 300 enzim yang berperan dalam metabolisme karbohidrat, lemak dan protein (Ebel *and* Günther, 1980; NRC, 2001), pembentukan ribosom dan menjaga integritas membran melalui ikatan dengan fosfolipid (Shils, 1997). Selain peran diatas, Mg juga dibutuhkan dalam transport energi membran, pembentukan cAMP dan transmisi materi genetik, kontraksi otot, transmisi syaraf dan komponen utama struktur tulang (Smith, 2009; Schauff, 2014).

Magnesium biasanya tidak berpengaruh langsung terhadap gangguan reproduksi ternak. Akan tetapi karena Mg mempunyai kaitan antagonis dengan Ca sehingga setiap perubahan dalam homeostasis Ca-P-Mg akan berpengaruh pada status reproduksi ternak (Kumar, 2003). Konsentrasi rendah Mg dan Ca dalam darah dapat mengakibatkan produksi susu menurun, gangguan tonus uterus, meningkatnya insiden retensi plasenta dan tertundanya involusi uterus (Daniel, 1983). Defisiensi Mg pada sapi perah akan menghambat sintesis dan sekresi parathormon, menurunkan absorpsi Ca dan P dari saluran pencernaan serta menghambat produksi vitamin D bentuk aktif ($1.25(\text{OH})_2\text{D}_3$) (Lean *et al.*, 2006). Menurut Robinson *et al.* (1989) defisiensi Mg mengakibatkan penurunan nafsu makan sehingga asupan nutrisi menurun secara keseluruhan. Turunnya asupan pakan secara total akan mengakibatkan gangguan reproduksi secara tidak langsung.

Natrium dan Klorida

Natrium dalam tubuh memiliki banyak peran seperti memelihara temperatur tubuh, transport kimiawi dan fungsi syaraf. Sebagian besar Na dalam tubuh terdapat dalam cairan tubuh dan tulang, dengan konsentrasi normal dalam plasma 3,2 - 3,5 mg/l (Underwood, 1981), 137 - 148 mEq/L (Anderson *and* Rings, 2009) dan 3,22 - 4,14 g/l terdapat dalam saliva (NRC, 2001). Konsentrasi tersebut tidak terpengaruh oleh defisiensi Na kecuali hewan berada dalam kondisi defisiensi yang sangat berat. Oleh sebab itu tidak mungkin menentukan defisiensi Na melalui plasma darah (Underwood, 1981). Sapi dengan kisaran bobot antara 75 - 500 kg diperkirakan mengandung Na antara 2,01 - 1,68 g/kg BB (*Agricultural Research Council*, 1980). Natrium bersama K dan Cl adalah salah satu dari ion yang paling penting dalam mengatur keseimbangan asam basa (pH) dan tekanan osmotik tubuh (Johansson, 2008; Lawton, 2013). Absorpsi glukosa dan hampir semua asam amino dari usus kecil, serta absorpsi Mg dari rumen tergantung pada Na (Spears, 2011; Thompson and Hoorn, 2012). Defisiensi Na yang berkaitan dengan hiperkalemia diduga mengakibatkan penurunan fertilitas karena terganggunya siklus estrus, endometritis dan kista folikel (Pradhan and Nakagoshi, 2008).

Klorida merupakan anion utama dalam cairan ekstraseluler, 80 - 85% ditemukan dalam bentuk inorganik dan 15 - 20% berada dalam bentuk organik (Chahal *et al.*, 2008). Klorida berperan penting dalam produksi HCl di abomasum dan keseimbangan asam basa tubuh (Hale and Olsen, 2001). Konsentrasi normal Cl dalam darah adalah 90 – 110 meq/L (Clark, 2001). Sapi bobot 100 – 500 kg mengandung Cl berkisar antara 1,2 – 1,4 g/kg BB (*Agricultural Research Council*, 1980). Klorida turut berperan dalam absorpsi asam amino dan mineral, digesti protein, pengaturan tekanan osmotik dalam keseimbangan asam basa (Underwood, 1981).

Natrium dan klorida memiliki hubungan ionik yang erat sehingga disebut senyawa garam atau NaCl

(Holum, 1998). Garam adalah senyawa mineral yang penting dan sangat dibutuhkan oleh sapi. Biasanya natrium dan klorida tidak terdapat di bahan pakan dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan sehingga harus disediakan pilihan bebas setiap saat (Dunn *and* Moss, 1992; Hess *et al.*, 2005). Sapi mengkonsumsi NaCl dalam bentuk garam blok, butiran garam atau dicampur dengan pakan. Garam mengandung 39% Na dan 61% Cl (Holum, 1998; Jansson *and* Dahlborn, 1999).

Garam berperan dalam mencegah dehidrasi, merangsang proses pencernaan serta meningkatkan kemampuan tubuh untuk mengabsorpsi makromineral maupun mikromineral (Salt Institute, 2007). Saat asupan NaCl berada dibawah normal, tubuh akan mengkonservasi Na dan Cl dengan cara menghentikan ekskresi melalui urin (Hagsten dan Perry, 1976). Asupan NaCl yg rendah dalam jangka waktu panjang akan mempengaruhi kondisi kesehatan hewan seperti turunnya nafsu makan dan bobot badan (Berger, 1987). Gejala awal defisiensi NaCl pada sapi ditandai dengan perilaku menjilati berbagai macam benda seperti batuan, kayu, tanah dan keringat hewan lain (Underwood, 1981; Robbins, 1993). Menurunnya nafsu makan, kemampuan absorpsi glukosa, mineral, asam amino serta penurunan bobot badan akibat defisiensi ion Na, Cl dan senyawa NaCl dapat mengakibatkan gangguan reproduksi secara tidak langsung.

Kesimpulan

Makromineral seperti Ca, Mg, P, K, Na, Cl dan S berpengaruh terhadap kinerja reproduksi ruminansia secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung antara lain waktu estrus dan ovulasi menjadi lebih lama, involusi uterus tertunda, meningkatnya prolaps uteri, kejadian distokia dan retensi plasenta. Pengaruh tidak langsung antara lain melalui penurunan fungsi syaraf, penurunan nafsu

makan, kemampuan absorpsi glukosa, mineral, asam amino serta penurunan bobot badan. Kegagalan reproduksi dapat disebabkan oleh defisiensi satu atau beberapa macam mineral dan ketidak seimbangan antara mineral satu dengan yang lain.

Daftar Pustaka

- Agricultural Research Council. (1980). The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Slough, England: Commonwealth Agricultural Bureaux.
- Ahlawat, A.R. and Derashri, H.J. (2010). Macro mineral profile in cyclic and non-cyclic animals *vis a vis* conceiving and non-conceiving animals. *Asian J. Animal Sci.*, Vol. 4 (2) : 723-747.
- Akhtar, M.S., Farooq, A. A., Lodhi, L.A., Muhammad, S.A., Ayaz, M. M., Lashari, M. H., Murtaza, S., Hussain, I, Irshad, M., Maqbool Hussain, M. and Raza, M.A. (2014). Studies on serum macro and micro minerals status in repeat breeder and normal cyclic Nili-Ravi buffaloes and their treatment strategies. *African Journal of Biotechnology* Vol. 13(10) : 1143-1146.
- Alfaro, E., Neathery, M.W., Miller, W.J., Crowe, C. T., Gentry, R.P., Fielding, A.S., Pugh, D. G. and Blackmon, D.M. (1989). Influence of a wider range of calcium intakes on tissue distribution of macroelements and microelements in dairy calves. *Journal of Dairy Science* 71 : 1295-1300.
- Ali, F., Lodhi, L.A., Hussain, R. and Sufyan, M. (2014). Oxidative status and some serum macro minerals during estrus, anestrus and repeat breeding in Cholistani cattle. *Pak Vet J*, 34 (4): 532-534.
- Amaral-Phillips, D. M. and Heersche, G. Jr. (1997). *Role of Nutrition on Reproductive Performance*. www.ca.uky.edu/agc/pubs/asc/asc138/asc138. pp: 1-3. Diakses tanggal 23 Mei 2016.
- Amer, H.A. (2008). Some diagnostic and treatment considerations on aborted ewes. *The Internet Journal of Veterinary Medicine*, 4, 2 : 4 – 8.
- Anderson, D. E. and Rings M. (2009). *Current Veterinary Therapy: Food Animal Practice* St. Louis, MO: Saunders Elsevier. : 613 – 618.

- Anonim (1984). Nutrient Requirements of Beef Cattle, Sixth Revised Ed. Washington, D.C. : National Academic Press.
- Armstrong, D.L. (1999). *Phosphorus in Animal Nutrition*. Better Crops With Plant Food. A Publication of the International Plant Nutrition Institute (IPNI) LXXXIII (83), No. 1: 32-33
- Aytekin, I. and Aypak, S. U. (2011). Levels of selected minerals, nitric oxide, and vitamins in aborted Sakis sheep raised under semitropical conditions *Trop Anim Health Prod* 43 :511–514.
- Bain, S.D. and Watkins, B.A. (1993). Local modulation of skeletal growth and bone modelling in poultry. *Journal of Nutrition* 123: 317–322.
- Berger, L.L. (1987). Salt and Trace Minerals for Livestock, Poultry and Other Animals. www.seaagri.com/salt_and_trace_elements_in_animal_nutrition.: 5 – 20. Diakses tanggal 29 Mei 2016.
- Bindari, Y.R., Shrestha, S., Shrestha, N. and Gaire, N. T. (2013). Effects of nutrition on reproduction- A review. *Adv. Appl. Sci. Res.*, 4(1) :421-429.
- Bisinotto, R.S., Greco, L.F., Ribeiro, E.S., Martinez, N. , Lima, F.S., Staples, C.R., Thatcher, W.W. and Santos J.E.P. (2012). Influences of nutrition and metabolism on fertility of dairy cows *Anim Reprod*, Vol. 9, No. 3:260-272.
- Boland, M. P. (2003). Trace minerals in production and reproduction in dairy cows. *Adv Dairy Technol* 15, 319–330.
- Carafoli, E. (1991). Calcium pump of the plasma membrane. *Physiological Reviews* 71 : 129 - 149.
- Carson, R.L, Caudle, A.B., Riddle, H.E. (1978). The relationship between narrow calcium phosphorus ratio and reproductive problems in a dairy herd: A case report. *Theriogenology* Volume 9, Issue 6 : 505-507.
- Ceylan, A., Serin, I., Aksit, H. And Seyrek K. (2008). Concentrations Of Some Elements In Dairy Cows With Reproductive Disorders *Bull Vet Inst Pulawy* 52 : 109-112.
- Chahal, U.S., Niranjana, P.S. and Kumar, S. (2008). *Handbook of General Animal Nutrition, India*. International Book Distributing Co.: 110 – 112.
- Chaudhary, S and Singh, A. (2004). Role of Nutrition in Reproduction: A review. *Intas Polivet*, Vol. 5 : 229-234.
- Clark, J. H. (2001). *Nutrient Requirement of Dairy Cattle Seventh Edition*. Washington D.C. : National Academy Press.: 118, 120-123.
- Daniel, R. C. W. (1983). Motility of the rumen and abomasum during hypocalcaemia. *Can. J. Comp. Med.*, 47: 276-280.
- Das, S., Bandopadhyay, S.K., Basu, S., Ghosh, B.B. and Dattagupta, R. (2002). Blood mineral profile of normal cyclic and repeat breeder crossbred cows under rural condition. *Ind. J. Anim. Reprod.* 23:167-169.
- DeGaris, P.J. and Lean, I.J. (2008). Milk fever in dairy cows: a review of patho-physiology and control principles. *Vet. J.* 176(1): 58-69.
- Dunn, T.G. and G.E. Moss. (1992). Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J. Anim. Sci.* 70:1580-1593.
- Ebel, H. and Gunther, T. (1980). Magnesium metabolism: a review. *Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry* 18 : 257–270.
- El-Samad, H., Goff, J.P. and Khammash, M. (2002). Calcium Homeostasis and Parturient Hypocalcemia : An Integral Feedback Perspective. *J. Theor. Biol.* 214:17 – 29.
- Goff, J. P. (1998). Phosphorus deficiency. in *Current Veterinary Therapy 4: Food Animal Practice*. J. L. Howard, and R. A. Smith, eds. Philadelphia: W. B. Saunders, Co.: 218– 220.
- Goff, J. P. (2006). Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. *Animal Feed Science and Technology*, 126(3-4): 237-257.
- Goff, J.P. and Horst, R.L. (1997). Physiological Changes at Parturition and their Relationship

- to Metabolic Disorders. *Journal of Dairy Science*, Vol.80, No.7: 1260-1268.
- Greisert, B.G., Erickson, G.E., Klopfeinstein, T.J., Macken, C.N., Luebke, M.K. and McDonald, J.C. (2010). Phosphorous Requirement and Excretion of Finishing Beef Cattle Feed Different Concentrations of Phosphorous. *J. Anim. Sci.* 88 : 2393 – 2402.
- Gupta, S., Gupta, H.K. and Soni, J. (2005). Effect of vitamin E and selenium supplementation on concentrations of plasma cortisol and erythrocyte lipid peroxides and the incidence of retained foetal membranes in crossbred dairy cattle. *Theriogenology*, 64: 1273-1286.
- Habib, G., Hameed, A. and Akmal, M. (2007). Current feeding management of peri-urban dairy buffaloes and scope for improvement. *Pakistan Veterinary Journal*. 27 (1): 35-41.
- Hadiya, K.K., Derashri, H.J., Devalia, B.R. and Jani, R.G. (2010). Effect of supplementation of minerals and enzymes on service period and postpartum plasma minerals profile in crossbred cows. *Vet. World* 3: 173-76.
- Hadzimusic, N. And Krnic, J. (2012). Values of Calcium, Phosphorus and Magnesium Concentrations in Blood Plasma of Cows in Dependence on the Reproductive Cycle and Season. *J. Fac. Vet. Med. Istanbul Univ.* 38 (1): 1 – 8.
- Hagsten, I. and Perry, T. W. (1976). Evaluation of Dietary Salt Levels for Swine. II. Effect of Blood and Excretory Patterns. *J. An. Sci.* 42:1191.
- Hale, C. and Olson, K.C. (2001). *Mineral Supplements for Beef Cattle*. MU Guide, Published by MU Extension, University of Missouri-Columbia. <http://extension.missouri.edu/p/G2081>.
- Hess, S.Y. and Zimmermann M. B. (2004). The effect of micronutrient deficiencies on iodine nutrition and thyroid metabolism. *Inter. J. Vit. Nutr. Res.* 74: 103-115.
- Hess, B.W., Lake, S. L., Scholljegerdes, E. J., Weston, T. R., Nayigihugu, V., Molle, J. D. C. and Moss. G. E. (2005). Nutritional controls of beef cow reproduction. *J. Anim. Sci.* 83(E. Suppl.): E90–E106.
- Hollum, J. R. (1998). *Fundamentals of general organic and biological chemistry*. 6th ed. John Wiley & Sons, Inc, Toronto. Canada.: 23-95.
- Jansson, A. and Dahlborn, K. 1999. Effects of feeding frequency and voluntary salt intake on fluid and electrolyte regulation in athletic horses. *J Appl Physiol*, 86 : 1610-1616.
- Johansson, K. 2008. *Salt to ruminants and horses* stud. epsilon.slu.se/2898/1/Johansson_a_110622. pp: 3 - 7.
- Kaneko, J.J. (2008). *Carbohydrate Metabolism and Its Diseases*. In: Kaneko, J.J., Harvey, J.W. and Bruss, M.L. (Eds.), *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6th edition. Academic Press, New York. : 64.
- Kılıc, N., Ceylan, A., Serin, I. and Gokbulut, C. (2007). Possible Interaction between lameness, fertility some minerals, and vitamin E in dairy cows. *Bull Vet Inst Pulawy*, 51:425–429.
- Kimura, K., Goff, J.P., Kehrli, M.E. Jr. and Reinhardt, T.A. (2002). Decreased neutrophil function as a cause of retained placenta in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 85:544- 550.
- Kincaid, R. (2008). *Changes in the Concentrations of Minerals in Blood of Peripartum Cows*. Mid-South Ruminant Nutrition Conference. : 1 – 8.
- Kronqvist, C., Emanuelson, U., Spörndly, R. and Holtenius, K. (2011). Effects of prepartum dietary calcium level on calcium and magnesium metabolism in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci.* 94(3) :1365-73.
- Kumar, S., Saxena, A. and Ramsagar, (2010). Comparative studies on metabolic profile of anestrus and normal cyclic Murrah buffaloes. *Buff Bull*, 29: 7-11.
- Kumar, A.S. (2014). Blood biochemical profile in repeat breeding crossbred dairy cows. *Inter. J. Vet. Sci.* 3(4): 172-173.
- Kumar, S. (2003). *Management of infertility due to mineral deficiency in dairy animals*. In: Proceedings of ICAR summer school on “Advance diagnostic techniques and therapeutic approaches to metabolic and deficiency diseases in dairy

animals". Held at IVRI, Izatnagar, UP (15th July to 4th Aug.). : 128-137.

- Lawton, S. (2013). *Mineral Supplements for Beef Cattle*, B895, University of Georgia. *UGACooperative Extension Bulletin 895:1–4*. http://www.caes.uga.edu/publications/pubDetail.cfm?pk_ID=7650.
- Lean, I. J., De Garis, P. J., McNeil, D. M. and Block, E. (2006). Hypocalcaemia in dairy cows: meta-analysis and dietary cation anion difference theory revisited. *J. Dairy Sci.*, 89: 669-684.
- Leeson, S., de Lange, C.F.M. and Buchanan, J. S. (1998) Potassium in Animal Nutrition. *Better Crops* Vol. 82 No. 3 : 32 – 36.
- Lewis, RS. (2001). Calcium signaling mechanisms in T lymphocytes. *Annu Rev Immunol*, 19 : 497-521.
- Martinez, N., Risco, C.A., Lima, F.S., Bisinotto, R.S., Greco, L.F., Ribeiro, E.S., Maunsell, F., Galvão, K.N. and Santos, J.E.P. (2012). Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *J Dairy Sci*, 95 :7158-7172.
- Mayland, H. 1988. Grass tetany. in *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*, Church, ed. Prospect Heights, Illinois: Waveland Press, Inc. : 511 D.
- McDonald, P., Edward, R.A., Greenhalg, J.F.D. Morgan, C.A., Sinclair, L.A. and Wilkinson, R.G. (2010). *Animal Nutrition*. Seventh Edition. United Kingdom, Pearson.
- Merck. (2003) . *Merck veterinary manual*. 8th ed., Merck Co., Inc Whitehouse Station, NJ, USA.: 311 – 314.
- Moellers, J. and Riese, R. (1988) “*Nutritional Causes of Infertility in Dairy Cows*,” *Iowa State University Veterinarian*: Vol. 50: Iss. 2, Article 5. : 89 – 94. Available at: http://lib.dr.iastate.edu/iowastate_veterinarian/vol50/iss2/5.
- Morrow, D.A. (1980). The Role of Nutrition in Dairy Cattle Reproduction. *Cun-ent Therapy in Theriogenology*, W.B. Saunders Company : 449-455.
- Mulligan, F., Grady, L.O., Rice, D. and Doherty, M. (2006). Production diseases of the transition cow: Milk fever and subclinical hypocalcemia. *Irish Veterinary Journal*. 59 (12): 697-702.
- Murphy, A. M. and Dobson, H. (2002). Predisposition, subsequent fertility and mortality of cows with uterine prolapse *Vet. Rec*. 151 : 733-735.
- National Research Council, (2001). *Nutrient Requirement of Dairy Cattle*. 7th Revised Edition.
- National Research Council. (1989). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 6th rev. ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.
- NRC. (2007) *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. National Academy Press, Washington, DC.
- Oetzel, G.R. (1988). Parturient Paresis and Hypocalcaemia in Ruminant Livestock. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, Vol.4, No.2 : 351-564.
- Ogren, G. (2013). *Phosphorus to Horses and Cows*. Department of Animal Nutrition and Management Swedish University of Agricultural Science. Uppsala. : 10 – 22.
- Pandey, A.K., Shukla S.P. and. Nema, S.P (2007). Certain haemato-biochemical alterations during post-partum uterine prolapse in buffaloes (*Bubalus Bubalis*). *Buffalo Bulletin*. 26(1): 20-22.
- Pradhan, R. and Nakagoshi, N. (2008). Reproductive Disorders in Cattle due to Nutritional Status. *Journal of International Development and Cooperation*. Vol. 14 No 1 : 45 – 66.
- Radostits, O.M., Blood, D.C. and Gay, C.C. (2000). *Veterinary Medicine. A textbook of the diseases of cattle, sheep, goats and horses*. 8th ed., London.
- Robbins, C. T. (1993). *Wildlife Feeding and Nutrition*. 2nd ed. New York: Academic Press. : 44-52.
- Roberts, S. J. (2004). *Injuries and diseases of the puerperal period*. In: *Veterinary Obstetrics and Genital Diseases (Theriogenology)*. 2nd ed. [Indian reprint]. CBS Publishers and Distributors, New Delhi, India : 300-335.

- Robinson, D.L., Kappel, L.C. and Boling, J.A. (1989). Management Practices to Overcome the Incidence of Grass Tetany. *Journal of Animal Science*, Vol.67, No.12 : 3470-3484.
- Roche, J.F. (2006). The effect of nutritional management of the dairy cow on reproductive efficiency. *Animal Reproduction Science*. 96(3-4) : 282-296.
- Salt Institute (2007). *History of salt*. [<http://www.saltinstitute.org/38.html>] :12-11.
- Santos, J.E.P., Bisinotto, R.S., Ribeiro, E.S., Lima, F.S., Greco, L.F., Staples, C.R. and Thatcher, W.W. (2010). Applying nutrition and physiology to improve reproduction in dairy cattle. *Soc Reprod Fertil Suppl*, 67 : 387-403.
- Sattler, N. and Fecteau, G. (2014). Hypokalemia Syndrome in Cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 30(2): 351-357.
- Schaefer, T. J. and Wolford, R. W. (2005). *Disorders of potassium*. *Emerg Med Clin North Am*. 3(3):723-747.
- Schauff, D. (2014). *The Importance of Macro-Minerals: Magnesium*. *The Agri-King Advantage Vol.5 Issue 3* : 1 - 4
- Schroeder, J.W. (2012). *Use of Minerals in Dairy Cattle*. NDSU Extension Service. : 1 – 2. <https://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1271>.
- Sentruk, S. and Cihan, H. (2004). Salt poisoning in beef cattle - Response. *Veterinary and Human Toxicology*, 46 (2): 104.
- Sharma, B.L., Bhatt, V.K., Jain, S.K., Shukla, S.N. and Shukla, M.K. (2015). Peri-Parturient Metabolic Profile in Murrah Buffaloes with Cervico-Vaginal Prolapse. *Indian Journal Of Animal Research* Volume 49 Issue 6 : 770 – 773.
- Sharma, M. C., Chinmay, J. and Sarkar T. K. (2002). Therapeutic Efficacy of Minerals Supplement in Macro-minerals Deficient Buffaloes and its Effect on Haematobiochemical Profile and Production. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol 15, No. 9 : 1278-1287.
- Sharma, M.C., Joshi, C., Das, G. and Hussain, K. (2007). Mineral nutrition and reproductive performance of the dairy animals: a review. *Indian J. Anim. Sci.* 77: 599-608.
- Sheetal, S. K., Choudhary, S. K. and Sengupta, D. (2014). Mineral deficiency predisposes occurrence of retention of placenta in crossbred. *Veterinary World* 7(12) : 1140-1143.
- Shils, M.E. (1997). Magnesium. In: O'Dell, B.L. and Sunde, R.A. (eds) *Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements*. Marcel Dekker, New York, : 117–152.
- Smith, B.P. (2009). *Large animal internal medicine*. Fifth edition. Missouri: Mosby : 1374-1375.
- Spears, J.W. (2011). Importance Of Salt In Digestion And Absorption Of Nutrients : 1 – 4. www.saltinstitute.org/.../Second-QTR-copy-of-digest-absorption.
- Sudhir, K., Anil, K. P., Waquar, A.R. and Dinesh, K. D. (2011). Importance of micro minerals in reproductive performance of livestock *Veterinary World*, 4(5) : 230-233.
- Suttle, N.F. (2010). *Mineral Nutrition of Livestock*: 4th Edition. CABI, United Kingdom.
- Thompson, C. and Hoorn, E. J. (2012). *Hyponatraemia: an overview of frequency, clinical presentation and complications*. Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism. 26: S1-S6.
- Tiecke, T. G. (2010). Properties of potassium. PhD thesis, Waals-Zeeman Institute, University of Amsterdam
- Underwood, E. J. (1981). *The Mineral Nutrition of Livestock*. 2nd ed. Slough, UK: Commonwealth Agricultural Bureaux. : 54 - 70
- Underwood, E. J. and Suttle, N. F. (2001). *The Mineral Nutrition of Livestock*. CABI Publ., New York, NY. 67 – 149.
- Underwood, E.J. and Suttle, N. F. (1999). *The Mineral Nutrition of Livestock*, 3rd edn. CAB International, Wallingford, UK. 105 – 185.
- Upadhyay, S.R., Singh, A.K., Sharma, N., Kumar, P., Hussain, K. and Soodan, J.S. (2006). Impact

Of Minerals Upon Reproduction In Farm Animals. *The Indian Cow* Oct-Dec : 38 – 41.

Velladurai, C., Selvaraju, M. and Napoleon R. E. (2016). Effects of Macro and Micro Minerals on Reproduction in Dairy Cattle A Review. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*. Volume 2 | Issue 1 | : 68 – 70.

Whiteford, L. C. and Sheldon, I. M. (2005). Association between clinical hypocalcaemia and postpartum endometritis. *Vet. Rec.* 157:202-203.

Yamaguchi, S., Miura, C., Kikuchi, K., Celino, F.T., Agusa, T., Tanabe, S. and Miura, T. (2009). Zinc an essential trace element for spermatogenesis. Proceedings of the National Academy of Sciences of United States of America. 106: 10859–10864.

Yasothai, R. (2014). Review Article: Importance Of Minerals On Reproduction In Dairy Cattle. *International Journal of Science, Environment and Technology*, Vol. 3, No 6: 2051 – 2057.

Yokus, B., Cakir, D., Icen, H., Durak, H. and Bademkiran, S. (2010). Prepartum and Postpartum Serum Mineral and Steroid Hormone Concentrations in Cows with Dystocia. *Veteriner Fakultesi Dergisi*. 21 (3): 185 – 190.