

DISTRIBUTION OF CALCIUM OXALATE CRISTAL, REDUCTION OF OXALATES, AND THE EFFECT OF CULTIVATION METHOD ON ITS FORMATION IN SOME VEGETABLES

Agus Muji Santoso

Prodi Pendidikan Biologi Universitas Nusantara PGRI Kediri

Jl. K.H. Achmad Dahlan 76, Kota Kediri 64112

E-mail: agusmujisantoso@gmail.com

ABSTRACT

Oxalate is one of the plant metabolites. Oxalate can enter into the formation of both bio-soluble and insoluble oxalate in the some plants. Some plant which containing oxalates has been a good source of certain minerals, vitamins, dietary fiber, and some antioxidant phytochemicals. Most of vegetables are usually consumed both as a raw and or after cooking. On the other hand, oxalate can accumulate in the renal glomeroli and can lead to the formation of kidney stones and renal disorders. Besides that, the size, location, accumulation and formation oxalate acid to be calcium oxalate crystals in some vegetables may be affected by physical, chemical, and biological condition such us temperature, light exposure, pressure, time harvesting, pH, ion concentration, and macro and or micro ratio of field. This paper was aimed to describe: (1) distribution and formation of oxalate in some part of plants, (2) some methods how to reduce oxalates contents but still provided some good nutrition to healthy, (3) differences of the cultivation methods on oxalates content in some vegetables, in order to look for suitable cultivating method of vegetables.

Key words: calcium oxalate, crystals, reduction, distribution, and formation

PENDAHULUAN

Oksalat memiliki peran bagi tanaman. Tidak hanya untuk kepentingan ekologis dari serangan herbivora saja melainkan untuk kepentingan fisiologis tanaman tersebut. Oksalat dapat berbentuk oksalat terlarut (*soluble oxalate*) dan oksalat tidak terlarut (*insoluble oxalate*) (Akhtar *et al.*, 2011). Oksalat terlarut dapat berupa asam oksalat dan oksalat tidak terlarut dapat berupa kristal kalsium oksalat (Franchesi dan Nakata, 2005). Pada tanaman angiospermae, oksalat dalam bentuk asam oksalat maupun kristal kalsium oksalat, disimpan di dalam vakuola sel (Fahn, 1990).

Oksalat dapat terdistrusi pada bagian – bagian tertentu pada tanaman maupun pada hampir seluruh bagian tanaman. Informasi tentang distrusi oksalat, khususnya dalam bentuk kristal kalsium oksalat pada beberapa tanaman telah banyak dilaporkan (Akhtar *et al.*, 2011). Termasuk tanaman – tanaman berprospek tanaman hias, pangan, maupun obat (Cote, 2009). Selain itu, penelitian yang mengkaji tentang kadar oksalat baik terlarut maupun tidak terlarut pada beberapa bahan makan juga banyak dilaporkan. Ada pula yang mengkaji metode yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar oksalat pada beberapa bahan sayur. Pada sisi lain ada pula yang mengkaji tentang pengaruh faktor lingkungan tanaman tersebut dibudidayakan terhadap kadar oksalat.

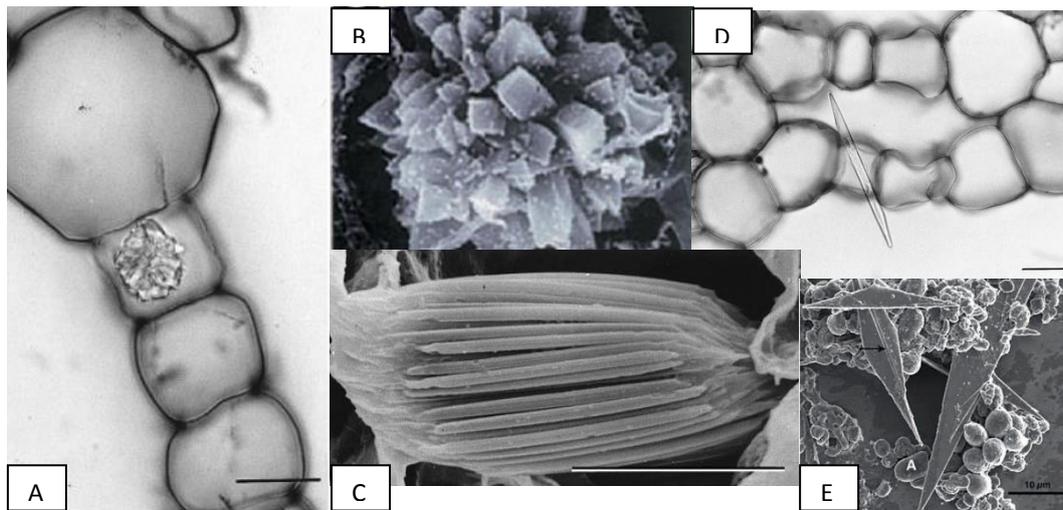
Kajian tentang oksalat menarik dikaji lebih lanjut. Selain berperan terhadap tanaman itu sendiri, ternyata oksalat baik dalam bentuk asam oksalat maupun kristal kalsium oksalat memiliki dampak yang kompleks bagi manusia. Beberapa diantaranya adalah terjadinya kerusakan mekanis pada dinding saluran – saluran sistem urinaria herbivora (Musa *et al.*, 2012; Akhtar *et al.*, 2011; Conte *et al.*, 1990). Bahkan berpotensi sebagai penyebab terjadinya batu ginjal (Wash *et al.*, 2012; Cote, 2009).

Berdasarkan deskripsi tersebut informasi tentang pola distribusi kristal kalsium oksalat pada organ – organ tanaman, metode yang dapat digunakan untuk mereduksi oksalat pada bahan sayur (makanan), serta pengaruh faktor lingkungan terhadap kadar oksalat menarik untuk kaji lebih lanjut sebagai salah satu referensi yang dapat digunakan oleh masyarakat untuk membudidayakan, memilih strategi memasak, dan mengonsumsi bahan sayur (makanan) dengan kadar rendah oksalat namun kebutuhan nutrisi dari bahan tersebut masih dapat terpenuhi.



PEMBAHASAN

Oksalat merupakan salah satu hasil metabolit tanaman yang memiliki peran unik pada tanaman. Pada tanaman, oksalat dapat berbentuk asam oksalat maupun dalam bentuk kristal kalsium oksalat (Franchesi dan Nakata, 2005). Pada saat dalam bentuk asam oksalat, senyawa tersebut memiliki sifat untuk larut dalam air, sehingga dapat distribusinya cukup luas pada jaringan – jaringan tanaman. Baik pada organ vegetatif maupun pada organ generatif. Adapun dalam bentuk kristal kalsium oksalat, struktur kristal tersebut relatif memiliki distrisui dan mobilitas yang realtif rendah bila dibandingkan jika dalam bentuk asam oksalat (terlarut). Sering kali, kristal oksalat tersebut ditemukan pada sel – sel khusus yang memiliki vakuola dalam ukuran sedang sampai besar khusus untuk menyimpan kristal kalsium oksalat. Sel – sel tersebut sering disebut sebagai sel idioblas. Keragaman ultra-struktur kristal kalsium oksalat pada umumnya dapat diketahui dengan menggunakan teknik ultra-mikroskopis dengan menggunakan SEM maupun TEM, seperti tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Keragaman untra-struktur kristal kalsium oksalat pada rhizoma *Acorus calamus* (A dan D), ovarium *Lachenalia bulbifera* (C) dari Prychid dan Rudall (1999); pada jaringan palisade *Peperomi glabella* (B) dari Huang *et al.* (2007); dan *Callipsyigma wilsonis* dari Pueschel dan West (2007) secara SEM.

Kristal kalsium oksalat merupakan benda ergastik yang dapat berdampak negatif bagi tubuh bila di konsumsi berlebihan, antara lain penyebab penyakit asam urat (Tsai *et al.*, 2005) dan batu ginjal (Brown, 2000; Conte *et al.*, 1990) seperti pada Porang yang dapat merusak saluran sistem urinaria (Indriyani, 2010). Substansi oksalat terdapat pada makanan pada jumlah berlebihan dapat berakibat tidak baik bagi kesehatan (Conte *et al.*, 1990) karena bersifat antinutrien yang mempengaruhi tidak tersedianya kalsium yang diperlukan bagi tubuh manusia dan pada beberapa kasus, hewan ternak dapat teracuni tumbuhan yang mengandung oksalat (Indriyani, 2011).

Selain itu, pada jumlah cukup tinggi, asam oksalat dan kristal kalsium oksalat menyebabkan aberasi mekanik saluran pencernaan dan tubulus yang halus di dalam ginjal (Akhtar *et al.*, 2011). Bahkan secara kimia, kristal ini dapat menyerap kalsium yang penting untuk fungsi saraf dan serat-serat otot (Brown, 2000). Noonan dan Savage (1999) berpendapat bahwa mengurangi kadar kalsium dan mempertinggi kadar oksalat tidak dianjurkan akan tetapi sesekali mengkonsumsi makanan berkadar oksalat tinggi diperbolehkan untuk memenuhi nutrisi tubuh.

Faktor – Faktor Penentu yang Berperan dalam Akumulasi Oksalat pada Tanaman :

A. Faktor internal

Beberapa fator yang dapat mempengaruhi akumulasi oksalat pada tanaman, dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi spesies tanaman, bagian (serta umur bagian) tanaman, dan mekanisme biogenik sintesis oksalat. Pada



beberapa penelitian menunjukkan bahwa beberapa spesies mampu mengakumulasi oksalat dalam jumlah tinggi, seperti *Portulaca oleracea* dan *Oxalis spp.* (Jones *et al.*, 1970 dalam Rahman dan Kawamura, 2011). Kelompok tanaman tersebut dapat menjadi racun bagi kelompok ruminansia atau herbivora jika dikonsumsi dalam jumlah berlebih (Rahman dan Kawamura, 2011), seperti pada *cocoyam* (Lumu dan Katongole, 2011), sehingga pemberian bahan pangan tersebut tetap memerlukan pengawasan yang baik. Selain itu, distribusi oksalat pada tanaman pada umumnya tidak hanya pada bagian daun saja, namun juga pada bagian batang, akar, buah, biji, tangkai daun, tangkai bunga, dan tangkai buah. Akan tetapi akumulasi tertinggi pada tanaman bayam pada berbagai kultivar dan aksesori terdapat pada daun (Mou, B. (2008).

Kadar oksalat pada tanaman yang sedang mengalami pertumbuhan dan perkembangan memiliki dinamika yang unik. Pada bagian tanaman yang tergolong masih muda (masih mengalami perkembangan struktur jaringan maupun organ), memiliki kandungan oksalat yang lebih tinggi jika dibanding dengan jaringan maupun organ tanaman yang sudah tua (dewasa) (Finley, 1999). Hal tersebut bertentangan dengan informasi terbaru yang menyebutkan bahwa distribusi oksalat pada daun *Syngonium podophyllum* oksalat tertinggi sampai terendah secara berurutan ditemukan pada daun yang sudah tua, sedang, dan muda (Saadi dan Mondal, 2012). Hal tersebut menunjukkan bahwa bahan makanan memiliki kandungan oksalat yang berbeda – beda. Oleh karena itu, selain mempertimbangkan tingkat keterjangkauan daya beli dan kandungan nutrisi bahan sayur hendaknya juga mempertimbangkan memperhitungkan umur organ/jaringan tanaman tersebut. Pada konteks ini, informasi yang benar tentang waktu pemanenan bahan sayur atau bahan makanan lainnya perlu diperhatikan agar bahan makanan tersebut memiliki nilai nutrien yang baik bagi kesehatan.

Informasi ilmiah tentang mekanisme sintesis oksalat pada tanaman secara *in vitro* maupun *in vivo* secara komprehensif belum pernah dilaporkan. Namun, berdasarkan beberapa kajian sebelumnya yang dilakukan oleh Franchesi dan Nakata (2005) menunjukkan bahwa oksalat baik dalam bentuk kristal oksalat maupun asam oksalat berasal dari Ca^{2+} yang ditranslokasi melalui jaringan xilem dan didistribusikan secara apoplast ke sel mesofil daun. Pada mesofil daun, *glycoxylate* akan diubah menjadi asam oksalat dengan melibatkan asam askorbat. Pada tahap tersebut keterlibatan asam askorbat belum jelas peranannya. Pada sisi lain, membran sel idioblas meregulasi keluar masuknya Ca^{2+} . Pada sel idioblas pompa Ca^{2+} lebih banyak mengakumulasi Ca^{2+} . Ion Ca^{2+} yang terakumulasi pada sel idioblas akan terdeposit secara fisika dan selanjutnya mengalami kristalisasi. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa kristal kalsium oksalat lebih banyak disintesis oleh sel idioblas, sedangkan asam oksalat yang merupakan oksalat terlarut (*soluble oxalate*) disintesis pada sel – sel non idioblas, misal jaringan mesofil, seperti palisade. Namun, terkadang pada jaringan mesofil seperti jaringan palisade dapat ditemukan kristal kalsium oksalat. Hal ini didukung oleh penelitian lainnya yang menunjukkan bahwa aktivitas fotosintesis memiliki korelasi positif terhadap pembentukan kristal kalsium oksalat pada *Peperomia glabella* (Kuo-Huang *et al.*, 2007). Adapun identifikasi enzim dan gen yang bertanggung jawab dalam sintesis dan pengendali mekanisme perubahan senyawa antara selama sintesis oksalat belum pernah dilaporkan.

B. Faktor eksternal

Metode penanaman bahan pangan pada beberapa penelitian menunjukkan hasil yang beragam. Penelitian yang dilakukan oleh Indriyani (2011) menunjukkan bahwa kadar oksalat pada umbi porang dipengaruhi oleh kadar N total tanah, Ca tersedia, suhu udara, dan curah hujan serta tidak dipengaruhi oleh persentase penutupan gulma, Kation Tetukar Tanah (KTK), kadar P tersedia dan K tertukar, intensitas cahaya, pH tanah, serta sifat kimia tanah.

Tersebut kontradiktif dengan kajian sebelumnya bahwa unsur N, K, maupun interaksi antara kedua unsur juga dapat mempengaruhi akumulasi oksalat ((Rahman dan Kawamura, 2011). Pada konsentrasi tertentu, kadar garam (salinitas) dapat meningkatkan kadar oksalat, namun dalam kondisi cekaman tinggi justru kadar oksalat cenderung menurun. Diduga penghambatan laju fotosintesis dari tingginya cekaman salinitas dapat menghambat sintesis oksalat (Rahman dan Kawamura, 2011).

Pemanasan: Teknik Reduksi Oksalat

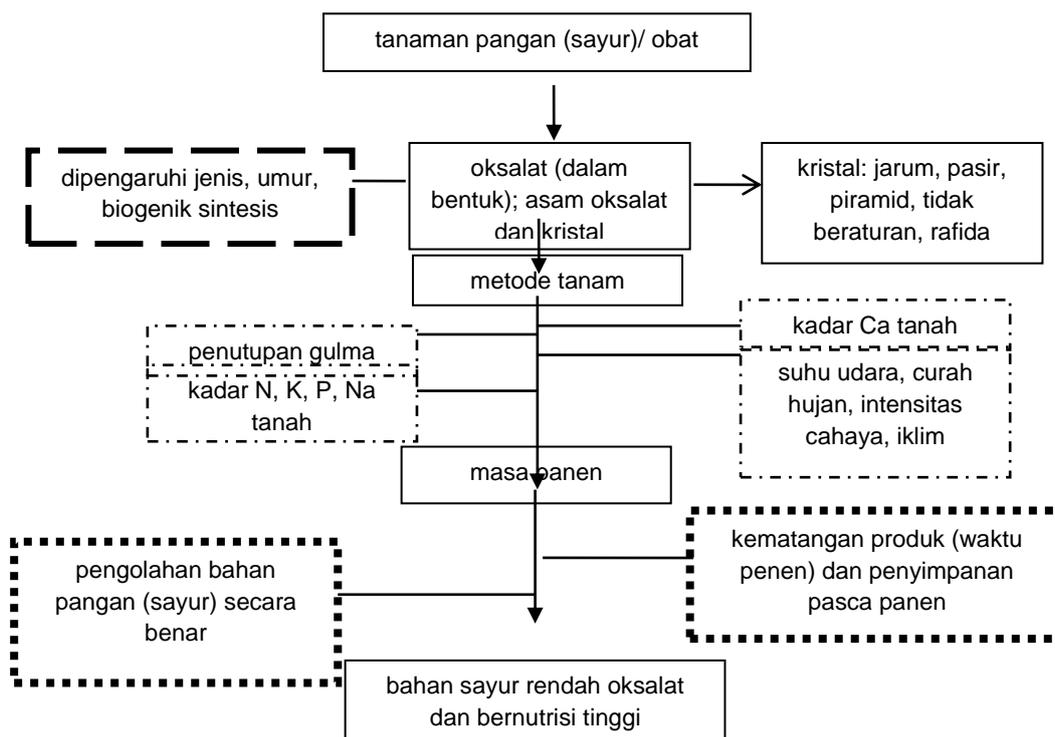
Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemanasan dapat mengurangi kadar oksalat. Kadar oksalat daun *cocoyam* dapat tereduksi hampir 52,1% dengan cara merebus bahan sayur tersebut dengan pada suhu 60°C selama satu jam. Pada kondisi demikian, kadar protein dan serat sayur



tersebut masih relatif tinggi (Lumu dan Katongola, 2011). Akhtar *et al.* (2011) juga melaporkan bahwa metode perebusan pada kondisi mendidih untuk sayur bayam, wortel, ketela pohon, kacang kapri, kadang merah, dan kedelai dapat menurunkan kadar oksalat total mulai 22,4% - 54,9%, oksalat terlarut dalam bentuk asam oksalat mulai 15,6% - 66,1%, dan kadar oksalat tidak terlarut dalam bentuk kristal kalsium oksalat sejumlah 31,8% - 67,8%.

Pemanasan dengan cara perebusan bahan sayur pada suhu tinggi, selain dapat mengurangi kadar oksalat baik terlarut maupun tidak terlarut ternyata juga dapat menurunkan beberapa nutrisi penting dalam bahan sayur. Komponen nutrisi tersebut antara lain vitamin C, A, E, B, serta kandungan *manganese* sebagai salah satu sumber diet. Semakin tinggi suhu yang digunakan, semakin tinggi pula kadar oksalat yang berhasil tereduksi, namun semakin tinggi pula kadar nutrisi yang akan larut maupun rusak pada saat pemanasan bahan sayur tersebut.

Pemanasan pada suhu rendah selama waktu tertentu selain bertujuan mengurangi kadar oksalat yang terdapat pada bahan makanan juga bertujuan untuk tetap menjaga kandungan nutrisi yang terdapat pada bahan makanan tersebut. Hal ini diperkuat pada penelitian sebelumnya oleh Wahsh *et al.* (2012) bahwa pada pengukuran oksalat, metode ekstraksi yang paling optimum untuk mendapatkan oksalat pada bahan sampel hayati adalah dengan cara mengekstraksi sampel pada suhu tinggi pada kondisi asam. Kondisi ekstraksi sampel tersebut lebih efektif untuk mengekstraksi oksalat jika dibandingkan dengan menggunakan metode ekstraksi dingin pada kondisi asam.



Gambar 2. Diagram alir faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi kandungan oksalat pada tanaman budi daya. (... = manajemen kendali oksalat pasca panen, ___ . ___ . ___ = faktor eksternal, ___ ___ = faktor internal).

Oleh karena itu, air yang digunakan untuk merebus bahan sayur yang mengandung oksalat tinggi dan bertujuan untuk mengurangi kadar oksalat bahan sayur, tidak dapat dikonsumsi kembali.



Hal ini sejalan dengan temuan yang disampaikan oleh Ezeike *et al.* (2011) bahwa kadar oksalat pada air teh kantong siap seduh pada suhu tinggi (100°C) akan mengalami kenaikan dua kali lipat.

Pada Gambar 2, dijelaskan bahwa untuk memperoleh bahan pangan rendah oksalat dan memiliki nilai nutrisi baik diperlukan pengendalian selama masa tanam, mulai penyediaan jenis (varietas), metode tanam, perawatan masa tanam, dan perlakuan pasca tanam. Selain itu, juga diperlukan informasi yang baik untuk memberikan referensi kepada masyarakat tentang metode yang sesuai dalam mengolah makanan agar diperoleh makanan yang bernilai nutrisi tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Oksalat pada tanaman, dapat berupa oksalat terlarut yaitu asam oksalat dan tidak terlarut yaitu kristal oksalat. Pada tanaman sayur, kristal kalsium oksalat tidak hanya terdistribusi pada bagian daun, namun juga hampir diseluruh jaringan tanaman, seperti pada tangkai daun, batang, akar, dan umbi. Pemanasan pada suhu rendah dapat mengurangi kadar oksalat dan kadar nutrisi bahan sayur tetap terjaga. Kadar oksalat pada bahan pangan (baik sebagai sayur maupun sebagai obat) hendaknya dapat dikendalikan agar bahan makanan tersebut memiliki nutrisi yang baik. Oleh karena itu, perlu dilakukan eksplorasi tentang metode tanam yang baik untuk beberapa tanaman tropis lokal yang selama ini digunakan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Khususnya dalam menghasilkan tanaman yang rendah oksalat dan memiliki nilai nutrisi yang baik.

Saat ini sedang dilakukan penelitian oleh tim penulis tentang kadar oksalat terhadap beberapa sayur dan buah tropis yang terdapat di pasar tradisional dan modern, pola/ metode tanam yang dilakukan petani, dan faktor lainnya baik secara skala lapang maupun laboratorium, termasuk kajian fisio seluler dan molekulernya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar, M., Israr, B., Bhatti, N., dan Ali, A. (2011) Effect of cooking on soluble and insoluble oxalates in selected Pakistani vegetables and beans. *International Journal of Food Properties*. 14: 241 – 249.
- Carvalho, M., dan Vieira M.A. (2004) Changes in calcium oxalate crystal morphology as a function of supersaturation. *International Braz J Urol*. 30 (3): 205 – 209.
- Conte, A., Genestar, C., dan Grases, F. (1990) Relation between calcium oxalate hydrate form found in renal calculi and some urinary parameters. *Urol Int*. 45: 25 – 27.
- Cote, C.G. (2009) Diversity and distribution of idioblast producing calcium oxalate crystal in *Dieffenbachia seguie* (Araceae). *American Journal of Botany*. 96 (7): 1245 – 1254.
- Ezeike, C.O., Aguzue, O.C., dan Thomas, S.A. (2011) Effect of Brewing time and temperatur on the release of manganese and oxalate from Lipton tea and *Azadirachta indica* (Neem), *Phyllanthus amarus* and *Moringa oleifera*. *J. Appl. Sci. Environ. Manage*. 15 (1): 175 – 177.
- Finley, D.S. (1990) Pattern of calcium oxalate crystals in young tropical leaves: a possible role as an anti-herbivore defense. *Revista de Biología Tropical*. 47: 1-2.
- Franchesi, V.R., dan Nakata, P.A. (2005) Calcium oxalate in plants: formation and functions. *Annual Review of Plant Biology* 56:41-71.
- Indriyani, S. (2011) *Pola Pertumbuhan Porang (Amorphophallus muelleri Blume) dan Pengaruh Lingkungan Terhadap Kandungan Oksalat Dan Glukomannan Umbi*. Disertasi. Universitas Airlangga Surabaya.
- Kuo-Huang, L.K., Ku, M.S.B., dan Franceschi, V.R. (2007) Corelation between calcium oxalate crystals and photosynthetic activities in palisade cells of shade-adapted *Paperomia glabella*. *Botanical Studies*. 48: 155 – 164.
- Lumu, R. dan Katongola, C. (2011) Comparative reduction of oxalates from new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) leaves by four processing methods. *Research for Rural Development*. 23 (1): 1-5.
- Meric, C. (2009) Calcium oxalate crystals in some species of the Inuleae (Asteraceae). *Acta Biologica Cracoviensia*. 51 (1): 105 – 110.
- Mou, B. (2008) Evaluation of oxalate concentration in the U.S. spinach germplasm collection. *Horticultural Science*. 43 (6): 1690-1693.



- Musa, A., dan Agbadoyi, E. (2012) Influence of applied nitrogen fertilizer on the bioaccumulation of micronutrients, anti-nutrients and toxic substances in *Telfaira occidentalis* (Fluted Pumpkin). *International Journal of Plant, Animal, and Environmental Science*. 2 (3): 75 – 83.
- Noonan, S.C., Savage, G.P. (1999) Oxalic acid content of foods and its effect on human. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 8: 64-74.
- Oscarsson, K.V., dan Savage, G.P. (2007) Competition and availability of soluble and insoluble oxalates in raw and cooked Taro (*Colocasia esculenta* var. Schott) Leaves. *Food Chemistry, EL-SEVIER*. 101: 559 – 562.
- Prychid, C. dan Rudall, P. (1999) Calcium oxalate crystal in Monocotyledons: A review of their structure and systematics. *Annals of Botany*. 84: 725 – 739.
- Pueschel, C.M., dan West, J.A. (2007) Cytoplasmic streaming of calcium oxalate crystals in *Callypsygma wilsonis* (Bryopsidales, Chlorophyta). *Physiological Research*. 55: 278 – 285.
- Rahman, M.M., dan Kawamura, O. (2011) Oxalate accumulation in forage plants: some agronomic, climatic and genetic aspects. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 24 (3): 439 – 448.
- Ritter, M.M.C., dan Savage, G.P., (2006) Soluble and insoluble oxalate content of nuts. *Life Science*. 12: 2-8.
- Schadel, W.E. dan Walter, W.M. Jr. (1980) Calcium oxalate crystals in the root of sweet potato. *J. Amer. Hort. Sci.* 105 (6): 851 – 854.
- Tsai, J.Y., Huang, J.K., Wu, T.T., Lee, Y.H. (2005). Comparison of oxalate content in foods and beverages in Taiwan. *JTUA*. 16: 93-99.
- Vanhanen, L., Savage, G.P., dan Sangketkit, C. (2011) Oxalate content of eleven indigenous Thai plants. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 9 (3): 38 – 40.
- Wash, I.A., Wu, Y., dan Leibman, M. (2012) A comparison of two extraction methods for food oxalate assessment. *Journal of Food Research*. 1 (2): 232 – 239.

DISKUSI

Penanya 1 : Eko S

Pertanyaan :

Bagaimana agar kadar oksalat pada tahu berkurang?

Jawaban :

Ada dua jenis oksalat yaitu asam dan oksalat. Tahu digunakan karena belum pernah ada penelitian tentang itu.

Penanya 2 : Otavia

Pertanyaan :

Apakah sayuran mentah juga mengandung kristal oksalat? Bagaimana mengatasinya?

Jawaban :

Belum tentu. Cara mengatasinya dengan direndam pada suhu ruang.

