

TANGGAPAN TANAMAN KANGKONG (*Ipomea reptans* Poir.), BAYAM (*Amaranthus tricolor* L.), DAN SELADA (*Lactuca sativa* L.) TERHADAP PENGAYAAN KALSIUM SECARA HIDROPONIK

RESPONSE OF KANGKONG (*Ipomea reptans* Poir.), SPINACH (*Amaranthus tricolor* L.), AND LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) TO CALCIUM ENRICHMENT IN HYDROPONIC CULTURE SYSTEM

Lana Khimayatur Rohmaniyah¹, Didik Indradewa², Eka Tarwaca Susila Putra²

INTISARI

Tiga percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan Ca dalam larutan nutrisi terhadap pertumbuhan, hasil dan kadar kalsium serta kandungan kalsium pada tanaman kangkung (*Ipomea reptans*, Poir.), bayam (*Amaranthus* L.), dan selada (*Lactuca sativa* L.) yang ditanam secara hidroponik. Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada mulai bulan Juni sampai Agustus 2012. Rancangan yang digunakan untuk masing-masing percobaan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga ulangan. Perlakuan pada penelitian ini merupakan perbedaan konsentrasi kalsium dalam larutan nutrisi yaitu 0, 100, 200, 300, dan 400 ppm. Sumber senyawa Ca yang digunakan adalah $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan pemberian konsentrasi Ca sampai konsentrasi Ca 400 ppm dalam larutan nutrisi tidak meningkatkan proses fisiologis, pertumbuhan, dan hasil kangkung dan bayam, namun mampu meningkatkan proses fisiologis, pertumbuhan, dan hasil pada tanaman selada. Peningkatan konsentrasi Ca sampai 400 ppm dalam larutan nutrisi selalu diikuti oleh peningkatan kadar dan kandungan kalsium dalam jaringan daun tanaman kangkung dan bayam. Kadar optimum Ca pada selada dapat dicapai pada 175 ppm, namun kandungan kalsium dalam jaringan daun masih meningkat sampai pemberian Ca 400 ppm. Kesimpulan, bila seseorang mengkonsumsi harian 250 g daun kangkung, bayam, dan selada, kangkung mampu menyumbang 16%, bayam menyumbang 12,3% dan selada hanya menyumbang 6,4% dari kebutuhan Ca manusia yaitu 800mg Ca/orang/hari.

Kata kunci: kalsium, kangkung, bayam, selada, hidroponik

ABSTRACT

Three experiments were conducted to study the effect of Ca enrichment on growth, yield, calcium levels (%), and calcium content (g/plant) of kangkung (*Ipomea reptans*, Poir.), spinach (*Amaranthus* L.), and lettuce (*Lactuca sativa* L.) The research was conducted in the greenhouse of Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Gadjah Mada University from June until August 2012. The design used for each experiment was Completely Randomized Design (CRD) with three replications. The treatments applied in the study were Ca concentrations consisted of 0, 100, 200, 300, and 400 ppm. Sources of Ca compound used was $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. The results showed that any

¹ Alumni Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

² Fakultas pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

concentration of calcium up to 400 ppm added in the nutrient solution did not improve physiological processes, growth, and yield of kangkong and spinach. However, the physiological processes, growth, and yield of lettuce increased by addition of 400 ppm Ca in the nutrient solution. Increasing the concentration of Ca up to 400 ppm in the nutrient solution resulted in the increase of Ca levels and Ca content in the leaf tissue of kangkong and spinach. The optimum level of Ca in lettuce was obtained by Ca 175 ppm, while Ca content increased along with the concentration of Ca added in the nutrient solution. In conclusion, when a person daily consumes 250 g kangkong, spinach, or lettuce, the kangkong contributes 16 %, while spinach contributes 12,3%, and lettuce contributes only 6,4 % of Ca needed by human being which is 800 mg Ca/person/day.

Keywords: *calcium, kangkong, spinach, lettuce, hydroponic*

PENDAHULUAN

Kalsium adalah mineral yang amat penting bagi kesehatan tubuh manusia. Tubuh manusia mengandung lebih banyak kalsium daripada mineral lain. Diperkirakan 1,5-2% berat badan orang dewasa atau sekitar 1,0-1,4 kg terdiri dari kalsium (Kuntz, 2003). Saat ini asupan kalsium rata-rata masyarakat Indonesia baru mencapai 254 mg/hari/orang. Padahal berdasarkan standar internasional angka anjuran kecukupan asupan kalsium sebesar 800-1200 mg/hari/orang dewasa (Kartono dan Soekarti, 2004). Asupan Ca yang rendah dikaitkan dengan penyakit seperti osteoporosis (Heaney 1993; Chan *et al.*, 2007) dan rakhitis (Bhatia 2008; Pettifor 2008), keduanya merupakan kondisi kepadatan tulang yang rendah dan mendasari penyebab kerapuhan tulang pada manusia. Rendahnya asupan Ca juga dikaitkan dengan masalah hipertensi, kanker kolorektal dan lainnya (Heaney dan Bargerlux 1994; Centeno *et al.*, 2009).

Sumber kalsium terbagi dua, yaitu hewani dan nabati. Sumber kalsium nabati seperti sayuran hijau tidak sebesar dalam bahan hewani, tetapi kemampuan sayuran untuk menyediakan Ca dapat ditingkatkan melalui proses pengayaan (fortifikasi) di dalam jaringan tanaman (Galera *et al.*, 2010).

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kandungan Ca di dalam sayuran adalah melalui biofortifikasi secara agronomi dengan meningkatkan konsentrasi Ca pada nutrisi yang diberikan kepada tanaman sehingga jumlah Ca yang diserap oleh tanaman lebih banyak. Cara tersebut sulit untuk diaplikasikan pada sistem konvensional yang menggunakan media tanah. Hal ini dikarenakan ketersediaan Ca di dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman dipengaruhi oleh reaksi tanah, interaksi dengan unsur

lain, serta aktifitas mikroorganismenya di dalam tanah. Oleh karena itu, biofortifikasi lebih mudah dilakukan pada sistem hidroponik.

Penggunaan teknik hidroponik mampu meningkatkan efisiensi serapan kalsium (Ca) oleh tanaman. Efisiensi serapan Ca yang tinggi kemudian diikuti oleh meningkatnya kandungan Ca dalam jaringan tanaman (sayuran). Secara sendirinya dapat ditingkatkan dengan meningkatkan konsentrasi Ca dalam larutan. Meskipun demikian, aplikasi Ca yang berlebihan pada tanaman tidak dianjurkan karena menimbulkan keracunan pada tanaman. Menurut Ginting *et al.* (2007) kisaran aplikasi kalsium untuk tanaman sayur berkisar antara 100-400 ppm. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian tentang upaya untuk mengetahui pengaruh penambahan Ca dalam larutan nutrisi terhadap pertumbuhan, hasil, kadar kalsium (%) dan kandungan Ca (mg/tanaman) dalam jaringan tanaman kangkung, bayam, dan selada tanpa diikuti oleh penurunan kuantitas hasil tanaman.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada mulai bulan Juni sampai Agustus 2012. Penelitian menggunakan media arang sekam dalam polibag dengan rancangan berupa rancangan acak lengkap untuk parameter pertumbuhan dan rancangan acak lengkap faktorial untuk parameter kadar dan kandungan Ca dalam jaringan daun. Perlakuan pada penelitian ini merupakan perbedaan konsentrasi kalsium dalam larutan nutrisi yaitu Ca 0 ppm, Ca 100 ppm, Ca 200 ppm, Ca 300 ppm, dan Ca 400 ppm dengan tiga jenis sayuran daun yaitu kangkung, bayam dan selada. Sumber senyawa Ca yang digunakan adalah $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Tiap ulangan memiliki 12 tanaman sebagai sub ulangan. Sebanyak 4 tanaman dipanen sebagai tanaman korban pertama pada umur 14 hari setelah pindah tanam (kangkung, bayam, selada), 4 tanaman dipanen sebagai tanaman korban kedua pada umur 21 hspt (kangkung) serta 28 hspt (bayam dan selada), dan 4 tanaman sisanya dipanen sebagai tanaman korban ketiga pada umur 28 hspt (kangkung) dan 35 hspt (bayam dan selada). Tanaman yang dipanen sebagai korban 3 sekaligus juga merupakan tanaman sampel yang diamati tiap minggunya. Dengan demikian, secara keseluruhan terdapat 540 tanaman.

Beberapa tahapan penelitian dari sejak pembibitan hingga panen adalah pembuatan nutrisi, pesemaian, penanaman, pemeliharaan tanaman berupa pemberian nutrisi, penyulaman dan pengendalian hama dan penyakit, serta panen. Variabel yang diamati antara lain: tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, bobot segar dan kering tajuk, akar dan bagian ekonomis, luas daun, bobot jenuh daun, panjang akar, luas permukaan akar, dan diameter akar, kadar klorofil daun, kehijauan daun, analisis padatan terlarut total (PTT), kerenyahan, kadar Ca dalam daun, bobot Ca dalam jaringan. Selain pengamatan terhadap tanaman, pengamatan juga dilakukan terhadap kualitas nutrisi dan kondisi rumah kaca. Pengukuran kualitas nutrisi meliputi pH dan EC. Analisis pertumbuhan yang diamati adalah laju pertumbuhan nisbi (LPN), nisbah luas daun (NLD), luas daun khas (LDK), berat daun khas (BDK), Laju asimilasi Bersih (LAB), Kandungan Air Nisbi (KAN), Indeks Panen (IP), Indeks Konsumsi (IK). Hasil pengamatan dianalisis menggunakan program *Statistical Analysis Sistem* (SAS) dengan rancangan acak lengkap dengan tingkat signifikansi 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran EC dan pH nutrisi merupakan hal yang rutin dilakukan pada budidaya tanaman secara hidroponik. EC dan pH nutrisi mengindikasikan tingkat ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Untung (1999) mengemukakan bahwa kebutuhan EC tanaman ditentukan oleh varietas, umur tanaman, dan mikroklimat. Sayuran daun menghendaki nilai EC yang optimal pada kisaran 1,2-1,9 mS/cm. Kisaran pH dalam budidaya hidroponik yang optimal menurut Sutiyoso (2003) berkisar antara 5,5-6,5 dengan angka optimal pada pH 6. Di bawah angka 5,5 dan di atas angka 6,5, beberapa unsur mulai mengendap sehingga tidak dapat diserap oleh akar dan akibatnya tanaman mengalami defisiensi unsur terkait.

Tabel 1. Nilai rata-rata EC dan pH nutrisi selama penelitian dilakukan

Perlakuan	EC(mS/cm)	pH
Ca 0 ppm	1,49	6,5
Ca 100 ppm	1,51	6,5
Ca 200 ppm	1,56	6,4
Ca 300 ppm	1,48	6,4
Ca 400 ppm	1,54	6,5

Larutan nutrisi diberikan secara manual ke tanaman setiap hari dan pengukuran EC dan pH juga dilakukan setiap hari. Rata-rata hasil pengukuran EC dan pH diatas mengindikasikan bahwa EC maupun pH pada masing-masing perlakuan masih dalam kisaran toleransi tanaman sayuran daun yaitu 1,2-1,9 mS/cm untuk EC dan 5,5-6,5 untuk pH. Nilai EC dan pH dalam penelitian ini diusahakan dalam kisaran optimal pertumbuhan sayuran daun, agar pengaruh perlakuan lebih terlihat dan tidak terpengaruh oleh faktor lain.

Tabel 2. Luas permukaan akar, luas daun, berat daun khas (BDK), laju asimilasi bersih (LAB), dan laju pertumbuhan nisbi (LPN) kangkung saat panen (28 hspt)

Perlakuan	Luas Permukaan Akar (cm ²) ²	Luas Daun (cm ²) ¹	BDK (mg/cm ²) ²	LAB (mg/cm ² /minggu) ²	LPN (g/g/minggu) ²
Ca 0 ppm	261,83 a	185,10 a	1,09 a	0,69 a	0,159 a
Ca 100 ppm	336,83 a	294,18 a	0,94 a	0,80 a	0,200 a
Ca 200 ppm	238,17 a	183,82 a	1,10 a	0,74 a	0,179 a
Ca 300 ppm	320,33 a	264,13 a	0,95 a	0,83 a	0,181 a
Ca 400 ppm	172,00 a	165,50 a	1,08 a	0,67 a	0,162 a
CV (%)	10,42	7,22	9,69	19,16	7,15

Keterangan :

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.

- ¹) data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\log(x+1)$.

- ²) data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\sqrt{x+0,5}$

Perbedaan konsentrasi Ca dalam larutan nutrisi tidak berpengaruh terhadap luas permukaan akar tanaman kangkung (Tabel 2). Pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman kangkung tidak ditentukan oleh konsentrasi Ca dalam larutan nutrisi. Pertumbuhan dan perkembangan akar yang baik berpengaruh positif terhadap kemampuan tanaman kangkung dalam menyerap unsur hara dan air untuk pertumbuhan tanaman dengan maksimal pula.

Konsentrasi Ca dalam larutan nutrisi tidak berpengaruh nyata terhadap luas daun dan berat daun khas (BDK) tanaman kangkung pada berbagai konsentrasi aplikasi Ca sampai dengan konsentrasi sebesar 400 ppm. Luas daun tanaman kangkung yang tidak berbeda nyata merupakan akibat dari kondisi perakaran yang juga tidak berbeda nyata. Luas daun yang tidak berbeda

nyata dan variabel BDK yang tidak berbeda nyata menyebabkan tidak terjadinya perbedaan laju fotosintesis tanaman kangkung juga tidak berbeda nyata antar konsentrasi aplikasi Ca. Laju fotosintesis yang tidak berbeda menghasilkan asimilat yang tidak berbeda pula, ini terlihat pada variabel LAB (Tabel 2). Laju asimilasi bersih yang tidak berbeda antar konsentrasi aplikasi Ca mempengaruhi LPN tanaman kangkung yang juga tidak berbeda nyata. Laju pertumbuhan nisbi semakin besar seiring dengan bertambahnya umur suatu tanaman.

Tabel 3. Berat kering, berat segar, indeks panen (IP), indeks konsumsi (IK) kangkung saat panen (28 hspt)

Perlakuan	Berat Kering (g)			Berat Segar(g)			IP	IK
	Tajuk ²⁾	Akar ²⁾	Total ²⁾	Tajuk ²⁾	Akar ¹⁾	Total ¹⁾		
Ca 0 ppm	0,76 a	0,38 a	1,14 a	14,10 a	3,95 a	18,05 a	0,443 a	0,669 a
Ca 100 ppm	0,99 a	0,43 a	1,42 a	17,57 a	4,53 a	22,10 a	0,546 a	0,673 a
Ca 200 ppm	0,69 a	0,28 a	0,96 a	12,44 a	3,05 a	15,49 a	0,572 a	0,663 a
Ca 300 ppm	0,94 a	0,43 a	1,37 a	17,54 a	4,47 a	22,02 a	0,529 a	0,644 a
Ca 400 ppm	0,66 a	0,22 a	0,88 a	11,11 a	2,46 a	13,57 a	0,648 a	0,707 a
CV (%)	10,92	10,8	4,28	19,44	25,79	9,82	18,8	9,43

Keterangan :

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.
- ¹⁾ data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\log(x+1)$.
- ²⁾ data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\sqrt{x+0,5}$

Peningkatan akumulasi bahan kering tanaman mengikuti laju pertumbuhan tanaman tersebut. Variabel LPN yang tidak berbeda nyata antar konsentrasi aplikasi Ca menyebabkan asimilat yang disimpan sebagai bobot kering tanaman juga tidak berbeda (Tabel 2), dengan indeks panen yang tidak berbeda maka hasil tanaman tidak akan berbeda pula hingga konsentrasi aplikasi Ca sebesar 400 ppm. Hasil berat kering yang tidak nyata juga disertai dengan berat segar tanaman serta indeks konsumsi juga tidak berbeda nyata antar konsentrasi aplikasi Ca (Tabel 3).

Tabel 4. Luas permukaan akar, luas daun, berat daun khas (BDK), laju asimilasi bersih (LAB), dan laju pertumbuhan nisbi (LPN) bayam saat panen (35 hspt)

Perlakuan	Luas Permukaan Akar (cm ²) ²	Luas Daun (cm ²) ¹	BDK (mg/cm ²) ²	LAB (mg/cm ² /minggu) ²	LPN (g/g/minggu) ²
Ca 0 ppm	266,33 a	453,03 c	1,65 a	0,41 a	0,17 a
Ca 100 ppm	219,17 a	534,57 bc	1,44 a	0,49 a	0,20 a
Ca 200 ppm	280,67 a	491,97 bc	1,68 a	0,62 a	0,18 a
Ca 300 ppm	246,17 a	656,23 ab	1,42 a	0,46 a	0,16 a
Ca 400 ppm	256,33 a	744,82 a	1,53 a	0,54 a	0,21 a
CV (%)	5,58	16,84	7,9	8,13	5,21

Keterangan :

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.
- ¹) data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\log(x+1)$.
- ²) data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\sqrt{x+0,5}$

Luas daun tanaman bayam meningkat pada waktu panen saat diberi kalsium dengan konsentrasi 400 ppm (Tabel 4). Peningkatan luas daun menyebabkan berat segar tajuk meningkat (Tabel 5) dan berat segar total tanaman bayam juga meningkat dengan pemberian kalsium 400 ppm (Tabel 5).

Perbedaan konsentrasi aplikasi Ca tidak berpengaruh nyata BDK tanaman bayam (Tabel 4). BDK menunjukkan ketebalan daun tanaman. Semakin tebal daun maka kandungan klorofil juga semakin banyak. Luas daun dan BDK yang tidak berbeda menyebabkan menyebabkan laju fotosintesis tanaman juga tidak berbeda. Laju fotosintesis yang tidak berbeda menghasilkan asimilat juga tidak berbeda, ini terlihat pada variabel laju asimilasi bersih (Tabel 4). Laju asimilasi bersih yang tidak berbeda nyata pada beberapa konsentrasi aplikasi Ca mempengaruhi laju pertumbuhan nisbi tanaman yang tidak berbeda (Tabel 4). Laju pertumbuhan nisbi semakin besar seiring dengan bertambahnya umur suatu tanaman.

Tabel 5. Berat kering, berat segar, indeks panen (IP), indeks konsumsi (IK) bayam saat panen (35 hspt)

Perlakuan	Berat Kering (g)			Berat Segar(g)			IP	IK
	Tajuk ²⁾	Akar ²⁾	Total ²⁾	Tajuk ²⁾	Akar ¹⁾	Total ¹⁾		
Ca 0 ppm	1,22 a	0,49 a	1,72 a	23,99 b	5,72 a	29,71 b	0,456 a	0,317 a
Ca 100 ppm	1,55 a	0,41 a	1,95 a	30,72 b	5,94 a	36,65 ab	0,428 a	0,279 a
Ca 200 ppm	1,71 a	0,62 a	2,33 a	28,40 b	8,08 a	36,47 ab	0,359 a	0,290 a
Ca 300 ppm	1,62 a	0,50 a	2,12 a	39,80 a	8,67 a	48,47 a	0,441 a	0,344 a
Ca 400 ppm	1,84 a	0,57 a	2,40 a	40,67 a	8,62 a	49,29 a	0,474 a	0,360 a
CV (%)	10,64	10,42	4,29	15,05	12,38	16,76	15,09	14,45

Keterangan :

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.

- ¹⁾ data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\log(x+1)$.

- ²⁾ data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\sqrt{x+0,5}$

Peningkatan bahan kering tanaman mengikuti laju pertumbuhan tanaman tersebut. Nilai LPN yang tidak berbeda menyebabkan asimilat yang disimpan sebagai bobot kering tanaman juga tidak berbeda (Tabel 5), dan dengan indeks panen yang tidak berbeda (Tabel 5) ;maka hasil tanaman tidak berbeda pula saat diberi Ca dengan beberapa takaran berbeda hingga 400 ppm. Hasil berat kering yang tidak nyata juga disertai dengan berat segar tanaman serta indeks konsumsi juga tidak berbeda nyata antar konsentrasi aplikasi Ca pada tanaman bayam (Tabel 5).

Tabel 6. Luas permukaan akar, luas daun, berat daun khas (BDK), laju asimilasi bersih (LAB), dan laju pertumbuhan nisbi (LPN) bayam saat panen (35 hspt)

Perlakuan	Luas Permukaan Akar (cm ²) ²⁾	Luas Daun (cm ²) ¹⁾	BDK (mg/cm ²) ²⁾	LAB (mg/cm ² / minggu) ²⁾	LPN (g/g/minggu) ²⁾
Ca 0 ppm	43,1 b	298,03 b	0,68 a	0,07 b	0,08 b
Ca 100 ppm	56,0 b	423,53 b	0,83 a	0,24 a	0,25 a
Ca 200 ppm	52,6 b	457,27 b	0,68 a	0,20 a	0,22 a
Ca 300 ppm	54,1 b	407,37 b	0,76 a	0,18 a	0,17 a
Ca 400 ppm	120,8 a	698,30 a	0,82 a	0,23 a	0,19 a
CV (%)	7,5	3,77	3,77	3,66	3,47

Keterangan :

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.
- ¹⁾ data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\log(x+1)$.
- ²⁾ data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\sqrt{x+0,5}$

Konsentrasi aplikasi Ca berpengaruh nyata luas permukaan akar tanaman selada meningkat saat diberi Ca 400 ppm (Tabel 6). Akar yang luas mempermudah penyerapan air dan unsur hara. Jika hal tersebut berjalan lancar maka pertumbuhan akar dapat berjalan optimal sehingga bobot segar akar juga lebih tinggi (Tabel 7). Akar yang berkembang dengan baik maka pertumbuhan tajuk menjadi baik pula (Tabel 7), karena akar dapat mengambil air dan unsur hara untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tajuk tanaman.

Konsentrasi aplikasi Ca hingga 400 ppm berpengaruh nyata terhadap luas daun tanaman selada pada berbagai konsentrasi aplikasi Ca hingga 400 ppm (Tabel 6). BDK menunjukkan ketebalan daun tanaman. BDK meningkat saat diberi kalsium sebanyak 400 ppm (Tabel 6). BDK yang berbeda menghasilkan asimilat yang juga berbeda, ini terlihat pada variabel laju asimilasi bersih (Tabel 6). Laju asimilasi bersih yang berbeda pada beberapa konsentrasi aplikasi Ca menyebabkan perbedaan laju pertumbuhan nisbi tanaman selada (Tabel 6).

Tabel 7. Berat kering, berat segar, indeks panen (IP), indeks konsumsi (IK) selada saat panen (35 hspt)

Perlakuan	Berat Kering (g)			Berat Segar(g)			IP	IK
	Tajuk ²⁾	Akar ²⁾	Total ²⁾	Tajuk ²⁾	Akar ¹⁾	Total ¹⁾		
Ca 0 ppm	0,32 b	0,05 b	0,37 b	19,76 b	2,47 a	12,53 a	0,603 a	0,550 a
Ca 100 ppm	0,40 b	0,08 b	0,51 b	13,14 b	1,90 a	15,04 a	0,696 a	0,675 a
Ca 200 ppm	0,44 b	0,06 b	0,51 b	15,50 b	1,87 a	17,37 a	0,618 a	0,649 a
Ca 300 ppm	0,46 b	0,08 b	0,54 b	15,34 b	1,82 a	17,16 a	0,584 a	0,612 a
Ca 400 ppm	0,77 a	0,18 a	0,95 a	25,87 a	3,43 a	29,30 a	0,593 a	0,644 a
CV (%)	7,17	4,8	2,15	9,13	17,57	6,73	10,86	7,89

Keterangan :

- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.
- ¹⁾ data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\log(x+1)$.
- ²⁾ data analisis telah ditransformasi dalam bentuk $\sqrt{x + 0,5}$

Laju pertumbuhan nisbi semakin besar seiring dengan bertambahnya umur suatu tanaman. Peningkatan bahan kering tanaman mengikuti laju pertumbuhan tanaman tersebut. Pemberian kalsium pada konsentrasi 400 ppm mampu meningkatkan laju pertumbuhan nisbi tanaman selada. Nilai LPN yang berbeda menyebabkan asimilat yang disimpan sebagai bobot kering tanaman juga berbeda pada pemberian kalsium konsentrasi 400 ppm (Tabel 7).

Tabel 8. Kadar Ca (%) dalam jaringan daun saat panen (35 hspt)

Konsentrasi Ca dalam nutrisi	Kadar Ca (%)			Rerata
	Sayuran daun			
	Kangkung	Bayam	Selada	
Ca 0 ppm	6,6893	5,3058	2,7496	4,92 b
Ca 100 ppm	3,2713	5,7023	3,4227	4,13 b
Ca 200 ppm	6,0458	5,5451	2,9173	4,84 b
Ca 300 ppm	5,62	4,9888	3,0637	4,56 b
Ca 400 ppm	8,576	6,5513	2,5253	5,88 a
Rerata	6,04 a	5,62 b	2,94 c	(-)

Keterangan:

- Angka dalam satu baris atau kolom yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat signifikansi 95%
- Tanda (-) tidak ada interaksi antara faktor
- Data ditransformasi dalam bentuk $\sqrt{x + 0,5}$ terlebih dahulu sebelum dianalisis

Perbedaan konsentrasi Ca dalam larutan nutrisi mempengaruhi kadar Ca dalam jaringan daun tanaman (Tabel 8). Semakin tinggi konsentrasi Ca yang diaplikasikan semakin tinggi kadar kalsium dalam jaringan daun tanaman dimana pemberian Ca 400 ppm memberikan pengaruh yang nyata. Perbedaan jenis sayuran daun juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar Ca dalam jaringan daun tanaman dimana kangkung memiliki kadar kalsium yang paling tinggi dibandingkan bayam dan selada.

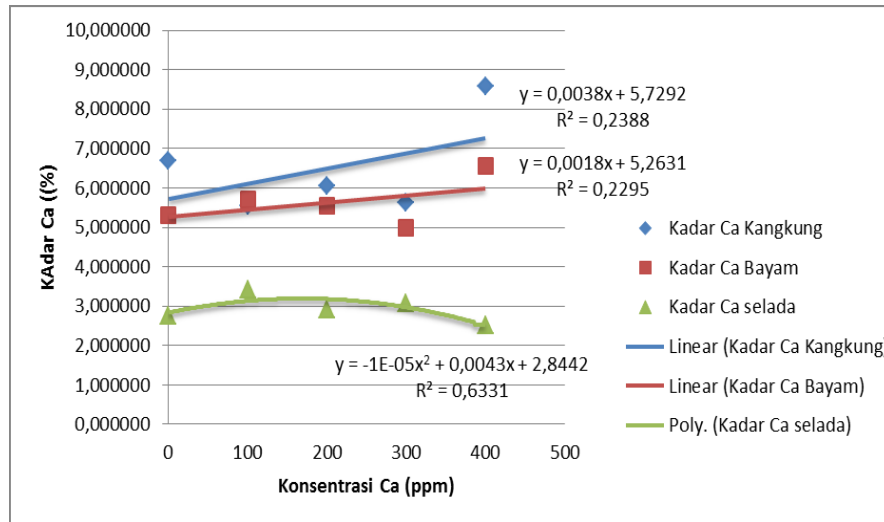
Tabel 9. Kandungan Ca (mg/tanaman) saat panen (35 hspt)

Konsentrasi Ca dalam nutrisi	Kadar Ca (mg/tanaman)			Rerata
	Sayuran daun			
	Kangkung	Bayam	Selada	
Ca 0 ppm	2,842	3,8997	0,6095	2,45 b
Ca 100 ppm	4,2397	4,4478	1,2219	3,30 ab
Ca 200 ppm	3,3454	4,5932	0,9044	2,95 ab
Ca 300 ppm	4,0536	4,6396	0,9651	3,22 ab
Ca 400 ppm	4,674	7,4139	1,4016	4,50 a
Rerata	3,83 b	4,99 a	1,02 c	(-)

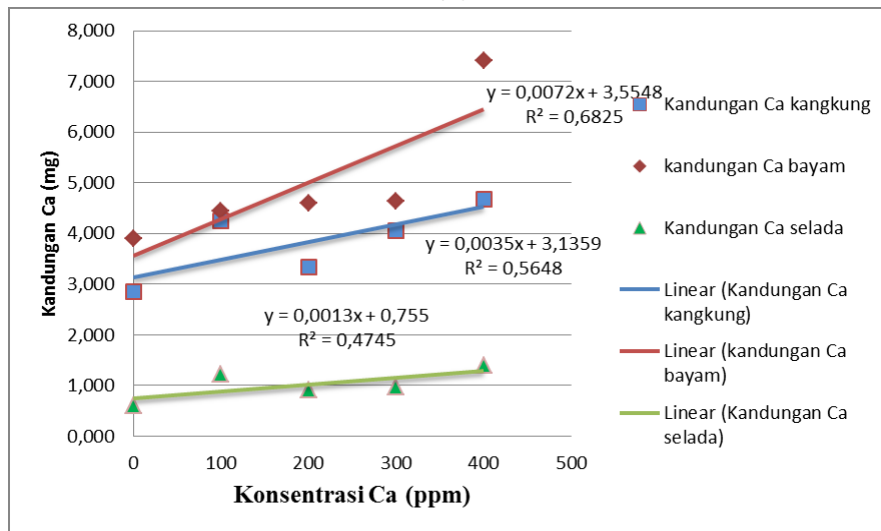
Keterangan:

- Angka dalam satu baris atau kolom yang diikuti huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat signifikansi 95%
- Tanda (-) tidak ada interaksi antara faktor
- Data ditransformasi dalam bentuk $\sqrt{x + 0,5}$ terlebih dahulu sebelum dianalisis

Perbedaan konsentrasi Ca dalam larutan nutrisi mempengaruhi kandungan Ca dalam jaringan daun tanaman (Tabel 9). Semakin tinggi konsentrasi Ca yang diaplikasikan semakin tinggi kandungan kalsium dalam jaringan daun tanaman dimana pemberian Ca 400 ppm memberikan pengaruh yang nyata. Perbedaan jenis sayuran daun juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap kandungan Ca dalam jaringan daun tanaman, dimana bayam memiliki kandungan kalsium yang paling tinggi dibandingkan kangkung dan selada.



(a)



(b)

Gambar 1. Hubungan regresi antara konsentrasi Ca dalam larutan nutrisi dengan kadar Ca (a) dan kandungan Ca (b) dalam jaringan daun tanaman kangkung, bayam, dan selada

Peningkatan konsentrasi Ca dalam larutan nutrisi sampai dengan 400 ppm selalu diikuti oleh kenaikan kadar dan kandungan kalsium dalam jaringan daun kangkung dan bayam (Gambar 1). Pada tanaman selada, kadar kalsium mencapai maksimum pada dosis Ca 175 ppm, sedangkan kandungan Ca terus meningkat seiring dengan kenaikan dosis aplikasi Ca hingga 400 ppm.

World Health Organization (WHO) secara umum menganjurkan konsumsi sayur dan buah untuk hidup sehat sejumlah 400 gr per orang per hari, yang terdiri dari 250 g sayur dan 150 g buah (WHO, 2002). Kadar Ca dalam daun kangkung mencapai 8,58% pada konsentrasi aplikasi Ca 400 ppm. Tanpa biofortifikasi, kadar Ca hanya sebesar 6,69% sehingga kandungan Ca per 1 g berat kering daun kangkung sebesar 6,69 mg Ca/1 g berat kering daun. Apabila penyusutan kadar air rata-rata sebesar 94%, maka per 250 g daun kangkung segar terkandung 100,35 mg Ca. Pada penelitian ini, kadar Ca dalam daun kangkung dapat ditingkatkan menjadi 8,58% pada konsentrasi aplikasi Ca 400 ppm, sehingga dalam 250 g daun kangkung segar mengandung 128,7 mg Ca. Pengayaan Ca pada larutan nutrisi hingga 400 ppm hanya mampu meningkatkan kandungan Ca sebesar 28,35 mg per 250 g daun kangkung. Bila seseorang mengkonsumsi 250 g daun kangkung yang mengandung 128,7 mg Ca, hanya mampu menyumbang 16% dari kebutuhan kalsium manusia 800 mg/orang-hari.

Konsentrasi Ca 400 ppm menyebabkan kadar Ca dalam daun bayam tertinggi yaitu 6,55%. Kadar kalsium tanpa biofortifikasi hanya sebesar 5,3% dari 1 g berat kering daun atau sebesar 5,3 mg Ca/1 g berat kering daun. Bila penyusutan kadar air rata-rata sebesar 94%, maka terkandung 79,85 mg Ca dari 250 g berat segar daun. Pada penelitian ini kadar Ca dalam daun bayam dapat ditingkatkan menjadi sekitar 6,55% dari 1 g berat kering daun pada konsentrasi aplikasi Ca 400 ppm, maka dari 250 g berat segar daun yang dikonsumsi mengandung 98,65 mg Ca. Pengayaan kalsium pada larutan nutrisi sampai dengan 400 ppm hanya mampu meningkatkan sejumlah 18,8 mg Ca dari rata-rata 250 g daun bayam yang dikonsumsi. Bila seseorang mengkonsumsi 250 g daun bayam yang mengandung 98,65 mg Ca, hanya mampu menyumbang 12,3% dari kebutuhan kalsium manusia 800 mg Ca/orang-hari.

Kadar Ca dalam daun selada mencapai 3,42% pada konsentrasi aplikasi Ca 175 ppm. Kadar kalsium tanpa biofortifikasi hanya sebesar 2,74% dari 1 g berat kering daun atau sebesar 2,74 mg Ca/1 g berat kering daun. Bila penyusutan kadar air rata-rata sebesar 94%, maka terkandung 41,25 mg Ca dari 250 g berat segar daun. Pada penelitian ini kadar kalsium dalam daun selada dapat ditingkatkan pada konsentrasi Ca 175 ppm menjadi sebesar 3,42% dari 1 g berat kering daun, maka dari 250 g berat segar daun yang dikonsumsi mengandung 51,5 mg Ca. Pengayaan kalsium pada larutan nutrisi sampai

dengan 175 ppm hanya mampu meningkatkan sejumlah 10,25 mg Ca dari rata-rata 250 g daun selada yang dikonsumsi. Bila seseorang mengonsumsi 250 g daun selada yang mengandung 51,5 mg Ca, hanya mampu menyumbang 6,4% dari kebutuhan kalsium manusia 800 mg Ca/orang-hari.

KESIMPULAN

1. Peningkatan konsentrasi Ca sampai dengan 400 ppm dalam larutan nutrisi tidak meningkatkan proses fisiologis, pertumbuhan, dan hasil kangkung dan bayam, namun mampu meningkatkan proses fisiologis, pertumbuhan dan hasil selada.
2. Peningkatan konsentrasi Ca dalam larutan nutrisi sampai dengan 400 ppm selalu diikuti oleh kenaikan kadar dan kandungan kalsium dalam jaringan daun kangkung dan bayam. Pada tanaman selada, kadar kalsium mencapai maksimum pada dosis Ca 175 ppm, sedangkan kandungan Ca terus meningkat seiring dengan kenaikan dosis aplikasi Ca hingga 400 ppm.
3. Konsumsi harian daun kangkung sebesar 250 g mampu menyumbang 16% kebutuhan kalsium harian yang mencapai 800 mg/orang-hari, sedangkan 250 g daun bayam dan selada berturut-turut mampu menyumbang 12,3% dan 6,4% kebutuhan kalsium harian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Ir. Sri Trisnowati, M.Sc. selaku dosen penguji, serta tak lupa kedua orang tua Bapak Edy Sutiman dan Ibu Darmiyah serta semua pihak yang telah ikut serta membantu dalam penulisan skripsi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhatia, V. 2008. Dietary Calcium Intake-A Critical Reappraisal. *Indian J. Med. Res.* 127:269–27.
- Centeno, V., de Barboza G. D., Marchionatti, A., Rodriguez, V., dan deTalamoni N. T. 2009. Molecular Mechanisms Triggered by Low Calcium Diets. *Nutr Res Rev* 22:163–174.
- Chan, F. W. K., Wong, S. Y. S., Leung, J. C. S., Leung, P. C., Woo, J. 2007. Experience of Famine and Bone Health in Post-Menopausal Women. *Int. J. Epidemiol* 36:1143–1150.

- Galera. S.G., E. Rojas, D. Sudhakar, C. Zhu, A.M. Pelacho, T. Capell dan P. Christou. 2010. *Transgenic Res.* 19: 165-180.
- Ginting. C., Tohari, D. Shiddieq dan Didik Indradewa. 2007. *Pengendalian Suhu Zona Perakaran pada Pertanaman Selada Sistem Hidroponik*. Disertasi. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta.
- Heaney, R., P. 1993. Nutritional Factors in Osteoporosis. *Annu. Review Nutr.* 13:287–316.
- Heaney, R., P., dan Bargerlux, M.,J. 1994. Low-Calcium Intake-The Culprit Inmany Chronic Diseases. *Journal Dairy Science* 77:1155–1160.
- Kuntz, L.A., 2003. Elemental Calcium Facts. *www.foodproductdesign.com*. 1 Juni 2012.
- Kartono, D. dan M. Soekarti. 2004. *Angka Kecukupan Gizi Mineral : Kalsium, Fosfor, Magnesium, Besi, Yodium, Seng, Selenium, Mangan dan Flour*. Widya Karya Nasional Pangan dan Gizi VIII, LIPI. Jakarta.
- Pettifor, J. M., Fischer P. R., Thacher, T. D., Arnaud, J., dan Meissner, C. A. 2008. Dietary Calcium Deficiency and Rickets. *Indian J. Med. Res.* 128:673–674.
- Sutiyoso, Y. 2003. *Meramu Pupuk Hidroponik*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Untung, O. 1999. *Hidroponik Sayuran Sistem NFT (Nutrient Film Technique)*. Penebar Swadaya. Bogor.
- WHO. 2002. *Reducing Risks, Promoting Healthy Life*. World Health Report, Geneva.