

**PENGEMBANGAN TEKNOLOGI MAJU  
UNTUK MENINGKATKAN PRODUKSI  
SAYURAN BERKUALITAS SEPANJANG  
TAHUN**

*Development of Advanced Technology to Increase Year-round Production of High  
Quality Vegetable*

**Anas D. Susila**

Bagian Produksi Tanaman

Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB  
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga Bogor, Telp/Fax: 0251-629353/628060  
e-mail : [anas@ipb.ac.id](mailto:anas@ipb.ac.id)

# Pengembangan Teknologi Maju untuk Meningkatkan Produksi Sayuran Berkualitas Sepanjang Tahun

Anas D. Susila

Bagian Produksi Tanaman  
Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian  
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga Bogor, Telp/Fax: 0251-629353/628060  
e-mail : anas@ipb.ac.id

## ABSTRAK

*Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST)* merupakan sistem budidaya tanaman secara hidroponik tanpa substrat yang dikembangkan dari sistem kultur air. Teknologi ini dapat dioperasikan tanpa tergantung adanya energi listrik karena tidak memerlukan pompa untuk re-sirkulasi larutan hara. Hal ini menyebabkan THST menjadi lebih sederhana, mudah dioperasikan, dan murah, sehingga berpotensi untuk dikembangkan pada tingkat petani kecil. Studi pengembangan THST telah dilakukan untuk mengetahui jenis tanaman, disain panel, jenis dan volume media, umur bibit, sumber dan konsentrasi larutan hara, pupuk daun dan naungan, serta pemanfaatan kembali larutan hara yang optimal. Hasil studi menunjukkan bahwa jenis tanaman yang cocok dibudidayakan dengan THST adalah Caisim (*Tosakan*), Pakchoy (*White tropical type*), Kailan (*BBT 35*) Kangkung (*Bangkok LPI*), Selada (*Panorama, Grand Rapids, Red Lettuce, Minetto*), dan Seledri (*Amigo*). Komposisi larutan hara yang digunakan adalah (ppm)  $\text{Ca}^{++} 177$ ,  $\text{Mg}^{++} 24$ ,  $\text{K}^+ 210$ ,  $\text{NH}_4^+ 25$ ,  $\text{NO}_3^- 233$ ,  $\text{SO}_4^- 113$ , dan  $\text{PO}_4^- 60$  serta Fe 2.14, B 1.2, Zn 0.26, Cu 0.048, Mn 0.18, dan Mo 0.046. *Electrical conductivity (EC)* larutan hara optimum berkisar antara 1.09-1.15  $\text{mS.cm}^{-1}$ . Namun demikian beberapa tanaman masih dapat tumbuh baik pada EC 0.515 – 0.550  $\text{mS.cm}^{-1}$ . Jenis media tanam yang dapat digunakan adalah *rockwool* dan *busa sintetik* dengan volume media 20  $\text{cm}^3$ . Pemanfaatan kembali larutan hara sampai 3 musim tanam masih dapat mendukung pertumbuhan dan hasil Selada (*Panorama, Minetto*) dan Kangkung, akan tetapi kurang baik untuk sayuran daun lain. Aplikasi pupuk daun dan naungan 55% yang diharapkan dapat memperbaiki kualitas dan kuantitas hasil ternyata tidak dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil Kailan, Selada, maupun Seledri. Pada pengembangan teknologi *fertigasi* melalui *drip* irigasi, Terong (*Mustang*), Kacang Panjang (*Putih panjang*), Kangkung (*Sutera*) dan Cabe (*Prabu*) ditanam dalam mulsa *polyethylene* dan sistem irigasi tetes pada tanah *Podzolic* dengan pH rendah (4.5), C-Organic rendah (0.97%), N-total sangat rendah (0.17%), kandungan K rendah (0.15 me/100 g), dan kandungan  $\text{P}_2\text{O}_5$  yang tinggi (13.7 ppm) untuk mengevaluasi cara budidaya yang terbaik. Kombinasi antara mulsa *polyethylene* (dengan atau tanpa), aplikasi pemupukan (dengan atau tanpa) jumlah pipa irigasi (0, 1, dan 2 pipa/bedeng), metode aplikasi pupuk (*preplant, split, and drip*) disusun dalam Rancangan Acak Kelompok dengan empat ulangan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa aplikasi pemupukan secara nyata meningkatkan hasil seluruh komoditas yang diuji. Perlakuan satu pipa irigasi memberikan hasil terbaik. Aplikasi pemupukan 100% P, 50% N dan K pada saat tanam ditebar dan 50% N and K secara *fertigasi* 10 kali secara mingguan merupakan cara terbaik untuk budidaya Terong, Kacang Panjang, Kangkung, dan Cabe dengan mulsa *polyethylene* dan irigasi tetes.

**Keywords** : hydroponics, floating, water culture, non-recirculate, vegetables, *fertigasi*, *drip* irigasi

## PENDAHULUAN

Permintaan terhadap komoditas sayuran di Indonesia terus meningkat, seiring dengan meningkatnya penduduk dan konsumsi per kapita. Disamping itu, sebagian masyarakat juga menginginkan produk hortikultura yang lebih berkualitas. Konsumsi sayuran di Indonesia tahun 2005 adalah 37.30 kg/kapita/tahun hal ini masih rendah dari syarat minimum yang direkomendasikan oleh FAO 65 kg/kapita/tahun. Namun demikian produksi nasional sayuran masih lebih rendah dari konsumsi yakni sebesar 35.30 kg/kapita/tahun. (Deptan, 2006). Dengan demikian masih terbuka sangat lebar peningkatan produksi agar mampu memenuhi tingkat konsumsi sayuran nasional

Perubahan kondisi global dengan diberlakukannya *Asean Free Trade Area* (AFTA) tahun 2003 merupakan fasilitas yang mempermudah masuknya komoditas hortikultura impor ke Indonesia (Muchtadi, 2006). Meningkatnya nilai impor menunjukkan bahwa permintaan pasar belum mampu dipenuhi oleh produksi dalam negeri. Apabila kondisi ini terus berlangsung, maka Indonesia akan sangat tergantung dari produk hortikultura impor.

Perubahan kondisi global juga terjadi pada bergesernya pola iklim. Perubahan pola iklim global mengakibatkan berkurangnya ketersediaan air, baik secara kuantitas maupun kualitas, mendorong berkembangnya teknologi produksi tanaman dalam lingkungan terkendali (*Controlled Environment Agriculture*). Sementara itu kegiatan produksi hortikultura dituntut harus dapat menghasilkan produk yang dapat memenuhi syarat 4 K, yakni *kuantitas, kualitas, kontinuitas, dan kompetitif* atau daya saing. Konsekuensi dari kondisi tersebut menuntut adanya pengembangan teknologi maju yang dapat menghasilkan produk berkualitas sepanjang tahun.

Makalah ini disusun berdasarkan pengembangan dua teknologi maju yang berpotensi untuk memproduksi sayuran berkualitas sepanjang tahun. Pertama, *Teknologi Hidroponik Sistem Terapung* (THST) merupakan teknologi yang sangat efisien dalam pemanfaatan sarana produksi karena tidak memerlukan pemeliharaan, panen tepat, dan kerusakan sangat rendah, sehingga cocok diterapkan sebagai sistem produksi pada industri sayuran komersial. Kedua, teknologi *fertigasi* melalui *drip* irigasi pada budidaya sayuran menggunakan

mulsa *polyethylene*. Teknologi *fertigasi* ini dirakit untuk membantu kesulitan petani pada proses penyiraman dan pemupukan pada budidaya sayuran menggunakan mulsa *polyethylene*. Lebih dari 50% luas lahan petani tanaman sayuran di Indonesia menggunakan mulsa *polyethylene*.

Pengembangan THST sudah selesai dalam tahap perakitan selanjutnya akan dikajiterapkan di petani. Sementara itu, teknologi *fertigasi* melalui *drip* irigasi pada mulsa *polyethylene* telah disosialisasikan kepada petani dan petugas dari 10 propinsi sentra produksi sayuran dan bekerjasama dengan Direktorat Tanaman Sayuran dan Biofarmaka, sejak tahun 2005.

## **TUJUAN**

Tujuan utama program pengembangan teknologi maju ini adalah untuk meningkatkan produk sayuran yang aman, berkualitas dan dapat dipanen sepanjang tahun. Teknologi maju yang dikembangkan harus dapat dengan mudah di adopsi oleh petani sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani, dan aman bagi lingkungan.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST)**

Hidroponik merupakan salah satu teknologi budidaya tanaman dalam lingkungan terkendali. Budidaya tanaman secara hidroponik dilakukan tanpa tanah, dengan pemberian hara tanaman yang terkendali, serta dapat dilaksanakan menggunakan media tanam maupun tanpa media tanam (Savage, 1985). Saat ini, teknologi hidroponik telah banyak diadopsi oleh petani di Indonesia terutama untuk produksi sayuran, bunga potong, dan tanaman hias. Namun demikian operasi teknologi hidroponik di Indonesia hampir seluruhnya menggunakan sistem media tanam (*substrat*) dengan irigasi tetes (*Drip Irrigation*). Sistem ini sangat tergantung terhadap ketersediaan energi listrik untuk pompa karena adanya sirkulasi dan distribusi larutan hara tanaman. Beberapa perusahaan yang telah mengadopsi teknologi ini adalah Taman Buah Mekarsari (Damayanti, 1999), PT Hortitek Tropika Sari (Ecih, 1998), PT Saung Mirwan (Febriana, 1997) serta Kem Farms (Ismail, 1992).

Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST) adalah salah satu sistem budi daya tanaman secara hidroponik yang dikembangkan dari *water culture*.

THST merupakan metode penanaman yang memanfaatkan kolam berukuran besar dengan volume larutan hara yang besar pula, sehingga dapat menekan fluktuasi konsentrasi larutan hara. Pada sistem ini tidak dilakukan sirkulasi larutan hara, sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap ketersediaan energi listrik. Kesederhanaan THST merupakan keunggulan teknologi ini untuk dapat secara mudah diaplikasikan oleh petani.

Permasalahan utama dalam THST adalah terendahnya akar tanaman dalam larutan hara. Hal ini mengakibatkan rendahnya kadar oksigen di zona perakaran. Morard and Silvestre (1996) menyatakan bahwa ruang pori yang berisi air dapat memperlambat atau bahkan memutuskan pertukaran gas antara atmosfer dan rizosfer akibatnya konsentrasi oksigen yang diperlukan untuk respirasi akar menjadi faktor pembatas. Kekurangan oksigen pada aktifitas sistem perakaran mempengaruhi terjadinya proses penyerapan air dan mineral hara. Menurut Drew and Stolzy (1991) gangguan akar sebagai akibat kekurangan oksigen (deoksigenasi) adalah pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang tidak sempurna serta menurunnya hasil panen.

Caisin (*Brassica rapa* L. cv. group Caisin), Pakchoy (*Brassica rapa* L. cv. group Pak Choi), Kailan (*Brassica oleracea* L. var. alboglabra), Kangkung (*Ipomoea reptans*), Selada (*Lactuca sativa* L.), dan Seledri (*Apium graveolens* L.) var. Amigo adalah sayuran daun komersial yang telah teruji dapat dibudidayakan dengan sistem THST. Manipulasi aerasi zona perakaran dengan merancang desain panel dan penggunaan jenis media tertentu telah dapat dilakukan untuk mengatasi masalah kekurangan oksigen.

### ***Fertigasi Melalui Drip Irigasi***

Di Indonesia, teknologi mulsa *polyethylene* (plastik hitam-perak) telah dimanfaatkan secara meluas pada produksi sayuran. Mulsa *polyethylene* banyak digunakan petani untuk budi daya cabe, tomat, dan, kubis, terong, dan melon di lapang. Perkiraan luas total penggunaan mulsa *polyethylene* pada budidaya sayuran di Indonesia pada tahun 2005 adalah sekitar 52% (490.000 ha) dari total luas lahan produksi tanaman sayuran sebesar 944.695 ha (Deptan, 2006). Menurut Kusumainderawati (1998) penanaman cabe pada musim kemarau dengan sistem mulsa plastik hitam-perak dapat meningkatkan hasil varietas Hero

mencapai 13,2 ton/ha, sedangkan dengan cara petani setempat (tanpa mulsa) dengan varietas Pandak hanya menghasilkan 4,2 ton/ha.

Beberapa keuntungan penggunaan mulsa *polyethylene* adalah dapat mempertahankan struktur tanah tetap gembur, memelihara kelembaban tanah, mengurangi kehilangan unsur hara, dan menekan pertumbuhan gulma. Menurut Vos, et al., 1991) penggunaan mulsa plastik hitam perak dapat mengurangi kerusakan tanaman cabai merah karena thrips, tungau dan menunda insiden virus yang merupakan kendala penting dalam peningkatan hasil cabe merah. Namun demikian, kendala yang dihadapi dalam penggunaan mulsa plastik adalah kesulitan dalam aplikasi irigasi dan pemupukan.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, penggunaan teknologi *fertigasi* melalui *drip* irigasi merupakan salah satu solusi yang tepat. *Drip* irigasi dapat meningkatkan presisi waktu dan cara aplikasi pupuk pada produksi sayuran. Pupuk dapat diformulasikan sesuai dengan kebutuhan tanaman dan diaplikasikan pada saat tanaman memerlukan. Kemampuan *drip* irigasi untuk meningkatkan efisiensi aplikasi pupuk dapat menekan kebutuhan pupuk untuk produksi sayuran.

Saat ini, *drip* irigasi telah banyak diadopsi oleh petani di Indonesia terutama untuk produksi sayuran, bunga potong, dan tanaman hias secara hidroponik di dalam *greenhouse*. Pada sistem hidroponik pemberian larutan nutrisi dilakukan secara bersamaan dengan dengan irigasi yang dikenal dengan *fertigasi* (*Fertigation = Fertilization and Irrigation*). Beberapa produksi sayuran secara hidroponik dengan *drip* irigasi telah diusahakan di beberapa perusahaan yang telah disebutkan di atas. Namun demikian, di Indonesia teknologi *fertigasi* dengan *drip* irigasi belum dimanfaatkan untuk budi daya tanaman di lapang terbuka.

Pada tanah bertekstur kasar (*coarse*) hasil tertinggi tanaman tomat dicapai dengan aplikasi sebagai pupuk N dan K sebelum tanam (*preplant*) dan sebagian dengan *fertigasi* (Locascio and Myers, 1974; Dangler and Locascio, 1990b). Locascio et al. (1997a) melaporkan bahwa hasil yang dapat dipasarkan total (*total marketable yield*) tanaman tomat yang ditanam pada tanah berpasir di Florida dengan mulsa *polyethylene* lebih tinggi dicapai pada pupuk N dan K yang diaplikasikan secara *split* (40% *preplant* dan 60% dengan *fertigasi*) dibanding dengan 100% diaplikasikan *preplant*. Locascio et al. (1997b) juga melaporkan

bahwa hasil terendah tanaman tomat dicapai dengan perlakuan pupuk N dan K 100% preplant, hasil sedang dengan 100% *fertigasi*, dan hasil tertinggi dicapai dengan 40% preplant dan 60% dengan *fertigasi*. Menurut Susila (2001) aplikasi pupuk S lewat *drip* irigasi meningkatkan konsentrasi S pada daun tomat dan paprika dibanding aplikasi 100% preplant.

Efisiensi pemupukan ini dapat dicapai dengan pemberian pupuk dalam jumlah kecil merata sepanjang musim dibanding dengan pemberian sekaligus pada saat tanam (Locascio dan Smajstrla, 1989; Locascio et al., 1989; Dangler dan Locascio, 1990a). Aplikasi yang terkontrol tidak hanya dapat menghemat pupuk akan tetapi dapat pula menekan potensi polusi air tanah oleh pencucian pupuk pada saat hujan besar atau irigasi yang berlebihan. *Drip* irigasi atau irigasi tetes adalah tipe mikro-irigasi dimana air diberikan ke zone perakaran secara perlahan-lahan melalui pipa dan *drip emitter* yang diletakkan di dekat barisan tanaman (Hochmuth dan Smajstrla, 1977). Keuntungan utama *drip* irigasi adalah kemampuannya dalam menghemat penggunaan air dan pupuk. Data penelitian menunjukkan bahwa penghematan air dengan *drip* irigasi sebesar 80% dibanding sub-irigasi, dan 50% dibanding overhead-sprinkler irigasi (Locascio et al., 1981; Elmstorm et al., 1981; Locascio et al., 1985).

## **BAHAN DAN METODE**

### **Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST)**

Studi pengembangan THST telah dilaksanakan di fasilitas *Greenhouse* THST Danasworo Hydro-Garden Ciapus, Bogor, mulai Juni 2002 sampai dengan Mei 2006. Studi tersebut dilaksanakan untuk mengetahui jenis tanaman sayuran yang cocok untuk THST (Susila, 2003), jenis media (*rockwool*, *busa sintetik*, *cocodust*, *arang sekam + OSF*, *arang sekam + cocodust*) dan volume media ( $20\text{ cm}^3$ ,  $110\text{ cm}^3$ ) (Susila dan Koerniawati, 2005), umur bibit (2,3, dan 4 minggu) dan konsentrasi larutan hara (210,420, dan 630 ppm) (Aziz, 2003), sumber larutan hara (*AB Mix*, *NPK*) dan pupuk daun (Napitupulu, 2003). Disamping itu juga dipelajari pengaruh pemanfaatan kembali larutan hara (1,2,dan 3 musim tanam) dengan konsentrasi awal yang berbeda ( $500$ ,  $1500\ \mu\text{S cm}^{-1}$ ) (Nufinayati, 2004; Putri, 2004), pengaruh naungan dan pupuk daun untuk meningkatkan kualitas

hasil tanaman sayuran (Pamujiningtyas, 2005; Hikmah, 2005; dan Phaisal, 2005), serta optimasi EC larutan (Wulan, 2006; Sesmininggar, 2006)

Varietas tanaman yang digunakan adalah Caisin (*Brassica rapa* L. cv. group Caisin) var. *Tosakan*, Pakchoy (*Brassica rapa* L. cv. group Pak Choi) var. *White tropical type*, Kailan *Brassica oleracea* L. var. *alboglabra*) var. *BBT 35* dan *TC-61*, Kangkung (*Ipomoea reptans*) var. *Bangkok LPI*, Selada (*Lactuca sativa* L.) var. *Panorama*, *Grand Rapids*, *Red Lettuce*, *Minetto*, dan Seledri (*Apium graveolens* L.) var. *Amigo*. Media tanam yang digunakan adalah *rockwool*, sedangkan larutan hara yang digunakan adalah AB mix dengan stok A yang terdiri atas :  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{FeEDTA}$  dan larutan hara stok B :  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HBO}_3$ ,  $\text{ZnSO}_4$  dan  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ . Komposisi hara yang digunakan adalah sebagai berikut (ppm)  $\text{Ca}^{++}$  177,  $\text{Mg}^{++}$  24,  $\text{K}^+$  210,  $\text{NH}_4^+$  25,  $\text{NO}_3^-$  233,  $\text{SO}_4^-$  113,  $\text{PO}_4^-$  60, Fe 2.14, B 1.2, Zn 0.26, Cu 0.048, Mn 0.18, dan Mo 0.046.

Kolam tanam terbuat dari cor beton yang berukuran 3 m (lebar) x 20 m (panjang) x 60 cm (dalam). Kolam tersebut berada di dalam *greenhouse* berdinding kasa 20 mesh dan beratap UV plastik dengan ketebalan 0.02 mm. Panel tanam (Panel 15) adalah *styrofoam* dengan ketebalan 4 cm dengan ukuran panel 40 x 60 cm, Lubang tanam dibuat dengan diameter 2.5 cm (volume 20 cm<sup>3</sup>) dengan jarak antar pusat lubang tanam 12.5 cm, sehingga total lubang tanam per panel adalah 15.

Benih dikecambahkan dalam *tray* plastik yang diberi kertas tissue dan dibasahi. Setelah berkecambah (3 hari), bibit *ditransplanting* ke panel semai (panel 77) dipelihara selama tiga minggu sebelum di apungkan. Media yang digunakan dalam panel semai adalah *rockwool*. Selama pemeliharaan bibit disemprot dengan pupuk daun (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O:14%-12%-14%) setiap empat hari sekali dengan konsentrasi 2 g/l. Penanaman dilakukan dengan memindahkan bibit (*transplanting*) dari panel semai (panel 77) ke panel tanam (panel 15). Selanjutnya, panel tanam diapungkan (*floating*) dalam kolam tanam di atas larutan hara. Pemanenan dilakukan pada umur 4-6 minggu setelah tanam dengan cara mencabut tanaman selada beserta akarnya. Proses selengkapnya disajikan pada Gambar 1,2,3, dan 4. *Roadmap* Pengembangan Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST) disajikan pada Gambar 5.

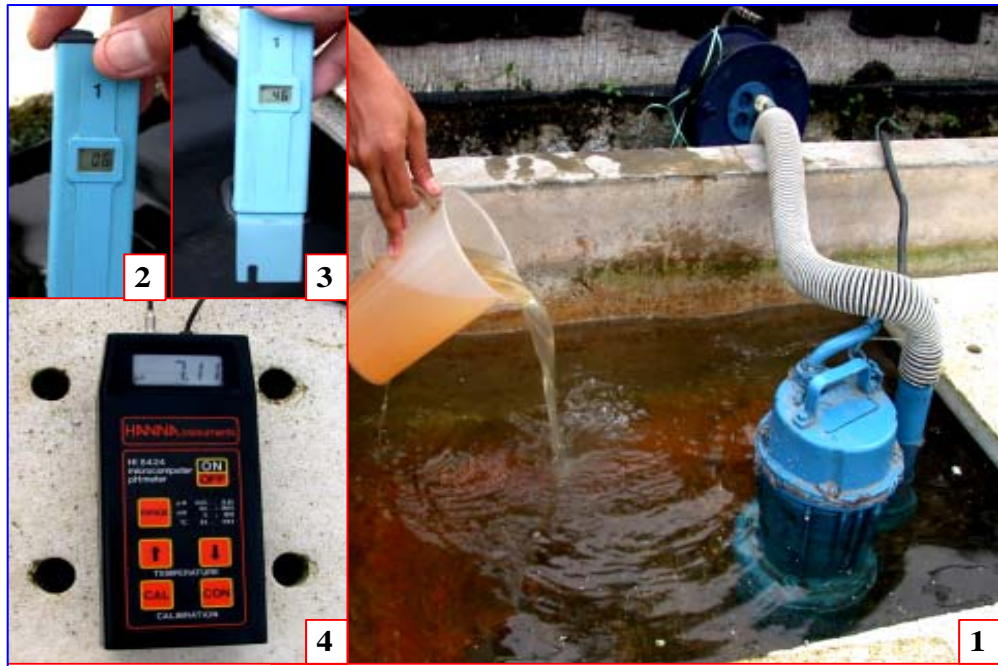




Gambar 1. Proses persemaian. (1). Benih dalam kemasan , (2). Benih dikecambahkan di dalam tray semai selama 2-3 hari, (3) Bibit yang telah berkecambah ditransplanting ke panel semai (panel 77), (4) Bibit yang siap di floating (umur 3-4 minggu setelah semai).



Gambar 2. Persiapan greenhouse dan kolam tanam. (1). Instalasi kerangka greenhouse , (2). Pemasangan UV Plastik, (3) Penguncian UV Plastik pada kerangka Greenhouse, (4) Greenhouse dan bak tanam yang siap dipakai.

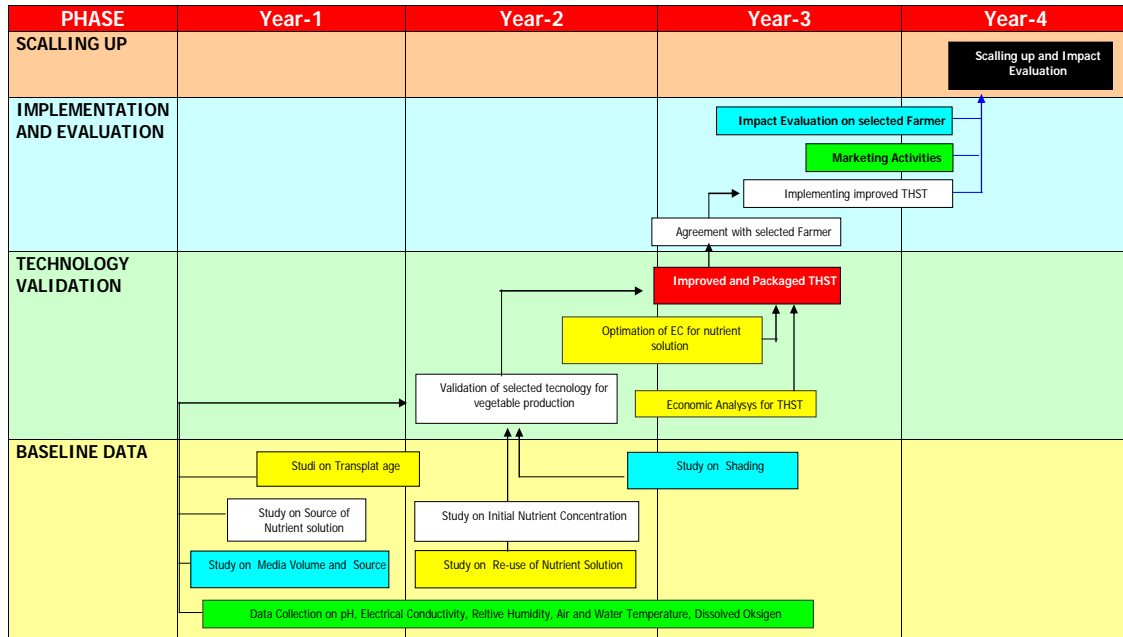


Gambar 3. Persiapan Larutan Hara. (1). Pencampuran larutan stock ke dalam kolam tanam, (2). Pengukuran konsentrasi awal, (3) Pengukuran konsentrasi larutan setelah ditambah hara ,(4) Pengukuran konsentrasi pH.



Gambar 4. Proses penanaman (1). Meletakkan/menyusun panel tanam di dalam kolam (floating), (2). Tanaman Selada umur 1 MST, (3) Tanaman Kangkung umur 1 MST,(4) Pengecekan perakaran selada umur 1 MST.

Sebelum pemberian larutan hara dilakukan analisis kualitas air. Selama percobaan dilakukan pengukuran *Electrical conductivity* (EC), pH, dan suhu larutan hara serta pengukuran suhu dan *Relative Humidity* (RH) di dalam *greenhouse* pada pagi (08:00 WIB), siang (13.00 WIB) dan sore (16:00 WIB).



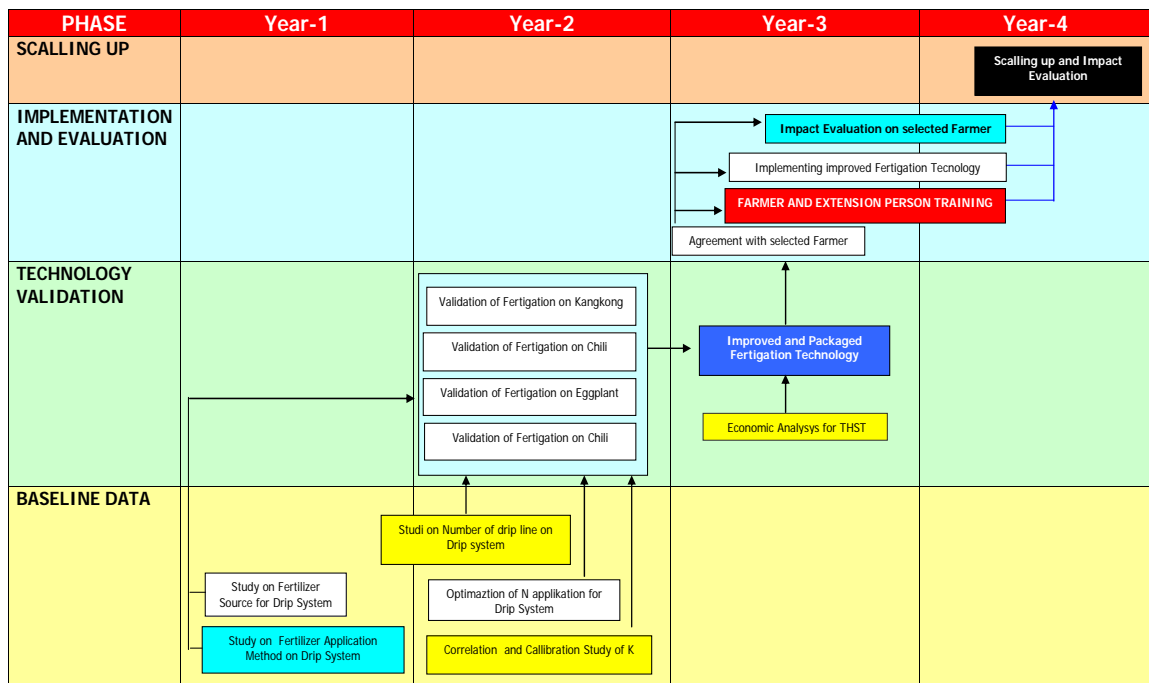
Gambar 5. Roadmap Pengembangan Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST)

### Fertigasi Melalui Drip Irigasi

*Dripper line* adalah pipa irigasi yang berbentuk pipih (orifice diameter, 0.025 cm; jarak emitter, 20 cm; debit emitter 1.7 liter/jam) dipasang 10 cm dari tengah-tengah bedengan dan ditutup dengan dengan mulsa *polyethylene* (hitam perak dengan ketebalan 0.0038 cm). Jenis tanaman sayuran yang dievaluasi adalah cabai (*Capsicum anuum*) kultivar Prabu, terong (*Solanum melongena*) kultivar Ungu, kangkung (*Ipomoea reptans*) kultivar Sutera, and kacang panjang (*Vigna unguilata*) kultivarvar putih panjang. Cabai dan terong ditanam *double rows* dengan jarak 0.6 m dalam barisan dan 0.6 antar barisan. Kacang panjang *double rows* dengan jarak 0.25 m didalam barisan. Kangkung ditanam empat baris dengan jarak antar baris 0.25 m dan 0.1m dalam barisan. Irigasi dilakukan 2 kali sehari pada jam 09.00 dan 15.00 masing-masing selama 30 menit atau sekitar 21.25 liter per bedeng (5 m<sup>2</sup>). Irigasi dilakukan bila tidak terjadi hujan.



Dosis pupuk yang digunakan adalah 117-41-131 kg N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O/ha dari sumber Urea, SP36, and ZA. Seluruh P, 50% N dan K diaplikasikan sebelum tanam (*preplant*), dan 50% N dan K diaplikasikan bersama irigasi (*fertigasi*) Aplikasi secara pupuk *Preplant* dilakukan dengan menebar pupuk diatas permukaan bedeng seluas 0.9 x 5 m dengan ketinggian bedeng 0.2 m kemudian dicampurkan secara merata. Aplikasi secara *drip* dilakukan dengan menginjeksikan pupuk ke dalam irigasi seminggu sekali selama 10 minggu, sedangkan aplikasi secara *Split* adalah 50% *preplant* dan 50% *drip*. Roadmap pengembangan teknologi *fertigasi* melalui *drip* irigasi disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Roadmap Pengembangan Teknologi *fertigasi* melalui *Drip* Irigasi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST)

#### Jenis Tanaman

Beberapa jenis tanaman sayuran yang berhasil tumbuh dan berproduksi normal dalam THST adalah Selada (*Lacctuca sativa* L.) var. *Panorama*, *Grand Rapid*, Caisin (*Brassica rapa* L. cv. group Caisin) var. *Tosakan*, Pakchoy (*Brassica rapa* L. cv. group Pak Choi) var. *White tropical type*, Kailan *Brassica oleracea* L. var. *albuglabra*) var. *BBT 35*, dan Kangkung (*Ipomoea reptans*)

var.*Bangkok LPI*. Bobot yang dapat dipasarkan per panel tanaman Selada, Pakchoy, Caisin, Kailan, dan Kangkung pada saat panen (4 MST) masing-masing berturut - turut 960, 589, 622, 204, dan 866 g (Susila 2003). Pertumbuhan tanaman Kailan kurang optimal dalam sistem THST dimana terlihat adanya gejala *interveinal chlorosis*. Kondisi tanaman saat panen disajikan pada Gambar 7,8,9,10,11, dan 12.

### **Umur Bibit, Volume dan Jenis Media**

Penggunaan umur bibit 2, 3, dan 4 minggu setelah semai tidak memberikan perbedaan hasil yang dapat dipasarkan tanaman selada. Namun demikian dari segi kemudahan *transplanting* bibit umur 4 minggu lebih mudah apabila dibandingkan dengan bibit umur 2 atau 3 minggu. Media tanam busa sintetik memberikan hasil panen terbaik pada kedua volume media, bahkan pada volume media 20 cm<sup>3</sup> hampir menyamai hasil *rockwool*. Busa sintetik kemungkinan mempunyai *properties* yang mirip dengan *rockwool* dimana masih memberikan kesempatan akar untuk mendapatkan cukup oksigen. Menurut Morgan (2000) dalam sistem NFT, kebutuhan terhadap oksigen bagi sistem perakaran dapat disuplai oleh sebagian lapisan akar yang tidak terendam dalam lapisan larutan hara. Ruang pori dalam media akan terisi oleh air atau udara. Busa sintetik memiliki aerasi yang baik sebab media ini memiliki daya pegang air dan mampu memfasilitasi pertukaran gas yang keluar masuk melalui media.

### **Sumber Larutan Hara**

Sumber larutan hara AB mix dalam THST memberikan hasil panen yang terbaik apabila dibandingkan dengan NPK maupun tanpa larutan hara. Tanpa pemberian larutan hara, kondisi air di lokasi percobaan masih mampu menunjang pertumbuhan tanaman selada sampai 2 minggu. Akan tetapi apabila tidak diberi hara kondisi pertumbuhan tanaman akan lebih rendah apabila dibandingkan dengan pemberian AB Mix. Penggunaan pupuk daun juga dapat memperbaiki hasil panen, sehingga kemungkinan kombinasi AB mix melalui akar dengan pupuk melalui daun selanjutnya dapat di gunakan untuk peningkatan hasil dan kualitas tanaman selada. Namun demikian penggunaan NPK 14:12:14 ternyata tidak cocok untuk mendukung pertumbuhan tanaman selada dalam THST.

### **Konsentrasi Pemanfaatan Kembali Larutan Hara**

Pada konsentrasi awal larutan hara sebesar  $500 \mu\text{S cm}^{-1}$ , terjadi penurunan bobot yang dapat dipasarkan sejalan dengan waktu pemanfaatan kembali larutan hara. Semakin lama larutan hara dimanfaatkan semakin rendah bobot yang dipasarkan. Akan tetapi pada konsentrasi  $1500 \mu\text{S cm}^{-1}$  pemanfaatan kembali larutan hara sampai musim ke tiga tidak mengakibatkan penurunan bobot yang dapat dipasarkan tanaman Selada.

Setiap varietas Selada memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menyerap unsur hara dan ketahanan terhadap kondisi yang kurang menguntungkan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dari empat varietas selada yang diuji, varietas *Panorama* dan *Minetto* memiliki bobot yang dapat dipasarkan per tanaman dan per panel yang lebih besar. Kondisi serupa terjadi pada tanaman Kangkung dimana pada konsentrasi larutan hara awal tinggi, pemanfaatan kembali larutan nutrisi diikuti dengan meningkatnya bobot yang dapat dipasarkan. Akan tetapi kondisi sebaliknya terjadi pada tanaman Pakchoy, dimana pemanfaatan kembali larutan hara mengakibatkan penurunan bobot yang dapat dipasarkan pada konsentrasi larutan hara awal tinggi. Pemanfaatan kembali larutan hara mengakibatkan penurunan bobot yang dapat dipasarkan pada tanaman Caisin akan tetapi respon ini tidak terlihat pada tanaman Kailan. Baik pada tanaman Caisin maupun tanaman Kailan penggunaan konsentrasi awal tinggi memberikan bobot yang dapat dipasarkan lebih tinggi apabila dibanding dengan konsentrasi larutan hara awal yang rendah.

### **Naungan dan Pupuk Daun**

Pengaruh interaksi antara naungan dengan pupuk daun terjadi pada bobot yang dapat dipasarkan tanaman Selada dan Kailan. Baik pada naungan maupun tanpa naungan aplikasi pupuk daun secara linier menurunkan bobot yang dapat dipasarkan per tanaman maupun per panel. Kondisi ini berlawanan dengan hasil aplikasi pupuk daun yang dilaksanakan oleh Napitupulu (2003). Pada tanaman Seledri, perlakuan naungan menurunkan bobot yang dapat dipasarkan dari 281 g menjadi 190 g. Sedangkan pemakaian pupuk daun samapai 2.5 mg/l secara linier juga menurunkan bobot yang dapat dipasarkan per panel.



Gambar 7. Caisin pada saat panen (4MST)



Gambar 8. Pakcoy pada saat panen (4MST)



Gambar 9. Kailan umur 4 MST



Gambar 10. Kangkung umur 3MST.



Gambar 11. Kangkung pada saat panen (4 MST)



Gambar 12. Selada pada saat panen (4 MST)

## **pH dan EC Larutan Hara**

Derajat keasaman (pH) rata-rata pada konsentrasi hara awal rendah cenderung memiliki nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan konsentrasi hara tinggi. Pada konsentrasi hara awal rendah dan konsentrasi hara awal tinggi pH tertinggi berada pada waktu tanam ke-2 masing-masing 8.87 dan 8.90, dan terendah pada waktu tanam ke-1 masing-masing 5.47 dan 5.27. Waktu tanam ke-2 memiliki nilai pH rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan pada waktu tanam ke-1 dan ke-3. Peningkatan pH di atas kisaran pH optimum tanaman *Brassica* pada budidaya hidroponik yakni 6.5 – 7.5 (Resh, 1998) diduga merupakan salah satu penyebab menurunnya pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

Konduktivitas listrik larutan (*Electric Conductivity, EC*) terjadi penurunan selama pertumbuhan tanaman. Pada konsentrasi hara awal rendah, EC rata-rata pada waktu tanam ke-1 berkisar  $487.23 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  dan terus menurun sampai  $467.79 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Pada konsentrasi hara awal tinggi, EC rata-rata pada waktu tanam ke-1 adalah  $1545.17 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  dan pada waktu tanam ke-3 menjadi  $1490.35 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Penurunan EC pada konsentrasi hara awal tinggi lebih besar dibandingkan pada konsentrasi hara awal rendah. Hal ini diduga karena penyerapan hara yang terkandung dalam larutan hara awal tinggi lebih banyak diserap oleh tanaman dibandingkan pada larutan hara awal rendah.

Seluruh rangkaian pengembangan THST ini telah disusun menjadi Standar Prosedur Operasional (SPO) penanaman sayuran menggunakan sistem ini. Ringkasan Standar Prosedur Operasional (SPO) disajikan dalam Tabel 1. Disamping itu juga dilakukan kajian analisis usahatani budidaya selada keriting menggunakan THST dibandingkan dengan cara konvensional di lahan terbuka. Pada Tabel 2 disajikan perbandingan analisis usahatani budidaya antara Selada Keriting var *Grand Rapids* pada THST dengan budidaya secara konvensional di lapang untuk lahan seluas  $300 \text{ m}^2$ . Secara umum dapat disimpulkan bahwa keunggulan THST dapat dilihat dari kemampuan teknologi ini menghasilkan produk layak pasar yang lebih tinggi daripada teknologi konvensional pada satuan luas lahan yang sama. Lebih rendahnya harga dasar produk yang timbul dari THST menunjukkan bahwa teknologi ini mampu memberikan keuntungan yang lebih besar bagi penggunaannya apabila dibanding cara budidaya konvensional.



Tabel 1. Rangkuman Hasil Kajian Pengembangan Teknologi Hidroponik Sistem Terapung

No	Komponen	Hasil Kajian	References
1.	Jenis Tanaman	1. Selada ( <i>Lactuca sativa</i> L.) var. <i>Panorama</i> , <i>Grand Rapid</i> , 2. Caisin ( <i>Brassica rapa</i> 3. cv. group Caisin) var. <i>Tosakan</i> , 3. Pakchoy ( <i>Brassica rapa</i> L. cv. group Pak Choi) var. <i>White tropical type</i> , 4. Kailan <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>alboglabra</i> ) var. <i>BBT 35</i> , dan 5. Kangkung ( <i>Ipomoea reptans</i> ) var. <i>Bangkok LPI</i> .	Susila (2003)
2.	Bahan Panel Tanam	Styrofoam <i>High Density</i>	Susila (2003)
3.	Ukuran Panel (PxLxT) cm	60 x 40 x 5 cm	Susila (2003)
4.	Jumlah Lubang Panel Semai	77 lubang	Susila (2003)
5.	Jumlah Lubang Panel Tanam	15 lubang	Susila (2003)
	Diameter Lubang	2.5 cm	Susila (2003)
6.	Jenis Media Tanam	<i>Rockwool</i> , Busa sintetik	Susila dan
7.	Volume Media Tanam	20 cm <sup>3</sup>	Koerniawati, (2005)
8.	Sumber larutan hara	AB Mix	Susila (2003)
9.	Sumber larutan hara	<b>Stok A:</b> yang terdiri atas : KNO <sub>3</sub> , Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , FeEDTA dan larutan hara <b>Stok B :</b> KNO <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> , MnSO <sub>4</sub> , CuSO <sub>4</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> HBO <sub>3</sub> , ZnSO <sub>4</sub> dan Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .	Napitupulu (2003)
	Komposisi Larutan Hara (ppm)	Komposisi hara yang digunakan adalah sebagai berikut (ppm) :Ca <sup>++</sup> 177, Mg <sup>++</sup> 24, K <sup>+</sup> 210, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 25, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 233 , SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> 113, PO <sub>4</sub> <sup>=</sup> 60, Fe 2.14, B 1.2, Zn 0.26, Cu 0.048, Mn 0.18, dan Mo 0.046	Napitupulu (2003)
10	Umur Bibit	3 – 4 minggu	Aziz (2003)

No	Komponen	Hasil Kajian	References
11	Kosentrasi Larutan Hara	1.09-1.15 mS.cm <sup>-1</sup> .	Nufinayati (2004); Putri (2004), Wulan (2006), Sesmininggar (2006)
12.	Jumlah Penanaman Kembali (siklus)	Minimum 3 kali	Nufinayati (2004); Putri (2004)
13.	Naungan	55% Bila diperlukan	Pamujiningtyas (2005); Hikmah, (2005); dan Phaisal (2005)
14.	Pupuk Daun	NPK: 14-12-14 bila diperlukan	Pamujiningtyas (2005); Hikmah, (2005); dan Phaisal (2005)
16.	pH Larutan Hara	6.5 – 7.0	Wulan (2006), Sesmininggar (2006)
17.	DO ( <i>Disolved Oxygen</i> )	3 – 4 ppm	Wulan (2006), Sesmininggar (2006)
18	Suhu Larutan Hara	25-28° C	Wulan (2006), Sesmininggar (2006)

Tabel 2. Perbandingan Analisis Usahatani Antara Budidaya Selada Keriting var *Grand Rapids* pada THST dengan Secara Konvensional di Lapang untuk Lahan Seluas 300 m<sup>2</sup>

No	Komponen	THST	Kovensional di Lapang
1.	Jumlah Produksi per Hari (kg)	100	9.1
3.	Biaya Produski per Tahun (Rp)	27 590 510	2 541 620
4.	Jumlah Panen per Tahun (kali)	45	43
5.	Total Produksi per Tahun (kg)	32 200	2 675
6.	Total Pendapatan per tahun (Rp)	48 300 000	4 013 100
7	Keuntungan per tahun	20 709 490	1 471 480
8	Untuk memenuhi permintaan per hari 100 kg memerlukan lahan seluas (m <sup>2</sup> )	300	3 300
9	Harga Dasar pada BEP (15 MST) (Rp)	1 112.9	2 003,3

Keterangan : Perhitungan Analisi Usahatani dilakukan menggunakan program VEGISS ,Perencanaan Produksi Sayuran Komersial (Susila, 2004), dengan asumsi harga per kg = Rp 1,500,-

### Fertigasi Melalui Drip Irigasi

Aplikasi *drip* irigasi secara nyata meningkatkan hasil yang dapat dipasarkan tanaman kacang panjang, terong, kangkung dan cabe merah. Pemberian irigasi baik melalui satu maupun dua pipa *dripper line* dapat meningkatkan produksi tanaman yang diuji. Satu *dripper line* per bedeng cocok diaplikasikan untuk tanaman cabe merah, kangkung, dan terong. Namun demikian pada tanaman kacang panjang aplikasi dengan dua *dripper line* memberikan hasil terbaik. Data total hasil yang dapat dipasarkan (*marketable yield*) per plot ( $7.5 \text{ m}^2$ ) tanaman kacang panjang, terong, kangkung dan tanaman cabe merah menurut sistem irigasi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Total Hasil yang Dapat Dipasarkan (*Marketable Yield*) per Plot ( $7.5 \text{ m}^2$ ) (g) kacang Panjang, Terong, Kangkung dan Tanaman Cabe Merah menurut Sistem Irigasi

Treatments	Total Hasil yang Dapat Dipasarkan ( <i>Marketable Yield</i> ) per Plot ( $7.5 \text{ m}^2$ ) (g)			
	Kacang Panjang	Terong	Kangkung	Cabe Merah
No Line (Check)	372.3 b	10 105.5 c	1 878.8 b	4.5 b
One Line	762.6 b	18 746.6 a	3 689.0 a	8.3 a
Two Line	906.2 a	17 493.8 b	3 547.3 a	8.1 a

Keterangan :

No Line = Tanpa *Drip* Irigasi (rain fed) t = Seluruh pupuk diaplikasikan sebelum tanam

One Line = Satu Pipa (*Dripper line*) per Plot

Two Line = Dua Pipa (*Dripper line*) per Plot

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata pada Uji DMRT 5%

Jumlah pipa irigasi secara nyata mempengaruhi semua variable. Bobot buah tertinggi sebesar 13,543.3 kg/ha dicapai dengan penggunaan 1 *dripper line*. Tanpa pipa irigasi, bobot buah per tanaman, per bedeng, dan per hektar lebih rendah dibanding menggunakan 1 dan 2 *dripper line*. Akan tetapi penggunaan 1 *dripper line* tidak berbeda dengan penggunaan 2 *dripper line* untuk variabel di atas. Oleh karena itu 1 *dripper line* sudah cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman cabai dalam budidaya menggunakan mulsa *polyethylene* di lahan kering.

Aplikasi pupuk melalui irigasi tetes secara nyata meningkatkan hasil semua tanaman yang diuji. Aplikasi pupuk secara Split memberikan hasil terbaik bagi tanaman Kacang Panjang, Kangkung, dan Cabe Merah. Akan tetapi aplikasi 100% secara *drip* cocok untuk tanaman Terong. Total hasil yang dapat dipasarkan (*marketable yield*) per plot (7.5 m<sup>2</sup>) (g) Kacang panjang, Terong, Kangkung dan tanaman Cabe Merah menurut metode aplikasi pupuk disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Total Hasil yang Dapat Dipasarkan (*Marketable Yield*) per Plot (7.5 m<sup>2</sup>) (g) kacang Panjang, Terong, Kangkung dan Tanaman Cabe ra Merah menurut Metode Aplikasi Pupuk

Treatments	Total Hasil yang Dapat Dipasarkan ( <i>Marketable Yield</i> ) per Plot (7.5 m <sup>2</sup> ) (g)			
	Kacang Panjang	Terong	Kangkung	Cabe Merah
Preplant	754.4 bc	15 091.3 c	2883.8 c	6 200 bc
<i>Drip</i>	746.8 b	19 918.4 a	3484.6 b	8 700 ab
Split	1 002.0 a	19 350.9 b	4486.0 a	9 700 a

Keterangan :

Preplant = Seluruh pupuk diaplikasikan sebelum tanam

*Drip* = 100% P pada saat tanam dan 100% N dan K melalui *drip* irigasi

Split = 100% P , 50% N, 50% K pada saat tanam dan 50% N dan K melalui *drip* irigasi

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata pada Uji DMRT 5%

Pengaruh penggunaan mulsa *polyethylene* signifikan pada semua variable yang diukur pada tanaman cabai. Bobot per buah, bobot buah per tanaman, per bedeng dan per hektar meningkat dengan penggunaan mulsa *polyethylene*. Bobot buah/ha meningkat hampir 4 kali lipat dengan penggunaan mulsa *polyethylene* dari 3,325.8 kg /ha menjadi 11,606.9 kg/ha. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan mulsa dapat meningkatkan hasil buah cabai. Penggunaan mulsa *polyethylene* dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dengan mengurangi kehilangan akibat evaporasi. Kondisi ini terjadi juga pada terong, kacang panjang, dan kangkung. Hasil pengujian teknologi *fertigasi* melalui *drip* irigasi disajikan pada Gambar 13,14,15,16,17, dan 18.



Gambar 13. Terong dengan mulsa *polyethylene* dan *drip* irigasi. (Kiri). No mulched + no lines + 100% preplant, (Tengah) Mulched + 1 lines + Split, (Kanan) Mulched + No Line + 100% preplant



Gambar14 . Terong dengan mulsa *polyethylene* dan *drip* irigasi. (Kiri). Mulched + 2 lines + 100% preplant, (Tengah) Mulched + 2 lines + 100% Drip, (Kanan) Mulched + 2 Line + Split



Gambar 15. Kacang Panjang dengan mulsa *polyethylene* dan *drip* irigasi. (Kiri). Mulched + 1 lines + 100% preplant, (Tengah) No Mulched + No lines + 100% Pre, (Kanan) Mulched + 1 Line + Split



Gambar 16. Kangkung dengan mulsa *polyethylene* dan *drip* irigasi. Mulched + 1 lines + 100% preplant



Gambar 17. Cabe dengan mulsa *polyethylene* dan *drip* irigasi. (Kiri). Mulched + 1 lines + Split, (Kanan) No Mulched + No lines + 100% Pre



Gambar 18. Cabe dengan mulsa *polyethylene* dan *drip* irigasi. ( Kiri). Mulched + 1 lines + 100% drip, (Kanan) Mulched + 2 lines + 100% Drip

## SIMPULAN DAN SARAN

Dalam rangka pengembangan THST beberapa simpulan dapat ditarik dari rangkaian penelitian ini yakni: Jenis tanaman mempunyai kemampuan adaptasi yang berbeda terhadap THST, AB mix sampai konsentrasi  $1.15 \text{ mS.cm}^{-1}$  dapat dimanfaatkan sebahai sumber hara, busa sintetik dengan volume media  $20 \text{ cm}^3$  berpotensi sebagai pengganti *rockwool*, pemanfaatan kembali larutan hara masih dapat dilakukan sampai 3 musim tanam, akan tetapi penggunaan pupuk daun dan naungan belum dapat memperbaiki pertumbuhan dan hasil panen tanaman sayuran. Untuk mempercepat implementasi THST dalam skala komersial masih perlu dikaji disain kolam yang lebih murah, konsentrasi hara optimum untuk setiap varietas sayuran daun, manajemen pH dan kandungan oksigen larutan, identifikasi terbentuknya senyawa toksik dalam pemanfaatan berulang larutan hara, serta kajian analisis biaya THST.

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa Pemakaian mulsa *polyethylene* dapat meningkatkan hasil panen terong, kacang panjang, kangkung, dan cabai. Aplikasi pupuk dapat meningkatkan hasil panen terong, kacang panjang, kangkung, dan cabai. Penggunaan 1 *dripper line* memberikan hasil terbaik pada budidaya terong, kangkung dan cabai, sedangkan 2 *pipa irigasi* sesuai untuk kacang panjang. Aplikasi pupuk secara *split* memberikan hasil terbaik pada budidaya tanaman terong, kacang panjang, kangkung dan cabai.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Sebagian penelitian ini dibiayai dari Hibah Penelitian, *Project Development for Undergraduate Education (DUE)-like* Batch III, Program Studi Hortikultura, Departemen Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor tahun anggaran 2002/2003 Penulis mengucapkan terima kasih kepada staf KOICA (*Korean International Corporation Agency*) atas (KOICA), atas dukungan dan bagi pelaksanaan penelitian ian. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada seluaruh anak bimbing dan seluruh teknisi lapang, atas bantuannya dalam perakitan teknologi ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, S.A. 2003. Pengaruh umur bibit dan konsentrasi hara terhadap pertumbuhan dan produksi selada (*Lactuca sativa* L.) dalam teknologi hidroponik sistem terapung (THST) tanaman selada. Skripsi. Departemen BDP, Faperta IPB
- Damayanti, M. 1999. Budi Daya melon varietas 'Sky Rocket' secara hidroponik di Taman Buah Mekarsari. Laporan Ketrampilan Profesi. Jurusan Budi Daya Pertanian Faperta IPB. Bogor. 42 hal.
- Dangler, J.M. and S.J. Locascio. 1990a. Yield of trickle-irrigated tomatoes as affected by time of N and K application. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:585-589.
- Dangler, J.M. and S.J. Locascio. 1990b. External and internal blotchy ripening and fruit elemental content of trickle-irrigated tomatoes as affected by N and K application time. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:547-549.
- [DEPTAN] Departemen Pertanian. 2006. Produksi, Luas Areal dan Produktivitas Sayuran di Indonesia. <http://www.deptan.go.id> [3 Februari 2007].
- Drew, M. C. & L. H. Stolzy. 1991. Growth Under Oxygen Stress. p. 331-342. In : Y. Waisel, A. Eshel and U. Kafkafi (Eds.) Plant Roots The Hidden Half. Marcel Dekker. Inc. New York
- Ecih. 1998. Tanaman melon (*Cucumis melo* L.) di PT Hortitek Tropikasari Kec. Semplak Kab. Bogor. Laporan Ketrampilan Profesi. Jurusan Budi Daya Pertanian Faperta IPB. Bogor. 66 hal.
- Elmstorm, G.W., S.J. Locascio, and J.M. Myers. 1981. Watermelon response to *drip* and sprinkler irrigation. Proc. Fla. State Hort. Soc. 94:161-163.
- Febriana, M. 1997. Budi Daya tanaman tomat secara hidroponik di PT Saung Mirwan. Laporan Ketrampilan Profesi. Jurusan Budi Daya Pertanian Faperta IPB. Bogor. 64 hal
- Hikmah, Z.M. 2005. Pengaruh naungan dan pupuk daun terhadap pertumbuhan dan produksi kailan (*Brassica oleracea* L. var alboglabra) dalam teknologi hidroponik sistem terapung (THST). Skripsi. Departemen BDP, Faperta IPB.
- Hochmuth, G.J. and A.G. Smajstrla. 1997. Fertilizer application and management for micro (*drip*)-irrigated vegetable in Florida. Fla. Coop. Ext. Circ, 1181.
- Ismail. 1992. Rumah plastik untuk Budi Daya Selada di Kem Farms. Laporan Ketrampilan Profesi. Jurusan Budi Daya Pertanian Faperta IPB. Bogor. 89hal.
- Kusumainderawati, E.P. 1998. Peranan pemupukan dan penggunaan mulsa terhadap produktivitas cabai di luar musim. Prosiding seminar nasional dan pertemuan tahunan Komisariat Daerah Himpunan Ilmu Tanah Indonesia Tahun 1998 (buku 2). di Malang. Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI), hal. 167-172.

- Locascio, S.J, and A.G. Smajstrla. 1989. Drip irrigated tomato as affected by water quantity and N and K application timing. Proc. Fla. State. Hort. Soc. 102:307-309.
- Locascio, S.J., and J.M. Myers. 1974. Tomato response to plug-mix, mulch and irrigation methods. Proc. Fla. State. Hort. Soc. 87:126-130
- Locascio, S.J., J.M. Myers, and S.R. Kostewicz. 1981. Quantity and rate of water application for drip irrigated tomatoes. Proc. Fla. State Hort. Soc. 91:163-166.
- Locascio, S.J., G.J. Hochmuth, S.M. Olson, R.C Hochmuth, A.A. Csizinszky, and K.D. Shuler. 1997a. Potassium source and rate for polyethylene-mulched tomatoes. HortSci. 21(7):1204-1207.
- Locascio, S.J., G.J. Hochmuth, F.M. Rhoads, S.M. Olson, A.G. Smajstrla, and E.A. Hanlon. 1997b. Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. HortSci. 32:230-235.
- Locascio, S.J., S.M. Olson, F.M. Rhoads, C.D. Stanley, and A.A. Csizinszky. 1985. Water and fertilizer timing for trickle-irrigated tomatoes. Proc. Fla. State Hort. Soc. 102:307-309.
- Locascio, S.J., S.M. Olson, F.M. Rhoads. 1989. Water quantity and time of N and K application for trickle-irrigated tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114:265-268.
- Morard, P. & J. Silvestre. 1996. Plant injury due to oxygen deficiency in the root environment of soilless culture: a review. Plant and Soil 184:243-254.
- Morgan, L. 2000. Are your plants suffocating? The importance of oxygen in hydroponics. The Growing Edge 12(6):50-54.
- Muchtadi, T.R. 2006. Peningkatan Daya Saing Buah Melalui Riset dan Pengembangan Teknologi. Prosiding Lokakarya Nasional Manajemen Riset Buah-buahan. Kerjasama Ristek, Puslitbanghort dan PKBT, IPB. Bogor.
- Napitupulu, L . 2003. Pengaruh aplikasi pupuk daun dan sumber larutan hara terhadap pertumbuhan dan produksi selada (*Lactuca sativa* L.) dalam teknologi hidroponik sistem terapung (THST) tanaman selada. Skripsi. Departemen BDP, Faperta IPB
- Nurfinayati. 2004. Pemanfaatan berulang larutan hara pada budidaya selada (*Lactuca sativa*) dalam teknologi hidroponik sistem terapung (THST). Skripsi. Departemen BDP, Faperta IPB
- Pamujiningtyas, B.K. 2005. Pengaruh naungan dan pupuk daun terhadap pertumbuhan dan produksi selada (*Lactuca sativa* L. var. Minetto) dalam teknologi hidroponik sistem terapung (THST). Skripsi. Departemen BDP, Faperta IPB.



- Phaisal, R. 2005. Pengaruh naungan dan pupuk daun terhadap pertumbuhan dan produksi seledri (*Apium graveolens*) dalam teknologi hidroponik sistem terapung (THST). Skripsi. Departemen BDP, Faperta IPB.
- Pitss, D.J., and G.A. Clark. 1991. Comparison of drip irrigation to sub irrigation for tomato production in southwest Florida. *Applied Eng. Agr.* 7(2):177-184
- Putri, U.T. 2004. Pemanfaatan berulang larutan hara pada budidaya beberapa sayuran daun dalam teknologi hidroponik sistem terapung (THST). Skripsi Departemen BDP, Faperta IPB
- Resh, H. M. 1998. *Hydroponic Food Production*. Woodbridge Press Publ. Co. Santa Barbara. 527p.
- Savage, A.D. 1985. Overview:Background, current situation, and future prospect, p.6 – 11. In: A.J. Savage (ed.). *Hydroponics worldwide: State of the art in soilless crop production*. Intl. Ctr. Special. Studies Inc. Honolulu, Hawaii.
- Sesmininggar, A. 2006. Optimasi Konsentrasi Larutan Hara pada Budidaya Pakchoi (*Brassica rapa* L. cv. group Pak Choi) dengan Teknologi Hidroponik Sistem Terapung. Skripsi. Departemen BDP, Faperta IPB.
- Susila, A.D. and S.J. Locascio. 2001. Sulfur Fertilization for *Polyethylene-mulched Cabbage*. *Proc.Fla.State Hort. Soc.* 114:318-322
- Susila, A.D. 2003. Pengembangan teknologi hidroponik sistem terapung (THST) untuk menghasilkan sayuran daun berkualitas. Laporan Hibah Penelitian. Project DUE-like Batch III. Program Studi Hortikultura, Faperta, IPB.
- Susila, A.D. dan Y. Koerniawati. 2005. Pengaruh volume dan jenis media tanam pada pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) dalam teknologi hidroponik sistem terapung (THST). *Buletin Agronomi*. XXXII (3):16-21
- Vos, J.G.M. , N. Sunarmi, S.U. Tinny, and R. Sutarya. 1991. Mulch trial with hor pepper in Subang (West Java) and Kramat (Central Java). ATA Project Report
- Wulan, E.R. 2006. Optimasi Konsentrasi Larutan Hara pada Budidaya Selada (*Lactuca Sativa* L. Var. *Grand Rapid*) dengan Teknologi Hidroponik Sistem Terapung. Skripsi. Departemen BDP, Faperta IPB.