

MAKALAH I

EFISIENSI PENGGUNAAN AIR PADA TIGA TEKNIK HIDROPONIK UNTUK BUDIDAYA *Amaranthus viridis* L. (BAYAM HIJAU)

Henik Agustina
Biologi FMIPA Universitas Indonesia, Depok

ABSTRACT

Efficiency of water usage is needed for sustainable agriculture. The aim of this research is to investigate the hydroponic (NFT, DFT, Aeroponic) efficiency on water use using *Amaranthus viridis* L. as the planted material. Efficiency on water use was measured by comparing the water use on hydroponic with the control during the plant growing period. The result shows that the three type of hydroponics are able to increase efficiency of water use. NFT is the most efficient technique with efficiency on water use 20.43%. While DFT and Aeroponic, has the efficiency on water use 12.29% and 3.57%, respectively. Enhancing efficiency of water use on hydroponic was caused by the closing and circulating irrigation technique on hydroponic are able to minimize the evaporation.

Keywords: *Amaranthus viridis* L.; water efficiency; hydroponic.

PENDAHULUAN

Air dan nutrisi yang diberikan kepada tanaman di lahan tanah, tidak semuanya digunakan oleh tanaman. Secara normal, dari total air yang diberikan hanya sebagian kecil yang diserap oleh tanaman, 70–75% air diuapkan melalui evaporasi ke atmosfer dan 5% air mengalami *run off* (Buckman & Brady 1982). Dari air yang diserap oleh tanaman, 90–99% diuapkan melalui proses transpirasi tanaman dan hanya 1–10% yang digunakan oleh tanaman (Gardner *et al.* 1991). Adapun nutrisi yang diberikan dalam bentuk pupuk anorganik hanya 20–60% digunakan oleh tanaman, sedangkan 40–80% nutrisi akan mengalami pencucian. Pencucian tersebut disebabkan oleh air hujan atau air irigasi, kemudian

masuk ke dalam tanah atau bergerak mengikuti aliran air (Gonggo *et al.* 2006). Air yang telah mengandung nutrisi terlarut dalam jumlah berlebih, dapat mencemari air dan tanah, sehingga mengganggu keseimbangan lingkungan.

Selain sistem pertanian di lahan tanah, dikenal pula sistem pertanian dengan teknik hidroponik. Pada teknik hidroponik, air dan nutrisi disediakan dalam jumlah yang tepat dan terkontrol dalam bentuk larutan nutrisi (Steinberg *et al.* 2000). Hal itu dilakukan dengan cara mensirkulasikan kembali air dan nutrisi yang telah digunakan. Selain itu, sirkulasi dapat dilakukan dengan metode tertutup guna menghindari kontak air dengan udara, sehingga akan mengurangi evaporasi (Steinberg *et al.* 2000). Subagyo *et al.* (2009) berpendapat bahwa upaya mengurangi evaporasi, merupakan salah satu cara pengelolaan air.

Pengelolaan air pada teknik hidroponik, dibutuhkan dalam kegiatan pertanian untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air. Efisiensi penggunaan air tersebut, selain mampu menekan biaya produksi (Thippayarugs *et al.* 2001), juga mampu mengonservasi ketersediaan air (Marino *et al.* 2004). Seperti yang terjadi pada tanaman tembakau, efisiensi penggunaan air dengan mengoptimalkan pemenuhan kebutuhan tanaman akan air, merupakan langkah yang tepat untuk meningkatkan kualitas dan produksi tanaman (Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi 2007). Namun demikian, langkah tersebut belum tentu memberikan hasil yang sama pada

komoditas tanaman pertanian yang lain karena efisiensi penggunaan air dipengaruhi oleh beberapa faktor.

Efisiensi penggunaan air pada lahan tanah dipengaruhi oleh kultivar (Johnson & Henderson 2002), kelembapan tanah, dan iklim (El-Bably 2002), serta metode penyiraman (Howell 2001). Selain pada lahan tanah, variasi metode penyiraman juga terdapat pada sistem pertanian dengan teknik hidroponik. Metode penyiraman pada teknik hidroponik terus mengalami perkembangan dan bervariasi.

Teknik hidroponik yang digunakan ialah: *Nutrient Film Technique* (NFT), *Deep Flow Technique* (DFT), dan Aeroponik. Ketiga teknik tersebut merupakan teknik hidroponik aktif yang menggunakan pompa dan mensirkulasi larutan nutrisi kembali ke tandon. Teknik tersebut dapat digunakan dengan mudah dan efisien untuk budidaya tanaman (Roberto 2003). Namun demikian, mekanisme pemberian larutan nutrisi pada NFT, dialirkan selapis tipis, sedangkan pada DFT, larutan nutrisi mengalir dan merendam akar tanaman. Sementara pada Aeroponik, larutan nutrisi disemprotkan berupa butiran air langsung ke akar tanaman.

Perbedaan mekanisme pemberian larutan nutrisi pada teknik hidroponik memengaruhi proses transpor air ke tanaman, sehingga berdampak pada efisiensi penggunaan air (Steinberg *et al.* 2000). Berdasarkan hal itu, perlu dilakukan penelitian mengenai efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik NFT, DFT, dan Aeroponik untuk

budidaya *Amaranthus viridis* L. (bayam hijau). Bayam hijau sebagai tanaman uji, merupakan salah satu sayuran kaya nutrisi yang cepat dipanen dan dapat dibudidayakan secara hidroponik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik yang diuji. Teknik hidroponik diduga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai informasi terkait efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik.

BAHAN DAN CARA KERJA

1. Bahan dan alat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni 2008–Mei 2009 yang terdiri dari 2 kegiatan yaitu: penelitian di kebun percobaan dan analisis di laboratorium. Penelitian di kebun percobaan, dilaksanakan di PT. Kebun Sayur Segar “Parung Farm” Bogor. Sementara analisis di laboratorium, dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok.

Bahan untuk penelitian terdiri atas: hidroponik kit (NFT, DFT, & Aeroponik) berukuran 1 m x 1 m, lahan tanah (kontrol) berukuran 1 m x 1 m, air, benih bayam hijau Nourseed dari Taiwan, pupuk AB mix vegetatif dengan Librel RMX mikronutrien (lampiran 1), Urea 46% *Green World* dan SP36 *Green World* serta MOP (KCl), *styrofoam*, *rockwool*, arang sekam, pot, cup plastik, kertas label. Sementara alat untuk penelitian terdiri atas: alat tulis, silet, cangkul, gembor, gelas ukur, bor, kamera, timbangan elektrik,

oven, termohigrometer, luxmeter, termometer, *Pandus hydrogenii* atau *Potential hydrogen* (pH) meter, *soil measurement*, *Dissolved Oxygen* (DO) meter, *Electrical Conductivity* (EC) meter, *Total Dissolved Solids* (TDS) meter.

2. Cara kerja

a. Persiapan hidroponik kit

Hidroponik kit disiapkan, dibersihkan, dan dicuci. *Styrofoam* berwarna putih berukuran 1 m x 1 m dengan ketebalan 3 cm, dilubangi dengan mata bor berdiameter 2–3 cm sebagai lubang tanam. Ukuran lubang tanam tersebut disesuaikan dengan ukuran cup plastik (2–3 cm). Jarak lubang tanam dibuat 15 cm x 15 cm. *Styrofoam* lengkap dengan cup plastik tersebut digunakan sebagai penyangga tanaman pada hidroponik kit.

b. Penyemaian dan penanaman tanaman di hidroponik kit

Benih bayam hijau ± 1 g disemai pada media arang sekam (ketebalan media 10–15 cm) yang diletakkan pada pot plastik dan disiram secara kontinu menggunakan air dengan teknik NFT. Ketika daun pertama telah muncul, air siraman pada tandon ditambahi nutrisi AB mix vegetatif (lampiran 1), sampai larutan nutrisi memiliki nilai (EC 1,0). Dua puluh hari setelah semai, bibit tanaman dicabut dan diseleksi sebanyak 147 bibit tanaman. Pemilihan bibit tanaman berdasarkan pada tinggi bibit tanaman 3–5 cm dan jumlah daun 4–5 helai. Kedua faktor pemilihan bibit tanaman tersebut diupayakan seragam.

Bibit tanaman dikelompokkan menjadi 3 kelompok, dan diberi kode sesuai dengan teknik hidroponik yang akan digunakan yaitu NFT, DFT, dan Aeroponik. Lebih lanjut setiap bibit tanaman pada masing-masing kelompok dililit dengan *rockwool*, kemudian dipindahtanamkan pada hidroponik kit NFT, DFT, dan Aeroponik. Bibit tanaman dipelihara selama 20 hari dan disiram dengan larutan nutrisi (EC 1,5–2,0). Metode penyiraman pada NFT dan DFT dijalankan secara kontinu, kecuali pada Aeroponik yang dilakukan secara berseling setiap 5 menit sekali dengan lama penyemprotan 1 menit. Masing-masing teknik hanya menggunakan satu hidroponik kit.

Volume air yang disediakan pada masing-masing tandon hidroponik kit diukur, dan setiap penambahan larutan nutrisi pada tandon dicatat selama penanaman. Selain itu, volume larutan nutrisi yang tersisa dalam tandon juga diukur pada waktu panen.

c. Persiapan dan penanaman bayam hijau untuk kontrol

Lahan tanah seluas 1 m x 1 m, dicangkul dan dibersihkan dari gulma dan sisa tanaman. Lahan tanah kemudian diratakan. Lahan tanah diberi pupuk 5,6 g/m² urea; 25 g/m² SP36; dan 9 g/m² KCL. Pemupukan berikutnya dengan 5,6 g/m² urea dan 9 g/m² KCL, dilakukan 3 minggu setelah tanam (Susila, 2006).

Lahan tanah yang telah disiapkan, dibuat lubang tanam sebanyak 49 lubang dengan kedalaman 3–5 cm dan jarak tanam 15 cm x 15 cm. Setiap lubang ditanam 5–10 benih bayam hijau. Setelah 20 hari masa penyemaian,

dilakukan penjarangan tanaman dengan 1 tanaman pada setiap lubang. Tanaman selanjutnya dipelihara selama 20 hari. Kecuali hari hujan, penyiraman dilakukan setiap pagi dan sore hari menggunakan gembor. Volume air hujan yang terjadi selama periode tanam tidak diukur, namun volume air yang digunakan untuk menyiram mulai dari penyemaian hingga panen, diukur dan dicatat. Penyiangian dilakukan setiap 2 minggu sekali.

3. Pengamatan tanaman

Pengamatan tanaman pada teknik hidroponik dan kontrol dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Parameter pengamatan kualitatif meliputi warna daun, hama dan penyakit, kelayuan, serta kematian tanaman. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 20 hari. Sementara parameter pengamatan kuantitatif berupa berat basah dan berat kering tanaman dilakukan pada saat panen (pada hari ke-20 setelah penyemaian). Berat basah tanaman diperoleh dengan menimbang tanaman segar secara langsung menggunakan timbangan elektrik. Untuk mendapatkan berat kering tanaman, tanaman dikeringkan di dalam oven pada suhu 65° C hingga berat kering tanaman konstan. Data berat basah dan berat kering tanaman tersebut, selanjutnya digunakan untuk mengetahui volume air yang terkandung dalam tanaman.

4. Pengukuran penggunaan air

Pada teknik hidroponik, volume air yang digunakan secara total (a) dalam satu periode tanam merupakan hasil selisih antara volume

ketersediaan air di awal dan volume ketersediaan air di akhir pada setiap tandon hidroponik kit. Sementara pada kontrol, total air yang dibutuhkan tersebut merupakan total volume air penyiraman, terhitung 20 hari setelah masa penyemaian. Volume tersebut belum termasuk volume air hujan yang tidak terukur dan terjadi selama periode tanam. Adapun volume air yang terkandung dalam tanaman (b), diperoleh dari selisih antara total berat basah dan total berat kering tanaman hasil panen, yang dikonversikan dalam satuan volume (l) menggunakan berat jenis air (1 kg/l). Sementara volume air yang mengalami evapotranspirasi (c) dihitung dari selisih antara (a) dan (b).

5. Efisiensi penggunaan air

Persentase penggunaan air pada kontrol dianggap 100% (A). Sementara persentase penggunaan air pada teknik hidroponik (B), merupakan perbandingan antara volume total air yang digunakan pada teknik hidroponik dan volume total air yang digunakan pada kontrol selama penanaman, dikalikan seratus persen. Efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik merupakan hasil selisih antara (A) dan (B).

$$\% \text{ penggunaan air pada teknik hidroponik (B)} = \frac{\text{Volume total air teknik hidroponik}}{\text{Volume total air kontrol}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik} = 100\% (A) - \% \text{ penggunaan air pada teknik hidroponik (B)}$$

6. Pencatatan data lingkungan

Pada teknik hidroponik dan kontrol, data lingkungan yang meliputi: suhu udara dan kelembapan udara diukur dengan termohigrometer. Sementara intensitas cahaya dan suhu media diukur dengan luxmeter dan termometer. Adapun pH air dan pH tanah diukur dengan pH meter dan *soil measurement*. Untuk DO, EC, dan TDS larutan nutrisi, masing-masing diukur dengan DO meter, EC meter, dan TDS meter. Pengukuran data lingkungan dilakukan setiap pagi dan sore hari. Data yang diperoleh dipresentasikan dalam bentuk tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengamatan kualitatif tanaman bayam hijau

Hasil pengamatan selama penanaman menunjukkan bahwa pada masa penyemaian, warna daun tanaman pada teknik hidroponik dan kontrol cenderung sama. Namun demikian, daun tanaman pada teknik hidroponik yang terkena penyakit, mengalami pencokelatan, mengering kemudian mati. Bibit tanaman pada teknik hidroponik rentan terhadap penyakit rebah kecambah yang diduga disebabkan oleh jamur. Hal itu terjadi karena kondisi media tanam pada teknik hidroponik cenderung lembap dan sesuai untuk pertumbuhan jamur. Istimewa (2008) berpendapat bahwa rebah kecambah disebabkan oleh jamur *Phytium* yang menyerang batang dan daun. Sementara pada kontrol, selain rentan terhadap air hujan yang membuat bibit

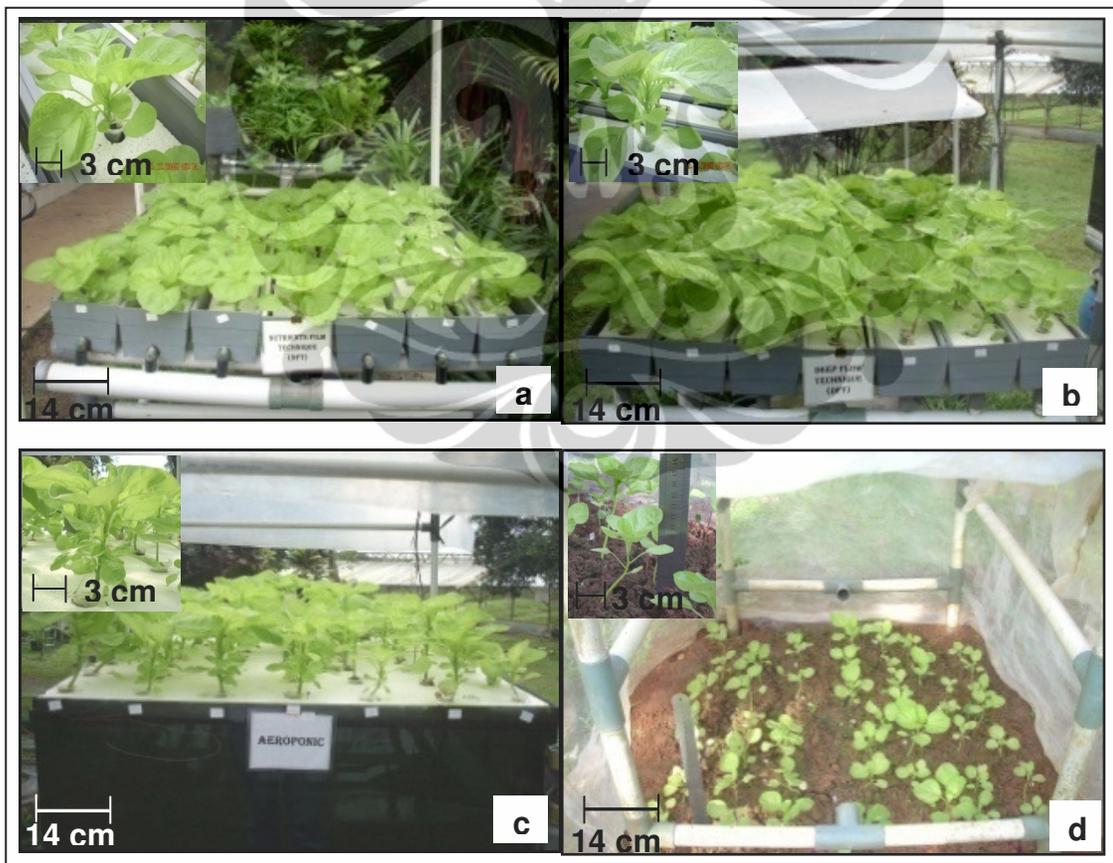
tanaman rebah, bibit tanaman juga rentan terhadap serangan hama belalang. Oleh karena itu, pada kontrol perlu dilakukan pemasangan net.

Pada masa pembesaran, dengan warna daun yang cenderung sama, tanaman pada teknik hidroponik cenderung lebih tahan terhadap hama dan penyakit. Namun sebaliknya, tanaman kontrol selain rentan terhadap serangan hama, juga rentan terhadap pertumbuhan gulma, sehingga memerlukan penyiangan tanaman. Di awal pindah tanam, yaitu selama 4–5 hari, tanaman pada teknik hidroponik rentan terhadap kelayuan dan kematian, sehingga membutuhkan penyulaman tanaman. Pada siang dan sore hari, tanaman pada NFT dan Aeroponik, mengalami kelayuan. Namun tidak demikian dengan tanaman pada DFT. Tanaman pada DFT tetap segar baik siang maupun sore hari.

Kelayuan tanaman di awal pindah tanam dan di waktu siang hari pada NFT dan Aeroponik, merupakan respons fisiologi tanaman terhadap perubahan kondisi lingkungan pada waktu penyemaian yang lembap dan pembesaran pada teknik NFT dan Aeroponik yang cenderung kering. Menurut Mohr dan Schoper (1995), kelayuan tanaman terjadi karena kehilangan tekanan turgor pada sel tanaman akibat transpirasi yang tinggi dan ketersediaan air yang mampu diserap oleh akar tanaman, rendah. Hal tersebut sesuai dengan *Department of Agriculture, Sri Lanka (2009)* yang menyatakan bahwa perubahan kondisi lingkungan secara tiba-tiba seperti

ketersediaan larutan nutrisi yang kurang tepat pada teknik hidroponik, dapat menimbulkan perubahan fisiologis pada tanaman.

Pada waktu panen, dengan warna daun yang cenderung sama, tanaman pada teknik hidroponik cenderung lebih subur dibandingkan tanaman kontrol. Selain itu, tanaman pada teknik hidroponik memiliki batang yang lebih kokoh dibandingkan tanaman kontrol. Adapun beberapa daun tanaman pada kontrol tidak utuh akibat serangan hama. Sementara kelayuan dan kematian tanaman pada teknik hidroponik tidak terjadi lagi pada akhir masa tanam (Gambar I.1).



Gambar I.1. Tanaman bayam hijau pada teknik hidroponik NFT (a), DFT (b), Aeroponik (c), dan Kontrol (d).

*Keterangan: NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Kelayuan dan kematian tanaman pada teknik hidroponik tidak terjadi lagi hingga panen, karena tanaman telah mampu beradaptasi terhadap lingkungan. Hal itu memungkinkan akar dapat menyerap larutan nutrisi yang disediakan dengan baik sesuai kebutuhannya, sehingga tanaman lebih subur. *Department of Agriculture, Sri Lanka (2009)* menyatakan bahwa keberhasilan dan kegagalan teknik hidroponik dalam budidaya tanaman terletak pada pengelolaan larutan nutrisi. Teknik hidroponik mampu menyediakan larutan nutrisi sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Secara kualitatif, dengan ukuran luas bidang tanam yang sama, teknik hidroponik dapat dikatakan merupakan metode intensifikasi pertanian yang mampu menghasilkan tanaman yang lebih baik dibandingkan kontrol. Hal tersebut dimungkinkan karena dengan teknik hidroponik tanpa menggunakan tanah, di samping kebutuhan air dan nutrisi dapat dikontrol secara tepat, tanaman juga terhindar dari penyakit dan gulma, sehingga performa tanaman menjadi lebih optimal (Sheikh 2006).

2. Penggunaan air

a. Volume penggunaan air.

Hasil penghitungan volume ketersediaan air di awal dan di akhir penelitian menunjukkan bahwa teknik hidroponik cenderung mampu menghemat volume air yang digunakan secara total, meningkatkan volume air yang terkandung dalam tanaman, dan meminimalkan volume air yang mengalami evapotranspirasi, dibandingkan dengan kontrol (Tabel I.1.).

Tabel I.1. Volume penggunaan air oleh tanaman bayam hijau pada tiga teknik hidroponik.

| Teknik pertanian | Volume penggunaan air (l) | | Volume air (l) | | |
|------------------|---------------------------|-------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| | awal | Akhir | yang digunakan secara total (a) | yang terkandung dalam tanaman (b) | yang mengalami evapotranspirasi (c) |
| NFT | 105 | 49,3 | 55,7 | 0,5 | 55,2 (99,64%) |
| DFT | 105 | 43,6 | 61,4 | 1,0 | 60,4 (98,37%) |
| Aeroponik | 105 | 37,5 | 67,5 | 0,7 | 66,8 (98,96%) |
| Kontrol | | | 70 | 0,1 | 69,9 (99,86%) |

*Keterangan: (a) dihitung dari selisih antara volume ketersediaan air di awal dan di akhir, (b) dihitung dari berat basah dan berat kering tanaman yang dikonversikan ke volume air, (c) dihitung dari selisih antara (a) dan (b). NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Penghematan penggunaan air pada teknik hidroponik dapat terjadi karena air diberikan kepada tanaman dengan metode sirkulasi tertutup menggunakan pompa. Teknik tersebut memungkinkan kelebihan air saat menyiram tanaman tidak akan terbuang ke lingkungan melainkan ditampung kembali ke dalam tandon, sehingga dapat digunakan kembali. Selain itu, air yang ada dalam setiap teknik hidroponik dijaga agar tidak terpapar langsung ke udara dengan penutupan menggunakan *styrofoam*, sehingga meminimalisasi proses evaporasi. Hal itu sesuai dengan hasil penelitian Christopher *et al.* (2008) yang menyatakan bahwa kemampuan teknik hidroponik dalam mensirkulasi kembali larutan nutrisi diketahui mampu meminimalkan penggunaan air. Hal yang sama juga dilaporkan Thippayarugs *et al.* (2001) bahwa kontrol air pada teknik hidroponik dengan metode penyiraman sirkulasi mampu meminimalkan evaporasi, volume air,

dan aliran air untuk menyiram tanaman. Dengan demikian, aplikasi teknik hidroponik dapat menghemat penggunaan air untuk menyiram tanaman.

Di antara teknik hidroponik yang diuji, teknik NFT cenderung paling hemat menggunakan air secara total (55,7 l), dibandingkan pada DFT (61,4 l) dan Aeroponik (67,5 l) (Tabel I.1.). Hal itu terjadi karena pada teknik NFT, air dialirkan selapis tipis (3–4 mm) secara otomatis, kontinu dan tertutup, sehingga memungkinkan air terpapar ke akar tanaman dan ke lingkungan, rendah. Dengan demikian, mampu menurunkan penyerapan air oleh akar dan meminimalkan evapotranspirasi. Kondisi tersebut dibuktikan dengan volume air yang terkandung dalam tanaman (0,5 l) dan volume air yang mengalami evapotranspirasi (55,2 l) pada teknik NFT, cenderung paling rendah (Tabel I.1.). Hal itu sesuai dengan pendapat Roberto (2003), bahwa teknik NFT mampu membatasi evaporasi. Lebih lanjut Subagyono *et al.* (2009) menyatakan bahwa pengurangan laju evaporasi, mampu menghemat penggunaan air irigasi.

Adapun pada teknik DFT, meskipun volume air yang digunakan secara total (61,4 l) cenderung lebih besar dibandingkan NFT, persentase volume air yang mengalami evaporasi dari volume air yang digunakan secara total pada DFT (98,37%), cenderung lebih rendah dibandingkan pada NFT (99,64%) dan Aeroponik (98,96%). Namun sebaliknya, volume air yang terkandung dalam tanaman DFT cenderung paling tinggi (1,0 l) dibandingkan tanaman pada Aeroponik (0,7 l) dan NFT (0,5 l) (Tabel I.1.). Hal itu menunjukkan

bahwa, air yang dialirkan (5–8 cm) secara otomatis, kontinu dan tertutup pada DFT, selain membatasi evaporasi, juga memungkinkan akar dapat menyerap air dengan baik. Menurut Rodriguez-Delfin *et al.* (2000), ketinggian air merendam akar tanaman pada teknik DFT membuat tanaman terhindar dari stres, meskipun dilakukan penyiraman *on/off*. Lebih lanjut menurut Kao (2008), ketinggian larutan nutrisi pada DFT berdampak pada kestabilan suhu media. Kondisi tersebut menyebabkan oksigen dapat berdifusi dengan baik, sehingga kadar oksigen sekitar akar juga stabil. Dengan demikian, teknik DFT merupakan teknik yang lebih baik dari NFT karena mampu menyediakan air dan oksigen yang cukup bagi tanaman tanpa mengalami stres, sehingga penyerapan air oleh akar optimal dan volume air yang terkandung dalam tanaman menjadi tinggi.

Sementara pada Aeroponik, volume air yang digunakan secara total cenderung paling boros (67,5 l), dengan volume air yang terkandung dalam tanaman sebesar 0,7 l dan volume air yang mengalami evapotranspirasi sebesar 66,8 l (Tabel 1.1.). Hal itu terjadi karena pada teknik Aeroponik, selain air diberikan secara berkala dengan durasi waktu semprot 1 menit *on* dan 5 menit *off*, air juga diberikan dalam bentuk butiran air dan disemprotkan secara langsung ke akar tanaman. Metode tersebut memungkinkan akar dapat menyerap langsung larutan nutrisi yang diberikan dengan baik, sehingga volume air yang terkandung dalam tanaman cukup besar. Hal tersebut sesuai dengan pendapat *Department of Agriculture, Sri Lanka*

(2009) menyebutkan bahwa teknik penyemprotan pada Aeroponik mampu menjaga kelembapan akar dan aerasi larutan nutrisi, sehingga tanaman mampu menyerap larutan nutrisi yang menempel pada akar tanaman dengan baik. Namun demikian, Christopher *et al.* (2008) menyebutkan bahwa keberhasilan teknik Aeroponik bergantung pada kontrol terhadap frekuensi dan durasi penyemprotan, yang disesuaikan dengan kondisi panas lingkungan dan tahapan pertumbuhan tanaman.

Pada penelitian ini, tanaman pada Aeroponik mengalami kelayuan pada siang hari. Hal tersebut diduga disebabkan frekuensi dan durasi penyemprotan air ke akar tanaman yang digunakan tidak seimbang dengan kecepatan transpirasi tanaman yang tinggi. Menurut Mohr dan Schoper (1995), kecepatan transpirasi dipengaruhi oleh suhu, dimana pada siang hari transpirasi tanaman, tinggi.

Selain transpirasi tanaman yang tinggi, penutupan tandon yang tidak maksimal pada Aeroponik karena ada lubang untuk pipa yang membawa kelebihan larutan nutrisi kembali ke tandon, memungkinkan terjadinya evaporasi. Kedua hal tersebut yang menyebabkan evapotranspirasi yang tinggi pada Aeroponik, sehingga cenderung boros dalam penggunaan air.

Adapun pada kontrol, penggunaan air cenderung boros disebabkan oleh ketersediaan air bagi tanaman yang kurang terkontrol. Meskipun air diberikan pada tanaman melalui penyiraman, namun air tersebut tidak semuanya dapat digunakan oleh tanaman. Sebagian besar air tersebut

mengalami evaporasi ataupun perliindian. Hal itu diduga menyebabkan volume air yang terkandung dalam tanaman sangat rendah (0,1 l) dibandingkan volume air yang mengalami evapotranspirasi (69,9 l) (Tabel I.1.). Hasil tersebut sesuai dengan pendapat Buckman dan Brady (1982) bahwa kehilangan air dari tanah dapat terjadi dalam bentuk uap melalui evaporasi serta dalam bentuk cair melalui perliindian dan perkolasi.

Sebagai catatan, penelitian ini dilakukan pada bulan november–februari dengan intensitas hujan yang terjadi cukup tinggi. Hujan yang terjadi tersebut dapat menurunkan volume air yang digunakan untuk menyiram tanaman selama periode tanam. Dengan demikian, volume penggunaan air pada kontrol yang sebenarnya dapat lebih besar dari data yang diperoleh.

Pada penelitian ini, selain volume penggunaan air, juga dilakukan pengukuran konsentrasi penggunaan nutrisi selama pemeliharaan tanaman pada masing-masing hidroponik kit dibandingkan dengan kontrol. Nutrien yang diukur meliputi N, P, K, Ca, dan Fe. Hasil analisis laboratorium yang kurang sempurna dengan tidak menggunakan ulangan, menyebabkan data yang diperoleh kurang valid. Nutrien N, K, Ca, dan Fe pada teknik hidroponik atau kontrol mengalami penambahan konsentrasi nutrisi yang tidak wajar hingga 3x lipat. Namun tidak demikian dengan nutrisi P.

Selama pertumbuhan tanaman, teknik hidroponik mampu menghemat penggunaan nutrisi P antara 67,00–67,64% dibandingkan kontrol

(177,70 ppm). Teknik NFT menggunakan nutrisi P sebesar 57,50 ppm atau menghemat P 67,64%. Adapun DFT menggunakan P sebesar 58,64 ppm (67,00%) dan Aeroponik sebesar 58,58 ppm (67,03%).

Penghematan penggunaan nutrisi pada teknik hidroponik terjadi karena nutrisi pada teknik hidroponik diberikan dalam jumlah yang tepat tanpa ada pengaruh dari kandungan unsur hara tanah. Selain itu, nutrisi pada teknik hidroponik, diberikan dalam bentuk larutan yang siap digunakan oleh tanaman dan disirkulasi. Dengan demikian, nutrisi dapat dengan mudah digunakan kembali oleh tanaman sesuai dengan kebutuhannya. Hal itu sesuai dengan pendapat *Department of Agriculture, Sri Lanka* (2009) bahwa larutan nutrisi pada hidroponik mengandung semua nutrisi esensial dalam bentuk ion, sehingga mudah diserap oleh akar tanaman.

Adapun pada kontrol, ketersediaan nutrisi bagi tanaman dipengaruhi oleh pembentukan unsur hara tanah. Selain itu, unsur hara dalam tanah tidak semuanya tersedia bagi tanaman. Hanya sebagian kecil yang digunakan oleh tanaman dan sebagian besar mengalami perlindungan dan perkolasi terikat oleh koloid tanah. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Buckman dan Brady (1982) bahwa unsur hara dalam tanah terdapat dalam dua macam sifat yaitu; kompleks dan kurang aktif seperti fitin, atau sederhana dan larut dalam air serta tersedia untuk tanaman, seperti asam fosfat. Unsur hara yang sederhana, dapat diserap oleh tanaman, terikat dalam koloid tanah atau hilang akibat pencucian. Pupuk P yang diberikan

hanya 10–30% yang diserap oleh tanaman selebihnya tetap berada dalam tanah (Elfiati 2005). Selain itu, Notohadiprawiro (2006) berpendapat bahwa perkolasi dan aliran permukaan yang cepat akan melindi banyak pupuk yang terlarutkan, sehingga menyebabkan sebagian nutrisi tercuci, serta hanya sebagian kecil yang dapat diserap dan digunakan oleh tanaman.

b. Efisiensi penggunaan air

Hasil analisis penggunaan air secara total menunjukkan bahwa metode penyiraman pada teknik hidroponik mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air sebesar 3,57–20,43% (Tabel 1.2).

Tabel 1.2. Efisiensi penggunaan air pada tiga teknik hidroponik.

| Teknik Pertanian | Volume penggunaan air secara total (l) | % penggunaan air secara total terhadap kontrol | Efisiensi penggunaan air (%) |
|------------------|--|--|------------------------------|
| NFT | 55,7 | 79,57 | 20,43 |
| DFT | 61,4 | 87,71 | 12,29 |
| Aeroponik | 67,5 | 96,43 | 3,57 |
| Kontrol | 70,0 | 100,00 | 0,00 |

*Keterangan: NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Penggunaan teknik hidroponik dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air mendukung pendapat Howell (2001) dan Christopher *et al.* (2008) yang menyatakan bahwa perkembangan teknologi pertanian diperlukan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air. Efisiensi tersebut terjadi karena dengan teknik sirkulasi tertutup, air diberikan secara tepat, sehingga mampu mengoptimalkan penyerapan dan meminimalkan evaporasi (Thippayarugs *et al.* 2001).

Teknik NFT (20,43%) cenderung lebih efisien menggunakan air dibandingkan dengan DFT (12,29%) dan Aeroponik (3,57%) (Tabel I.2). Hal itu terjadi karena dengan teknik selapis tipis dan tertutup pada NFT, mampu mengurangi volume air yang diberikan pada tanaman dan meminimalkan evaporasi. Hal itu sesuai dengan pendapat Subagyono *et al.* (2009) bahwa efisiensi penggunaan air dalam kegiatan pertanian dapat dilakukan dengan mengurangi volume air irigasi yang diberikan dan meminimalisasi evaporasi yang terjadi. Namun demikian, pada kondisi lingkungan yang panas, tanaman pada NFT mudah mengalami kelayuan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Roberto (2003), bahwa meskipun teknik NFT mampu meminimalkan evaporasi, akar tanaman pada teknik tersebut rentan terhadap kekurangan oksigen dan larutan nutrisi.

Adapun pada teknik DFT, efisiensi penggunaan air cenderung cukup besar (12,39%) karena selain mampu mengurangi evaporasi dengan teknik sirkulasi dan tertutup, teknik DFT juga memungkinkan tanaman dapat memanfaatkan air yang disediakan dengan lebih optimal. Hal itu sesuai dengan pendapat Subagyono *et al.* (2009) bahwa efisiensi penggunaan air dapat dilakukan dengan meningkatkan produktivitas. Peningkatan produktivitas selalu dikaitkan dengan pemanfaatan air secara efisien sesuai dengan kebutuhan tanaman. Kao (2008) menyebutkan bahwa teknik DFT mampu menjaga suhu dan kadar oksigen sekitar akar tetap stabil. Dengan kondisi tersebut, memungkinkan akar tetap sehat dan dapat melakukan

penyerapan air dengan baik, sehingga efisiensi penggunaan air cenderung cukup dan tanaman terhindar dari kelayuan.

Pada Aeroponik, meskipun air diberikan secara *on/off*, efisiensi penggunaan air cenderung rendah (3,56%). Hal itu terjadi karena evapotranspirasi yang cukup tinggi. Evaporasi tinggi terjadi akibat penutupan tandon yang tidak sempurna karena ada lubang untuk pipa yang membawa kelebihan air saat penyiraman *on*. Menurut Subagyono *et al.* (2009), efisiensi penggunaan air dapat dilakukan dengan pergiliran air dan pemberian air secara terputus serta mengurangi kebocoran-kebocoran saluran irigasi. Selain itu, tanaman pada Aeroponik juga rentan terhadap kelayuan, jika transpirasi tanaman yang tinggi tidak diikuti dengan frekuensi dan durasi waktu semprot yang sesuai. Christopher *et al.* (2008) menyatakan bahwa kontrol terhadap frekuensi dan durasi penyemprotan pada Aeroponik perlu disesuaikan dengan kondisi lingkungan dan pertumbuhan tanaman.

Sementara itu, penggunaan air yang tidak efisien pada kontrol menurut Albaho *et al.* (2008), disebabkan oleh kontrol terhadap kehilangan air akibat pengairan berlebih, perkolasi, dan evaporasi, rendah. Dengan demikian, ketersediaan air bagi tanaman menjadi kurang.

3. Lingkungan

Lingkungan meliputi komponen abiotik dan biotik yang saling berinteraksi dan berpengaruh terhadap kehidupan organisme (Campbell *et al.* 1999). Pada penelitian ini, rata-rata data lingkungan yaitu kelembapan udara

(66–70%), suhu udara (32,24–36,11° C), dan intensitas cahaya (3626–4799 lux) pada tiga teknik hidroponik serta kontrol, tidak menunjukkan adanya perbedaan (Tabel I.3). Namun demikian, pada teknik DFT kelembapan udara (70,32%) cenderung lebih tinggi dengan suhu udara (34,66° C) dan intensitas cahaya (3626 lux) yang lebih rendah dibandingkan pada NFT, Aeroponik, dan kontrol (Tabel 1.3).

Tabel I.3. Rata-rata nilai parameter lingkungan udara dan media pada tiga teknik hidroponik selama 20 hari.

| Teknik Hidroponik | Kelembapan udara (%) | Suhu udara (°C) | Intensitas cahaya (x100 lux) | Suhu media (°C) | pH | DO (mg/l) | EC (mS) | TDS (mg/l) |
|-------------------|----------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-------------|-----------|-------------|----------------|
| NFT | 66,15 | 36,11 | 43,64 | 27,31 | 4,75 | 4,29 | 1,40 | 2374,59 |
| DFT | 70,32 | 34,66 | 36,26 | 27,88 | 5,13 | 4,22 | 1,31 | 2110,08 |
| Aeroponik | 67,32 | 35,89 | 41,46 | 27,84 | 4,68 | 4,32 | 1,53 | 2656,82 |
| Kontrol | 67,66 | 32,24 | 48,00 | 27,84 | 6,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Rerata | 67,86 | 34,73 | 42,34 | 27,72 | 5,36 | 4,27 | 1,42 | 2380,49 |

*Keterangan: NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*, pH = *Potential hydrogen*, DO = *Dissolved Oxygen*, EC = *Electrical Conductivity*, TDS = *Total Dissolved Solids*.

Hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan selama penelitian yang cenderung sama tidak memengaruhi perbedaan volume penggunaan air secara total di setiap teknik hidroponik dan kontrol. Hasil tersebut berbeda dengan pendapat Gardner *et al.* (1991); Mohr dan Schoper (1995); Steinberg *et al.* (2000); Thippayarugs *et al.* (2001); dan El-Bably (2002) bahwa kondisi lingkungan meliputi kelembapan dan suhu udara serta intensitas cahaya memengaruhi peningkatan penggunaan air selama proses pertumbuhan tanaman. Namun demikian, kondisi lingkungan pada DFT mendekati kondisi lingkungan yang sesuai dengan pertumbuhan bayam

hijau secara umum. Bayam dapat tumbuh dengan baik pada suhu udara antara 26–34° C (Wright *et al.* 1999) dan kelembapan udara 78% (Blodgett & Swart 2002).

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa rata-rata suhu media pada teknik hidroponik dan kontrol tidak menunjukkan adanya perbedaan yaitu $\pm 27^\circ$ C. Demikian pula dengan rata-rata suhu dan DO larutan nutrisi pada NFT, DFT, dan Aeroponik cenderung sama. Namun tidak demikian dengan rata-rata pH. Rata-rata pH pada DFT (5,13) cenderung memungkinkan penyerapan nutrisi yang baik dibandingkan dengan rata-rata pH pada NFT (4,75), Aeroponik (4,68), dan kontrol (6,88) (Tabel 1.3).

Pada larutan nutrisi, derajat pH menggambarkan kelarutan dan ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Ketika tanaman menyerap nutrisi atau air akan terjadi perubahan pH (*Department of Agriculture, Sri Lanka* 2009). Derajat pH 5,8–6,2, penting bagi kelarutan dan penyerapan nutrisi oleh tanaman. Penyerapan optimal N pada pH 4,5–7,5; P pada pH <6,0; K pada pH 4,5–7,5; dan Ca pada pH 5,0–6,0 (Argo 2003). Sementara menurut Frossard *et al.* (2000) dan Argo (2003) kondisi pH asam baik untuk penyerapan Fe.

Dengan demikian, derajat pH pada DFT mendukung efisiensi penggunaan nutrisi yang tinggi yang didukung dengan nilai EC dan TDS yang rendah. Rata-rata nilai EC dan TDS pada DFT (1,31 mS & 2110,08 mg/l) cenderung lebih rendah dibandingkan rata-rata nilai EC dan

TDS pada NFT (1,40 mS & 2374,59 mg/l) maupun Aeroponik (1,53 mS & 2656,82 mg/l) (Tabel I.4). Menurut Irianto dan Machbub (2004), EC menggambarkan konsentrasi berbagai zat mineral terlarut pada air dan nilainya tergantung pada gerakan nutrien terlarut yang bermuatan listrik yang terdapat dalam air. Lebih lanjut peningkatan TDS meningkatkan nilai EC dan sebaliknya, peningkatan volume air menurunkan nilai EC.

Berdasarkan hasil penelitian ini diketahui bahwa teknik hidroponik dengan pengelolaan air yang baik melalui sistem sirkulasi tertutup, mampu menggunakan air untuk menyiram tanaman secara lebih efisien. Efisiensi penggunaan air tersebut merupakan salah satu upaya yang dibutuhkan untuk mengonservasi sumber daya air. Hal itu sesuai dengan Subagyo *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa konservasi air selain dengan pengelolaan air permukaan seperti pembuatan embung dan waduk, juga dapat dilakukan dengan meningkatkan efisiensi penggunaan air untuk menyiram tanaman. Efisiensi tersebut dapat dilakukan dengan memperhatikan volume air, waktu, dan cara pemberian air kepada tanaman. Dengan demikian, efisiensi penggunaan air dapat dilakukan dengan lebih baik menggunakan teknik hidroponik DFT.

KESIMPULAN

Teknik hidroponik cenderung mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air. Efisiensi penggunaan air pada NFT (20, 43%) cenderung

lebih tinggi dibandingkan DFT (12,29%) dan Aeroponik (3,57%). Efisiensi penggunaan air pada penelitian ini cenderung dipengaruhi oleh kemampuan teknik dalam menyediakan air sesuai dengan kebutuhan tanaman. Ketersediaan air pada teknik hidroponik cenderung lebih terkontrol dan mampu disirkulasi kembali, dibandingkan ketersediaan air pada kontrol yang lebih mudah mengalami perlinidn dan dipengaruhi oleh faktor kondisi tanah.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, terkait dengan pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman bayam hijau yang dibudidayakan secara hidroponik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih, penulis sampaikan kepada: Departemen Agama selaku pemberi beasiswa; Dr. Susiani Purbaningsih dan Dr. Nisyawati, MS. selaku pembimbing; Dra. Lestari Rahayu, M.Sc. dan Dra. Dian Hendrayanti, M.Sc. selaku penguji; Parung Farm; keluarga dan semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian dan terwujudnya tulisan ini.

DAFTAR ACUAN

Albaho, M., B. Thomas & A. Christopher. 2008. Evaluation of hydroponic techniques on growth and productivity of greenhouse grown Bell Pepper and Strawberry. *International Journal of Vegetable Science* **14**: 23–40.

- Argo, B. 2003. Understanding pH management and plant nutrition. *Journal of the international Phalaenopsis Alliance* **12**(4): 1–2.
- Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. 2007. Efisiensi sumber daya air untuk pengembangan tembakau di Nusa Tenggara Barat. 2 hlm.
<http://balitklimat.litbang.deptan.go.id>. 9 September 2009. Pk. 08.00 WIB.
- Blodgett, J.T. & W.T. Swart. 2002. Infection, colonization, and disease of *Amaranthus hybridus* leaves by the *Alternaria teunisima* group. *Plant Disease* **86**:1199–1205.
- Buckman, H.O. & N. C. Brady. 1982. *Ilmu tanah*. Terj. dari *The nature and properties of soils*, oleh Soegiman. Penerbit Bhratara Karya Aksara Jakarta: xvii + 787 hlm.
- Campbell, N.A., J.B. Reece & L.G. Mitchell. 1999. *Biologi edisi kelima jilid III*. Penerbit Erlangga. Jakarta: xx + 436 hlm.
- Christoper, A., L. Paglialuro & A. L. Hayden. 2008. Potential for greenhouse aeroponic cultivation of medicinal root crops. *The Control Environment Agriculture Center University of Arizona*: 1–6.
- Department of Agriculture, Sri Lanka. 2009. Hydroponics soil-less culture. 34 hlm. www.agridept.gov.lk/.../Hponics/H_text.htm. 12 Agustus 2009. Pk. 16.00 WIB.
- El-Bably, A.Z. 2002. Effect of irrigation and nutrition of copper and molybdenum on Egyptian Clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Agronomy Journal* **94**: 1066–1070.

- Elfiati, D. 2005. Peranan mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan tanaman. *E-Universitas Sumatra Utara Repository*: 1–10.
- Frossard, E., M. Bucher, F. Machles, A. Muzakar & R. Hurrell. 2000. Review potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. *Journal of The Science of Food and Agriculture* **80**: 861–879.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce & R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi tanaman budidaya* Terj. dari *Physiology of crop plants*, oleh H. Susilo. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta: x + 428 hlm.
- Gonggo, B., M. Hasanudin & Y. Indriani. 2006. Peran pupuk nitrogen dan pospor terhadap serapan nitrogen, efisiensi nitrogen, dan hasil tanaman jahe di bawah tegakan tanaman karet. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* **8(1)**: 61–68.
- Howell, T.A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal* **93**: 281–289.
- Irianto, W. Eko & B. Machbub. 2004. Pengaruh multimeter kualitas air terhadap parameter indikator oksigen terlarut dan daya hantar listrik (Studi kasus Citarum hulu). *Journal Laboratory Physicians* **18(54)**: 1-7.
- Istimewa. 2008. Tentang bayam. 7 hlm. <http://ilmupedia.com>. 31 Desember 2008. pk. 08.31.WIB.
- Johnson, B.L. & T. L. Henderson. 2002. Water use patterns of grain amaranth in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* **94**: 1437–1443.

- Kao, T. 2008. The dynamic root floating hydroponic technique: year-round production of vegetables in Roc on Taiwan. 17 hlm.
<http://www.ipgri.cgiar.org/publications/HTMLPublications/500/ch02.htm>.
 19 Juni 2008. pk 13.00 WIB.
- Marino, M.A., A. Mazzanti, S.G. Assuero, F. Gastal, H.E. Echeverria & F. Andrade. 2004. Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency during winter-spring growth of annual ryegrass. *Agronomy Journal* **96**: 601–607.
- Mohr, H. & P. Schopfer. 1995. *Plant physiology*. Springer, Berlin: x + 629 hlm.
- Notohadiprawiro, T. 2006. Rasionalisasi penggunaan sumber daya air di Indonesia. 6 hlm. <http://soil.faperta.ugm.ac.id>. 5 Juni 2008. pk.10.47 WIB.
- Roberto, K. 2003. *How-to hydroponic*. 4th edition. The Futuregarden Press. New York: iv + 102 hlm.
- Rodriguez-Delfin, A., M. Chang & M. Hoyos. 2000. Lettuce production in peruvian modified DFT system. *International Society for Horticultural Science Acta Horticulturae 554: World Congress on Soilless Culture in The Coming Millenium*.
- Sheikh, B.A. 2006. Hydroponic: key to sustain agriculture in water stressed an urban environment. *Pakistan Juornal agricultural* **22**(2):1–5.
- Steinberg, S. L., D.W. Ming, K.E. Hendersen, C. Carrier, J.E. Gruener, J. Barta & D.L. Henninger. 2000. Wheat respons to differences in water

and nutritional status between zeoponic and hydroponic growth system.

Agronomy Journal **92**: 353–360.

Subagyono, K., U. Haryati & H.S. Tala'ohu. 2009. Teknologi konservasi lahan kering. 37 hlm. <http://www.balittanah.litbang.deptan.go.id>. 31 Oktober 2009. pk. 09.00 WIB.

Susila, A.D. 2006. *Panduan budidaya tanaman sayuran*. Institut Pertanian Bogor, Bogor: iii + 131 hlm.

Thippayarugs, S., K. Suzuki, Y. Katsuka, A. Yoshida, N. Matsumoto, N. Kabaki & C. Wongwiwatchai. 2001. Vegetable production using energy-saving hydroponic system in Khon Kaen. *Japan International Research Center Agricultural Science Working Report* **30**: 1–5.

Wright, S.R., C.D. Raper & T.W. Ruffy. 1999. Comparative of responses of soybean (*Glycine max*), siklepod (*Senna obtusifolia*), and palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) to root zone and aerial suhues. *Weed Science* **47**: 167–174.

MAKALAH I

EFISIENSI PENGGUNAAN AIR PADA TIGA TEKNIK HIDROPONIK UNTUK BUDIDAYA *Amaranthus viridis* L. (BAYAM HIJAU)

Henik Agustina
Biologi FMIPA Universitas Indonesia, Depok

ABSTRACT

Efficiency of water usage is needed for sustainable agriculture. The aim of this research is to investigate the hydroponic (NFT, DFT, Aeroponic) efficiency on water use using *Amaranthus viridis* L. as the planted material. Efficiency on water use was measured by comparing the water use on hydroponic with the control during the plant growing period. The result shows that the three type of hydroponics are able to increase efficiency of water use. NFT is the most efficient technique with efficiency on water use 20.43%. While DFT and Aeroponic, has the efficiency on water use 12.29% and 3.57%, respectively. Enhancing efficiency of water use on hydroponic was caused by the closing and circulating irrigation technique on hydroponic are able to minimize the evaporation.

Keywords: *Amaranthus viridis* L.; water efficiency; hydroponic.

PENDAHULUAN

Air dan nutrisi yang diberikan kepada tanaman di lahan tanah, tidak semuanya digunakan oleh tanaman. Secara normal, dari total air yang diberikan hanya sebagian kecil yang diserap oleh tanaman, 70–75% air diuapkan melalui evaporasi ke atmosfer dan 5% air mengalami *run off* (Buckman & Brady 1982). Dari air yang diserap oleh tanaman, 90–99% diuapkan melalui proses transpirasi tanaman dan hanya 1–10% yang digunakan oleh tanaman (Gardner *et al.* 1991). Adapun nutrisi yang diberikan dalam bentuk pupuk anorganik hanya 20–60% digunakan oleh tanaman, sedangkan 40–80% nutrisi akan mengalami pencucian. Pencucian tersebut disebabkan oleh air hujan atau air irigasi, kemudian

MAKALAH II

PERTUMBUHAN DAN KARAKTER AGRONOMIS *Amaranthus viridis* L. (BAYAM HIJAU) PADA TIGA TEKNIK HIDROPONIK

Henik Agustina
Biologi FMIPA Universitas Indonesia, Depok

ABSTRACT

Amaranthus viridis L. (Green amaranthus) is a leafy green vegetable with high nutrient and mineral contents that are useful for human health. Amaranthus could be cultivated either conventional or hydroponic agriculture. The aims of this research are to investigate the growth and the agronomy character of green amaranthus on the three hydroponic systems (NFT, DFT, Aeroponic). The growth was measured everyday for 20 days and the agronomy character was measured on the harvest time. The result shows that the plant growths (height and leaf number) and the agronomy character of plant on DFT were higher than NFT, Aeroponic, and the control. The plants on DFT have the mean of plant height (15.42 cm), leaf area (351.49 cm²), stem diameter (6.11 mm), root length (25.09 cm), total fresh weight (1105.72 g), total dry weight (67.49 g), total chlorophyll (3.83 mg/g) and Fe (361.81 ppm). Notably, total parenchyma cells of the stem containing calcium oxalate on DFT (152 cells) were lower than NFT (254 cells), Aeroponic (299 cells), and the control (186 cells).

Keywords : Agronomy character; *Amaranthus viridis* L.; growth; hydroponic.

PENDAHULUAN

Secara umum, pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman dipengaruhi oleh lingkungan tumbuh seperti ketersediaan air dan nutrisi. Untuk menghasilkan pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman yang optimal, ketersediaan air dan nutrisi harus dikontrol dengan tepat (Hartmann *et al.* 2002). Pada pertanian hidroponik, selain air dan nutrisi, teknik hidroponik yang digunakan pun turut berpengaruh terhadap pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman (Kao 2008).

Menurut Roberto (2003), teknik hidroponik meliputi hidroponik pasif dan hidroponik aktif. Teknik hidroponik pasif menggunakan metode

MAKALAH II

PERTUMBUHAN DAN KARAKTER AGRONOMIS *Amaranthus viridis* L. (BAYAM HIJAU) PADA TIGA TEKNIK HIDROPONIK

Henik Agustina
Biologi FMIPA Universitas Indonesia, Depok

ABSTRACT

Amaranthus viridis L. (Green amaranthus) is a leafy green vegetable with high nutrient and mineral contents that are useful for human health. Amaranthus could be cultivated either conventional or hydroponic agriculture. The aims of this research are to investigate the growth and the agronomy character of green amaranthus on the three hydroponic systems (NFT, DFT, Aeroponic). The growth was measured everyday for 20 days and the agronomy character was measured on the harvest time. The result shows that the plant growths (height and leaf number) and the agronomy character of plant on DFT were higher than NFT, Aeroponic, and the control. The plants on DFT have the mean of plant height (15.42 cm), leaf area (351.49 cm²), stem diameter (6.11 mm), root length (25.09 cm), total fresh weight (1105.72 g), total dry weight (67.49 g), total chlorophyll (3.83 mg/g) and Fe (361.81 ppm). Notably, total parenchyma cells of the stem containing calcium oxalate on DFT (152 cells) were lower than NFT (254 cells), Aeroponic (299 cells), and the control (186 cells).

Keywords : Agronomy character; *Amaranthus viridis* L.; growth; hydroponic.

PENDAHULUAN

Secara umum, pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman dipengaruhi oleh lingkungan tumbuh seperti ketersediaan air dan nutrisi. Untuk menghasilkan pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman yang optimal, ketersediaan air dan nutrisi harus dikontrol dengan tepat (Hartmann *et al.* 2002). Pada pertanian hidroponik, selain air dan nutrisi, teknik hidroponik yang digunakan pun turut berpengaruh terhadap pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman (Kao 2008).

Menurut Roberto (2003), teknik hidroponik meliputi hidroponik pasif dan hidroponik aktif. Teknik hidroponik pasif menggunakan metode

kapilarisasi, absorpsi atau tenaga gravitasi untuk menyiram tanaman, sedangkan hidroponik aktif menggunakan metode sirkulasi, sehingga larutan nutrisi kembali ke tandon. Teknik hidroponik aktif lebih efisien, produktif, dan lebih mudah diterapkan secara otomatis, serta mampu mendukung produksi tanaman. Beberapa contoh teknik hidroponik aktif antara lain *Nutrient Film Technique* (NFT), *Deep Flow technique* (DFT), dan *Aeroponik* (*Department of Agriculture*, Sri Lanka 2009).

Pada NFT, larutan nutrisi diberikan dalam bentuk lapisan tipis (0,5 mm), sedangkan pada DFT, larutan nutrisi diberikan dengan cara merendam akar tanaman setinggi 2–3 cm (*Department of Agriculture*, Sri Lanka 2009) atau 5–8 cm (Kao 2008). Sementara pada Aeroponik, larutan nutrisi diberikan berupa butiran air yang disemprotkan langsung ke akar tanaman (Roberto 2003). Selain pemberian larutan nutrisi yang berbeda, ketiga teknik tersebut juga memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Walaupun NFT efisien menggunakan air, namun akar tanaman rentan terhadap stagnasi, sehingga tanaman mengalami kekurangan oksigen dan nutrisi (Roberto 2003). Adapun DFT dapat diterapkan pada ruang terbuka, namun akar tanaman rentan terhadap anoxia (*Department of Agriculture*, Sri Lanka 2009). Sementara Aeroponik meskipun efisien menggunakan ruang, namun akar tanaman mudah kering dan mati jika larutan nutrisi tidak sampai ke akar (Roberto 2003).

Amaranthus viridis L. (bayam hijau) merupakan salah satu sayuran yang dibudidayakan secara hidroponik. Bayam hijau tergolong tanaman dikotil C4 yang toleran terhadap panas. Bayam hijau memiliki kandungan mineral (90,0 mg/100 g Ca; 8,3 mg/100g Fe; 229,8 mg/100 g Mg) (Akubugwo *et al.* 2008), vitamin B1, B2, dan vitamin C (Kumalaningsih 2008), serta protein (Pisarikova *et al.* 2005 dan Kumalaningsih 2008). Mineral, vitamin, dan protein tersebut, dapat digunakan sebagai sumber nutrisi dan obat bagi manusia (Pisarikova *et al.* 2005 dan Kumalaningsih 2008). Selain itu, bayam hijau juga mengandung nonnutrien asam oksalat yang dapat menyebabkan defisiensi mineral pada manusia (Gelinas & Seguin 2007). Asam oksalat juga dapat membentuk endapan kristal kalsium oksalat pada sendi, tulang, pembuluh darah, dan ginjal, sehingga menimbulkan rasa nyeri, ngilu, dan pegal seperti gejala asam urat (Departemen Kesehatan 2008).

Selain toleran terhadap panas dan kaya nutrisi, bayam juga memiliki masa pertumbuhan yang relatif singkat yaitu 25–35 hari (Susila 2006). Untuk pertumbuhan tinggi dan sistem akar optimal, serta daun yang besar, bayam membutuhkan lingkungan dengan cahaya matahari penuh dan suhu udara 24–32° C pada pertanian konvensional (Wright *et al.* 1999). Pada kondisi lingkungan yang teduh dengan suhu 14° C atau panas pada suhu di atas 30° C, pertumbuhan bayam mengalami penurunan baik luas daun maupun berat tanaman (Wright *et al.* 1999). Dengan demikian, pertumbuhan tanaman bayam hijau yang optimal akan menghasilkan karakter agronomis

tanaman yang baik. Karakter agronomis tanaman di antaranya luas daun, tinggi batang, dan panjang akar, penting dalam menentukan nilai jual produk tanaman pertanian.

Pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman bayam hijau dapat dioptimalkan dengan menggunakan teknik hidroponik. Teknik hidroponik memiliki kontrol terhadap air dan nutrisi yang baik, sehingga mampu mengoptimalkan potensi genetik tanaman (Roberto 2003). Namun demikian, data mengenai pertumbuhan dan karakter agronomis bayam hijau pada teknik hidroponik belum diketahui. Berdasarkan hal tersebut, penelitian mengenai pertumbuhan dan karakter agronomis *Amaranthus viridis* L. (bayam hijau) pada tiga teknik hidroponik, dilakukan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah daun) dan karakter agronomis bayam hijau (tinggi tanaman, luas daun, diameter batang, panjang akar, total berat basah dan berat kering tanaman, jumlah sel parenkim yang mengandung kalsium oksalat, kandungan klorofil dan Fe daun tanaman) pada teknik hidroponik NFT, DFT, Aeroponik, dan kontrol. Teknik hidroponik diduga mampu meningkatkan pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman. Hasil penelitian diharapkan dapat digunakan sebagai informasi terkait pertumbuhan dan karakter agronomis bayam hijau pada teknik hidroponik dan kontrol.

BAHAN DAN CARA KERJA

1. Bahan dan alat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2008–Mei 2009 yang terdiri dari 2 kegiatan yaitu: penelitian di kebun percobaan dan analisis di laboratorium. Penelitian di kebun percobaan, dilaksanakan di PT. Kebun Sayur Segar “Parung Farm” Bogor. Sementara analisis di laboratorium, dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok.

Bahan untuk penelitian terdiri atas: hidroponik kit (NFT, DFT, & Aeroponik) berukuran 1 m x 1 m, lahan tanah (kontrol) berukuran 1 m x 1 m, benih bayam hijau Nouseseed dari Taiwan, pot plastik, cup plastik, *styrofoam*, *rockwool*, arang sekam, kertas label, pupuk AB mix vegetatif dengan Librel RMX mikronutrien (lampiran 1), Urea 46% *Green World* dan SP36 *Green World* serta MOP (KCl), aquades, aseton 85%. Sementara itu, alat untuk penelitian terdiri atas: alat tulis, mistar, cangkul, gembor, gelas ukur, bor, mikroskop, silet, gelas obyek, kaca penutup, mikrometer, program image J, jangka sorong, kamera, timbangan elektrik, oven, spektrofotometer, mortar, termohigrometer, luxmeter, termometer, *Pandus hydrogenii* atau *Potential hydrogen* (pH) meter, *soil measurement*, *Dissolved Oxygen* (DO) meter, *Electrical Conductivity* (EC) meter, *Total Dissolved Solids* (TDS) meter.

2. Cara kerja

a. Persiapan hidroponik kit

Hidroponik kit disiapkan, dibersihkan, dan dicuci. *Styrofoam* berwarna putih berukuran 1 m x 1 m dengan ketebalan 3 cm, dilubangi dengan mata bor berdiameter 2–3 cm sebagai lubang tanam. Ukuran lubang tanam tersebut disesuaikan dengan ukuran cup plastik (2–3 cm). Jarak lubang tanam dibuat 15 cm x 15 cm. *Styrofoam* lengkap dengan cup plastik tersebut, digunakan sebagai penyangga tanaman pada hidroponik kit.

b. Penyemaian dan penanaman tanaman

Benih bayam ± 1 g disemai pada media arang sekam (ketebalan media 10–15 cm) yang diletakkan pada pot plastik dan disiram secara kontinu menggunakan air dengan teknik NFT. Ketika daun pertama telah muncul, air siraman pada tandon ditambahi nutrisi AB mix vegetatif (lampiran 1), sampai larutan nutrisi memiliki nilai (EC 1,0). Dua puluh hari setelah semai, bibit tanaman dicabut dan diseleksi sebanyak 147 bibit tanaman. Pemilihan bibit tanaman berdasarkan pada tinggi bibit tanaman 3–5 cm dan jumlah daun 4–5 helai. Kedua faktor pemilihan bibit tanaman tersebut diupayakan seragam.

Bibit tanaman dikelompokkan menjadi 3 kelompok, dan diberi kode sesuai dengan teknik hidroponik yang akan digunakan yaitu NFT, DFT, dan Aeroponik. Lebih lanjut setiap bibit tanaman pada masing-masing kelompok dililit dengan *rockwool*, kemudian dipindahtanamkan pada hidroponik kit NFT, DFT, dan Aeroponik. Bibit tanaman dipelihara selama 20 hari dan disiram

dengan larutan nutrien (EC 1,5–2,0). Metode penyiraman pada NFT dan DFT dijalankan secara kontinu, kecuali pada Aeroponik yang dilakukan secara berseling setiap 5 menit sekali dengan lama penyemprotan 1 menit. Masing-masing teknik hanya menggunakan satu hidroponik kit.

c. Persiapan dan penanaman bayam untuk kontrol

Lahan tanah seluas 1 m x 1 m, dicangkul dan dibersihkan dari gulma dan sisa tanaman. Lahan tanah kemudian diratakan. Lahan tanah diberi pupuk 5,6 g/m² urea; 25 g/m² SP36; dan 9 g/m² KCl. Pemupukan berikutnya dengan 5,6 g/m² urea dan 9 g/m² KCL, dilakukan 3 minggu setelah tanam (Susila, 2006).

Lahan tanah yang telah disiapkan, dibuat lubang tanam sebanyak 49 lubang dengan kedalaman 3–5 cm dan jarak tanam 15 cm x 15 cm. Setiap lubang ditaruh 5–10 benih bayam. Setelah 20 hari masa penyemaian, dilakukan penjarangan tanaman dengan 1 tanaman pada setiap lubang. Tanaman selanjutnya dipelihara selama 20 hari. Kecuali hari hujan, penyiraman dilakukan setiap pagi dan sore hari menggunakan gembor. Volume air hujan yang terjadi selama periode tanam tidak diukur, namun volume air yang digunakan untuk menyiram mulai dari penyemaian hingga panen, diukur dan dicatat. Penyiangan dilakukan setiap 2 minggu sekali.

3. Pengukuran tanaman bayam hijau di kebun percobaan

Pengukuran tinggi tanaman dan penghitungan jumlah daun dilakukan setiap hari selama 20 hari hingga saat panen. Pengukuran tinggi tanaman

menggunakan mistar. Pada saat panen juga dilakukan pengukuran luas daun menggunakan program image J, diameter batang menggunakan jangka sorong dan panjang akar menggunakan mistar. Selain itu, juga dilakukan pengukuran berat basah dan berat kering tanaman, meliputi bagian atas tanaman dan bagian akar. Berat basah tanaman diperoleh dengan menimbang tanaman segar secara langsung menggunakan timbangan elektrik. Untuk mendapatkan berat kering tanaman, tanaman dikeringkan di dalam oven pada suhu 65° C hingga berat kering tanaman konstan.

4. Pengamatan dan pengukuran di laboratorium

a. Kalsium oksalat

Pengamatan dan penghitungan jumlah sel parenkim yang mengandung kalsium oksalat, dilakukan dengan membuat preparat segar tangkai daun dan batang tanaman. Tangkai daun kedua dari atas dan batang tanaman bagian pucuk pada ruas kedua, diiris melintang tipis dengan silet. Irisan diletakkan pada gelas objek yang telah diberi 1–2 tetes akuades. Preparat ditutup dengan kaca penutup dan diamati di bawah mikroskop cahaya perbesaran 40–100x. Preparat diamati, difoto, dan dihitung jumlah sel parenkim yang mengandung kalsium oksalat. Penghitungan sel dilakukan 3 kali ulangan pada 3 irisan yang berbeda.

b. Klorofil daun

Pengukuran kandungan klorofil a dan b (mg/g) pada sampel daun, dilakukan dengan menimbang daun sebesar 1 g, kemudian digerus

menggunakan mortar. Ekstraksi dilakukan dengan aseton 85% hingga ampas berwarna putih. Ekstrak disaring menggunakan kertas saring. Aseton 85% ditambahkan pada filtrat hingga volume ekstrak tepat 100 ml. Ekstrak selanjutnya dimasukkan ke dalam *cuve*t sebanyak 2,5 ml, dan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 663 nm dan 644 nm.

Pengukuran dilakukan dengan 3 kali ulangan. Aseton 85% dengan volume yang sama digunakan sebagai *blanko*. Konsentrasi klorofil dihitung dengan rumus:

$$\text{Klorofil a} = 10,3 \times E_{663} - 0,918 \times E_{644} \text{ mg/g jaringan}$$

$$\text{Klorofil b} = 19,7 \times E_{644} - 3,87 \times E_{663} \text{ mg/g jaringan}$$

E = Panjang gelombang

c. Fe daun

Pengukuran kandungan Fe daun, dianalisis di Laboratorium Biokimia/Kimia BPPP Departemen Pertanian, menggunakan metode destruksi *Atomic Absorbtion Spektrophotometry* (AAS) dengan $\lambda = 248,3 \text{ nm}$.

5. Pencatatan data lingkungan

Pada teknik hidroponik dan kontrol, data lingkungan yang meliputi: suhu udara dan kelembapan udara diukur dengan termohigrometer. Sementara intensitas cahaya dan suhu media diukur dengan luxmeter dan termometer. Adapun pH air dan pH tanah diukur dengan pH meter dan *soil measurement*. Untuk DO, EC, dan TDS larutan nutrisi, masing-masing diukur dengan DO meter, EC meter, dan TDS meter. Pengukuran data

lingkungan dilakukan setiap pagi dan sore hari. Data yang diperoleh dideskripsikan dalam bentuk tabel.

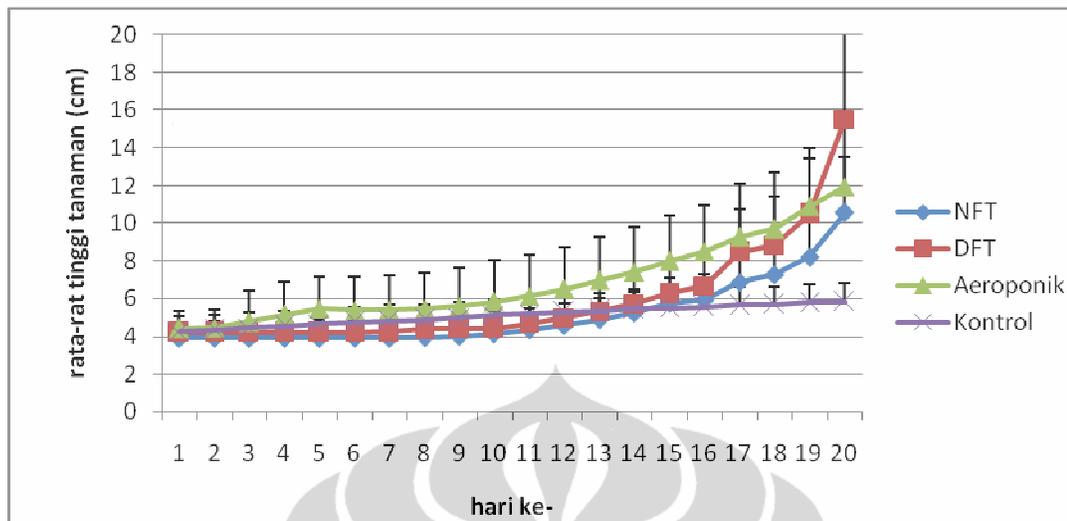
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pertumbuhan tanaman

Secara umum, pertumbuhan tanaman baik tinggi maupun jumlah daun pada teknik hidroponik cenderung lebih pesat dibandingkan pertumbuhan tinggi dan jumlah daun tanaman pada kontrol, walaupun pertumbuhan tanaman kontrol juga menunjukkan pertumbuhan yang tidak bagus.

a. Tinggi tanaman

Hasil penelitian selama 20 hari masa tanam, diketahui bahwa rata-rata tinggi tanaman bayam hijau pada teknik hidroponik dan kontrol tampak seragam di awal penanaman. Namun seiring dengan berjalannya waktu, peningkatan tinggi tanaman pada teknik hidroponik cenderung lebih tinggi dibandingkan kontrol. Pada hari ke-16, rata-rata tinggi tanaman pada NFT (5,93 cm), DFT (6,67 cm), dan Aeroponik (8,50 cm) lebih tinggi dibandingkan pada kontrol (5,55 cm) (Gambar II.1).



Gambar II.1. Grafik penambahan rata-rata tinggi tanaman bayam hijau pada tiga teknik hidroponik selama 20 hari.

*Keterangan: NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Peningkatan tinggi tanaman yang tinggi pada teknik hidroponik diduga terjadi karena larutan nutrisi pada teknik hidroponik tersedia dalam bentuk larutan dengan komposisi lengkap dan konsentrasi seimbang, sesuai dengan kebutuhan tanaman. Hal itu sesuai dengan pendapat Roberto (2003), bahwa larutan nutrisi pada hidroponik meliputi makronutrien dan mikronutrien, dengan konsentrasi seimbang dan sesuai dengan jenis dan tahapan pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, tanaman dapat dengan mudah menyerap nutrisi dan menggunakannya secara langsung untuk pertumbuhan tanaman.

Di antara ketiga teknik hidroponik yang diuji, teknik Aeroponik merupakan teknik yang cukup ideal bagi pertumbuhan tanaman bayam, diikuti dengan teknik DFT dan teknik NFT. Walaupun demikian, pada hari ke-20, rata-rata tinggi tanaman pada DFT (15,52 cm) tampak paling tinggi

dibandingkan rata-rata tinggi tanaman pada Aeroponik (11,96 cm) dan NFT (10,56 cm) (Gambar II.1), walaupun standar deviasinya cukup besar dan saling bersinggungan dengan data dari NFT dan Aeroponik. Aeroponik tampaknya tidak dapat mendukung tanaman yang pertumbuhannya makin besar.

Pertumbuhan tinggi tanaman pada teknik DFT yang cenderung lambat pada awalnya dan meningkat tajam di akhir masa tanam terjadi karena kondisi lingkungan pada saat penyemaian berbeda dengan kondisi lingkungan pada saat pembesaran. Penyemaian dilakukan dengan teknik NFT yang cenderung lembap menggunakan media tanam arang sekam, sedangkan pembesaran dilakukan dengan teknik DFT yang basah tanpa menggunakan media tanam dan larutan nutrisi merendam akar tanaman setinggi 5–8 cm. Perbedaan kondisi tersebut, membuat tanaman membutuhkan waktu untuk beradaptasi.

Pertumbuhan tanaman yang tinggi pada DFT hanya di hari ke-19 dan ke-20, selain disebabkan oleh ketersediaan air dan nutrisi yang cukup bagi tanaman, juga disebabkan oleh teknik sirkulasi. Teknik sirkulasi larutan nutrisi kembali ke tandon memungkinkan oksigen berdifusi dengan baik, sehingga kandungan oksigen pada larutan nutrisi tinggi dan mendukung aktivitas penyerapan akar secara optimal. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya lonjakan rata-rata tinggi tanaman pada hari ke-16 dan ke-19. Walaupun sebelum hari ke-19, tinggi tanaman masih di bawah Aeroponik.

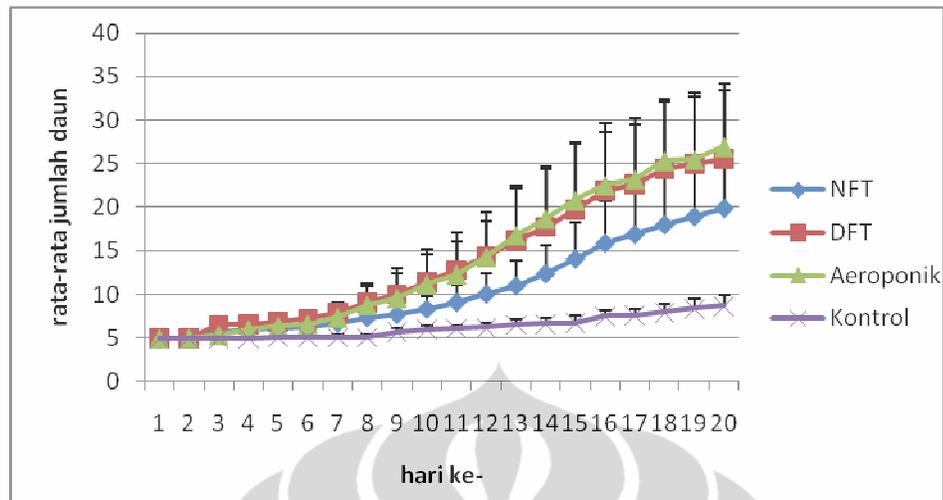
Menurut Rodriguez-Delfin *et al.* (2000), metode penyiraman merendam akar tanaman pada teknik DFT membuat tanaman terhindar dari stres meskipun dilakukan penyiraman *on/off*. Larutan nutrisi pada DFT mengalami aerasi ketika air disirkulasi kembali (*Department of Agriculture, Sri Lanka* 2009). Kandungan oksigen terlarut pada DFT mencapai 42–65% dan meningkat menjadi 91–96% jika menggunakan aerator (Nakano *et al.* 2003). Dengan demikian, pertumbuhan tinggi tanaman pada DFT mungkin dapat ditingkatkan dengan penambahan aerator.

Adapun pada kontrol, air dan nutrisi yang diberikan pada tanaman tidak semuanya dapat digunakan oleh tanaman. Sebagian besar air (Buckman & Brady 1982) dan nutrisi (Gonggo *et al.* 2006) masuk ke dalam tanah dan terikat oleh koloid tanah atau menguap ke atmosfer.

Kemampuan teknik hidroponik dalam mengontrol ketersediaan air dan nutrisi, lebih baik dibandingkan kontrol. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Steinberg *et al.* (2000) bahwa teknik hidroponik mampu menjaga air, nutrisi, dan aerasi daerah akar secara konsisten yang sulit dilakukan pada media tanam padat.

b. Jumlah daun

Di awal penanaman, penambahan jumlah daun lambat dan terus meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Pada hari ke-7, rata-rata jumlah daun tanaman pada NFT (7 daun), DFT (8 daun), dan Aeroponik (7 daun) lebih tinggi dibandingkan pada kontrol (5 daun) (Gambar II.2).



Gambar II.2. Grafik penambahan rata-rata jumlah daun tanaman bayam hijau pada tiga teknik hidroponik selama 20 hari.

*Keterangan: NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Penambahan jumlah daun tersebut merupakan salah satu bentuk pertumbuhan tanaman. Mohr dan Schopfer (1995) menyebutkan bahwa kurva pertumbuhan organ tanaman umumnya sigmoid yaitu diawali dengan pertumbuhan lambat-cepat-dan menurun mencapai nilai akhir yang tetap. Namun, dari kurva penambahan jumlah daun yang diperoleh dalam penelitian ini, belum menunjukkan pertumbuhan menurun (Gambar II.2). Hal tersebut berarti bahwa kurva pertumbuhan organ tanaman bayam hijau pada teknik hidroponik kit mungkin masih akan terus berlangsung lebih dari 20 hari.

Selama 20 hari masa tanam, diketahui bahwa penambahan jumlah daun tanaman pada teknik hidroponik cenderung lebih cepat dibandingkan pada kontrol (Gambar II.2). Hal itu dapat terjadi karena pada teknik hidroponik larutan nutrisi secara lengkap diberikan pada tanaman dengan rasio nitrat : amonium sebesar 7 : 1 dan total N 200 ppm sesuai jenis

tanaman yang dibudidayakan. Menurut Muharja (2008), pupuk hidroponik dibedakan menjadi pupuk sayuran daun dan pupuk sayuran buah. Pupuk sayuran daun memiliki rasio nitrat (NO_3) : amonium (NH_4) sebesar 6 : 1, sedangkan rasio nitrat : amonium untuk sayuran buah sebesar 9 : 1 dengan total N 250 ppm. Amonium yang banyak pada sayuran daun digunakan untuk memicu pertumbuhan vegetatif tanaman, sehingga menghasilkan tanaman dengan pertumbuhan daun yang cepat dan besar. Selain itu, dengan teknik sirkulasi, transpor nutrisi dapat berlangsung dengan baik.

Di antara teknik hidroponik, teknik DFT memiliki tanaman dengan penambahan jumlah daun yang cenderung sama dengan Aeroponik dan lebih tinggi dibandingkan dengan NFT. Hal itu dapat terjadi karena teknik pemberian larutan nutrisi pada DFT yang cenderung cukup air, memungkinkan akar tanaman dapat beradaptasi terhadap perubahan lingkungan sekitar akar, sehingga mampu menyerap larutan nutrisi dengan baik dan mendukung penambahan jumlah daun. Hal itu sesuai dengan hasil penelitian Nakano *et al.* (2003) dengan tomat sebagai tanaman uji, yang menyebutkan bahwa akar pada kondisi cukup air, mampu beradaptasi dengan baik terhadap perubahan konsentrasi nutrisi, pH, dan suhu.

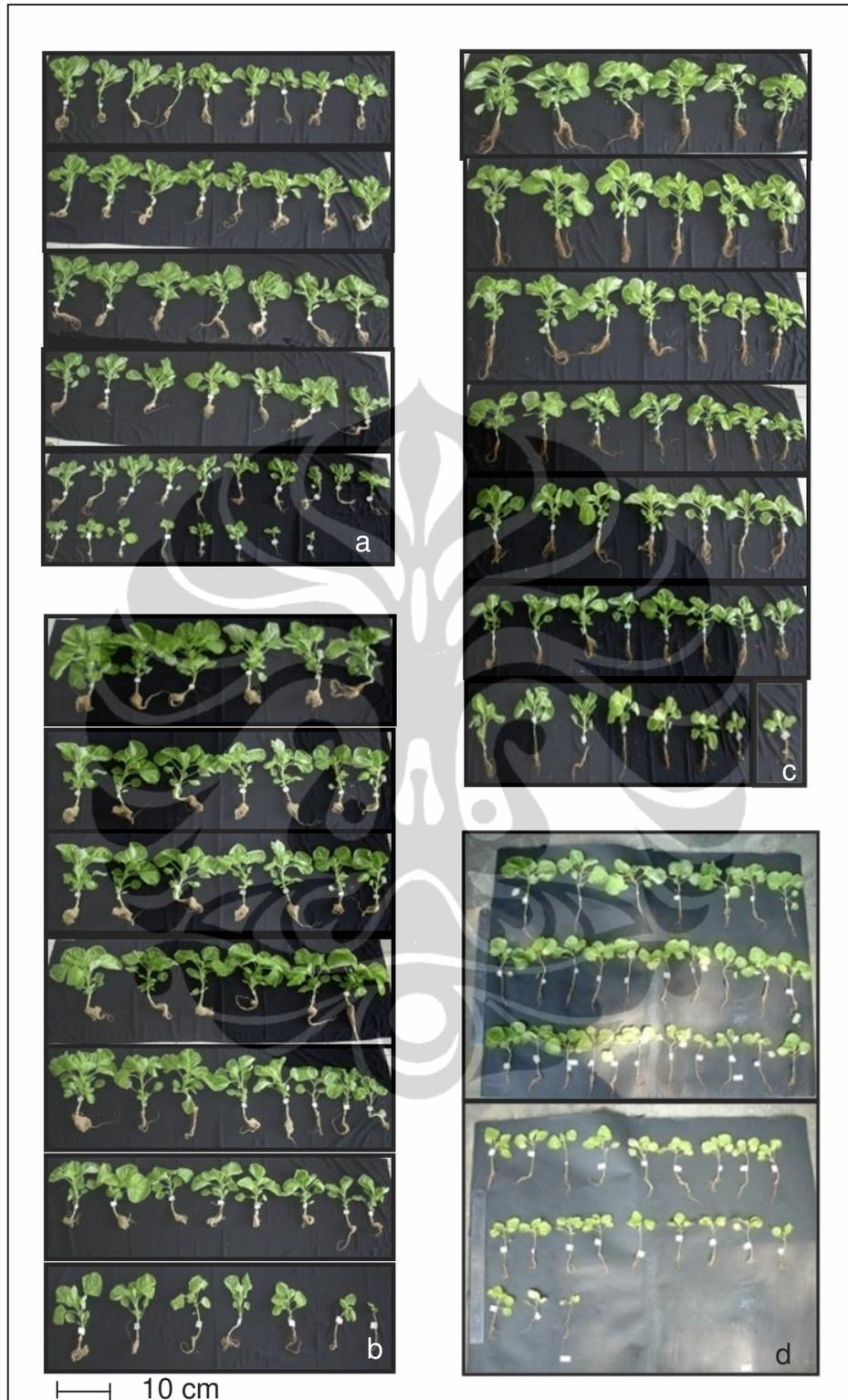
Adapun penambahan jumlah daun yang cenderung lambat pada kontrol diduga, disebabkan oleh kurangnya penyerapan air dan nutrisi oleh tanaman akibat perlindian dan perkolasi. Pada kontrol, penyiraman akan melindungi permukaan tanah sesuai aliran air. Selain itu, pada kontrol juga muncul gulma dengan pertumbuhan yang lebih cepat. Hal tersebut sesuai

dengan pendapat Mukhlis (2003) bahwa ketersediaan nutrisi pada tanah dipengaruhi oleh perubahan bentuk senyawa nutrisi, konsumsi mikroba, maupun sifat nutrisi yang mudah bergerak dan terlarut.

Dari pertumbuhan tinggi tanaman (Gambar II.1) dan penambahan jumlah daun tanaman (Gambar II.2), diketahui bahwa penambahan jumlah daun tanaman bayam hijau cenderung terjadi lebih awal dibandingkan pertumbuhan tinggi tanaman. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman bayam hijau di awal pertumbuhannya lebih cenderung menambah jumlah daun terlebih dahulu baru kemudian menambah tinggi tanaman.

2. Karakter agronomis tanaman hasil panen

Dengan umur tanaman yang sama, tanaman hasil panen pada teknik hidroponik, cenderung lebih layak jual karena memiliki kualitas dan kuantitas hasil panen yang lebih tinggi dibandingkan tanaman hasil panen pada kontrol (Gambar II.3).



Gambar II.3. Seluruh tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik NFT (a), DFT (b), Aeroponik (c), dan Kontrol (d).

*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Kualitas dan kuantitas hasil panen yang tinggi pada teknik hidroponik menunjukkan bahwa teknik hidroponik membutuhkan waktu panen yang lebih singkat dengan hasil panen yang berkelanjutan dibandingkan kontrol. Hal itu sesuai dengan pendapat Kao (2008) bahwa waktu panen pada hidroponik lebih awal 1 bulan dibandingkan konvensional. Hal yang sama juga disebutkan oleh Guelberto *et al.* (2002) bahwa pada budidaya tanaman tomat secara hidroponik memiliki jadwal panen, kualitas, dan kuantitas hasil panen yang lebih baik dibandingkan kontrol tanpa memerlukan rotasi panen.

Tanaman hasil panen pada teknik DFT rata-rata mengandung lebih banyak air (20,41 ml) dibandingkan tanaman pada NFT (10,20 ml), Aeroponik (14,29 ml), dan kontrol (2,04 ml) (Tabel II. 1).

Tabel. II.1. Rata-rata kandungan air dalam tanaman bayam hijau hasil panen pada tiga teknik hidroponik.

| Teknik pertanian | Rata-rata kandungan air dalam tanaman bayam hijau (ml) |
|------------------|--|
| NFT | 10,20 |
| DFT | 20,41 |
| Aeroponik | 14,29 |
| Kontrol | 2,04 |

*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam, NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Kandungan air dalam tanaman yang tinggi, selama tidak berlebihan pada DFT, berpengaruh positif terhadap nilai jual produk sayuran. Menurut Utama *et al.* (2007), kandungan air yang tinggi pada produk sayuran berpengaruh terhadap warna, tekstur, dan kualitas visual produk sayuran yang lebih baik secara keseluruhan. Hal tersebut diduga juga berlaku pada

tanaman bayam sebagai produk sayuran dengan kandungan air dalam tanaman yang tinggi.

Lebih lanjut, performa tanaman hasil panen pada teknik hidroponik memiliki karakter agronomis tanaman di antaranya tinggi tanaman, luas daun, diameter batang, dan panjang akar tanaman yang lebih baik dibandingkan pada kontrol. Tanaman pada kontrol menunjukkan gejala defisiensi nutrisi berupa tinggi tanaman yang kerdil, daun dan batang tanaman berukuran kecil, serta akar tanaman yang pendek (Gambar II.4).



Gambar II.4. Tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik NFT (a), DFT (b), Aeroponik (c), dan Kontrol (d).

*Keterangan: panjang pensil = 16 cm. Panen dilakukan 40 hari setelah tanam.
NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

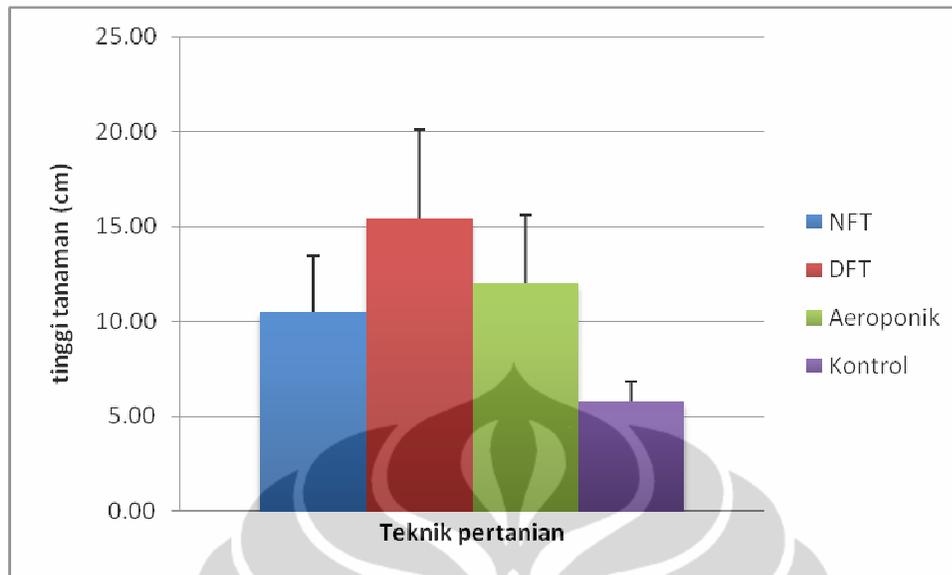
Karakter agronomis tanaman yang baik pada teknik hidroponik terjadi karena pertumbuhan tanaman dapat berlangsung secara optimal dengan ketersediaan pupuk yang baik. Menurut Muharja (2008), teknik hidroponik mampu menghasilkan sayuran yang segar, tegak, menarik, berkadar gizi tinggi, bercita rasa tinggi, dan berharga jual mahal, karena ramuan pupuk yang baik dan sesuai dengan jenis sayuran yang dibudidayakan.

Di antara teknik hidroponik yang diuji, pada teknik NFT dan DFT, akar tanaman hasil panen berwarna putih, sedangkan pada teknik Aeroponik, akar tanaman berwarna sedikit cokelat (Gambar II.4). Berdasarkan hal tersebut, akar tanaman pada DFT memiliki warna yang lebih menarik.

Pada kontrol, tanaman menunjukkan pertumbuhan terhambat yang diduga akibat ketersediaan air dan nutrisi yang kurang. Menurut Gardner *et al.* (1991); Wijayani dan Indradewa (2004); Endrizal dan Jumakir (2007), pertumbuhan tanaman tampak tidak normal dapat terjadi apabila kebutuhan nutrisi tanaman tidak terpenuhi.

a. Tinggi tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata tinggi batang tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik (10–15 cm) cenderung lebih tinggi dibandingkan tinggi batang tanaman bayam hijau hasil panen pada kontrol (5,75 cm) (Gambar II.5).



Gambar II.5. Rata-rata tinggi batang tanaman bayam hijau hasil panen pada tiga teknik hidroponik.

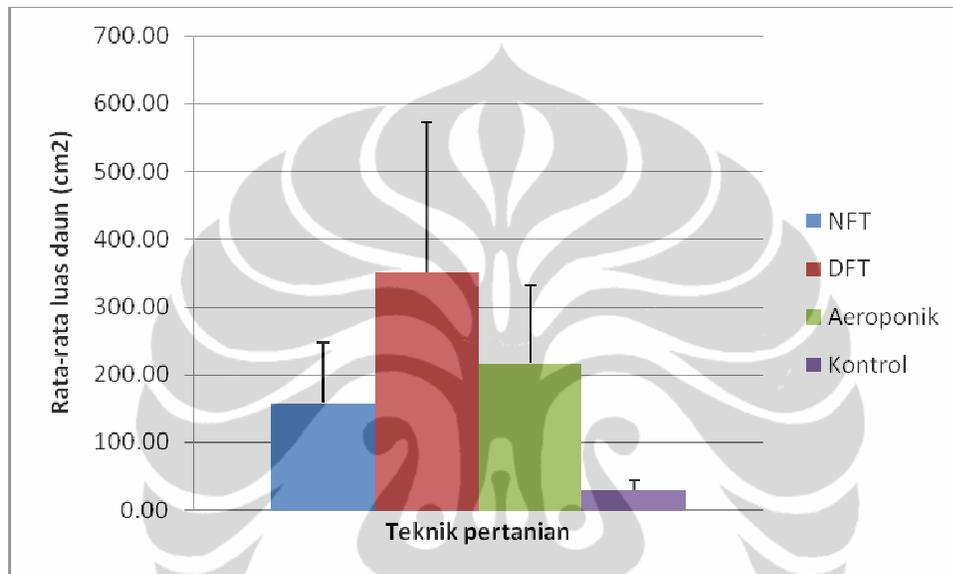
*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Pada teknik hidroponik, rata-rata tinggi batang tanaman hasil panen cenderung tinggi, diduga disebabkan oleh ketersediaan makronutrien dan mikronutrien yang baik dan seimbang. Keseimbangan nutrisi pada teknik hidroponik diperlukan untuk menghasilkan pertumbuhan tanaman yang baik. Menurut Muharja (2008), pertumbuhan vegetatif tanaman membutuhkan N yang tinggi, sehingga menghasilkan tanaman yang tegak.

b. Luas daun

Rata-rata luas daun tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik lebih besar dibandingkan dengan rata-rata luas daun tanaman bayam hijau hasil panen pada kontrol ($28,69 \pm 15,83 \text{ cm}^2$). Di antara teknik hidroponik, pada DFT cenderung memiliki tanaman hasil panen dengan rata-

rata luas daun ($351,49 \pm 220,58 \text{ cm}^2$) lebih besar dibandingkan pada Aeroponik ($216,64 \pm 114,84 \text{ cm}^2$) dan NFT ($158,18 \pm 89,58 \text{ cm}^2$) secara berturut-turut (Gambar II.6). Walaupun, nilai standar deviasi dari setiap nilai rata-rata cukup besar.



Gambar II.6. Rata-rata luas daun tanaman bayam hijau hasil panen pada tiga teknik hidroponik.

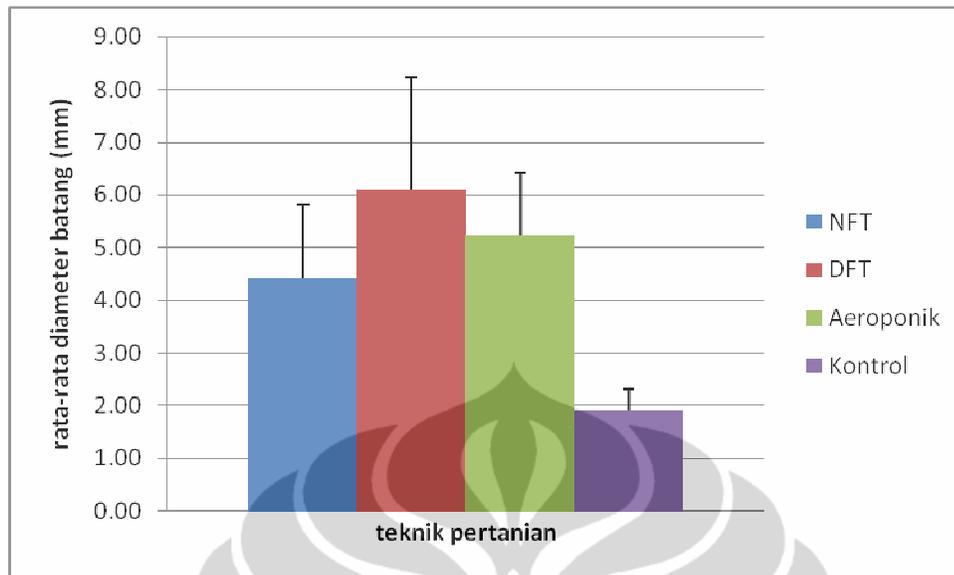
*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Perbedaan rata-rata luas daun tanaman hasil panen tersebut terkait dengan transpor air dan nutrisi ke akar tanaman, yang cenderung lebih optimal pada DFT dibandingkan pada NFT dan Aeroponik. Makus (2003); Agung dan Rahayu (2004) menyatakan bahwa peningkatan luas daun terkait dengan peningkatan N dan ketersediaan air bagi tanaman. Air yang cukup mendukung peningkatan luas daun. Dengan demikian, rata-rata luas daun tanaman hasil panen pada kontrol diduga disebabkan oleh ketersediaan air

bagi tanaman yang rendah, akibat perlindian dan perkolasi, sehingga melarutkan berbagai nutrisi penting, yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman. Menurut Buckman dan Brady (1982); Albaho *et al.* (2008), ketersediaan air yang rendah pada kontrol disebabkan oleh penguapan, perlindian, dan perkolasi.

c. Diameter batang

Rata-rata diameter batang tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik, juga lebih besar dibandingkan rata-rata diameter batang tanaman bayam hijau hasil panen pada kontrol ($1,91 \pm 0,39$ mm). Sementara itu, rata-rata diameter batang tanaman hasil panen pada teknik DFT ($6,11 \pm 2,12$ mm) cenderung paling besar dibandingkan rata-rata diameter batang tanaman hasil panen pada teknik NFT ($4,41 \pm 1,40$ mm) dan Aeroponik ($5,24 \pm 1,17$ mm) (Gambar II.7).



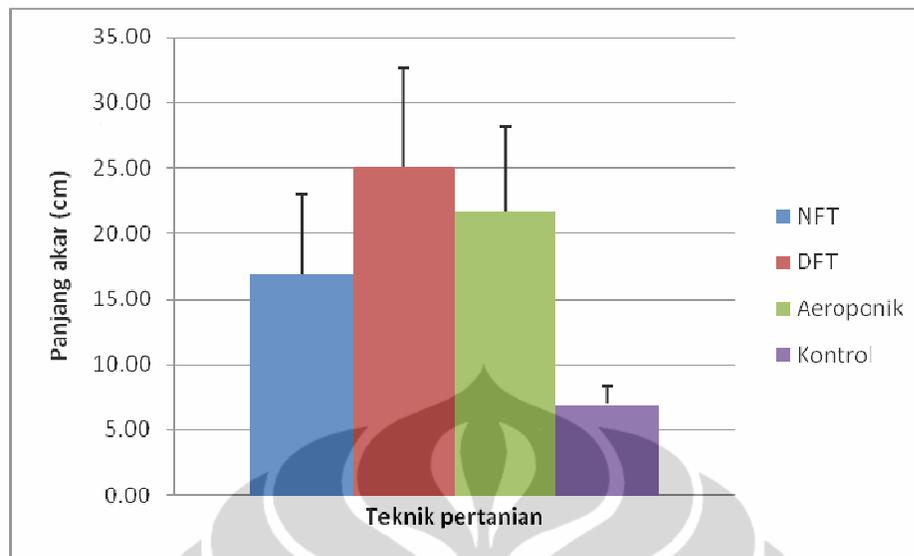
Gambar II.7. Rata-rata diameter batang tanaman bayam hijau hasil panen pada tiga teknik hidroponik.

*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Perbedaan rata-rata diameter batang tanaman hasil panen di antara teknik hidroponik, diduga dipengaruhi oleh penyerapan nutrisi oleh akar tanaman, yang cenderung lebih efisien pada teknik DFT.

d. Panjang akar

Rata-rata panjang akar tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik lebih tinggi dibandingkan pada kontrol ($6,96 \pm 1,40$ cm). Sementara di antara teknik hidroponik, rata-rata panjang akar tanaman hasil panen pada DFT ($25,09 \pm 7,58$ cm) cenderung lebih tinggi dibandingkan pada NFT ($16,87 \pm 6,11$ cm) dan Aeroponik ($21,64 \pm 6,53$ cm) (Gambar II.8).



Gambar II.8. Rata-rata panjang akar tanaman bayam hijau hasil panen pada tiga teknik hidroponik.

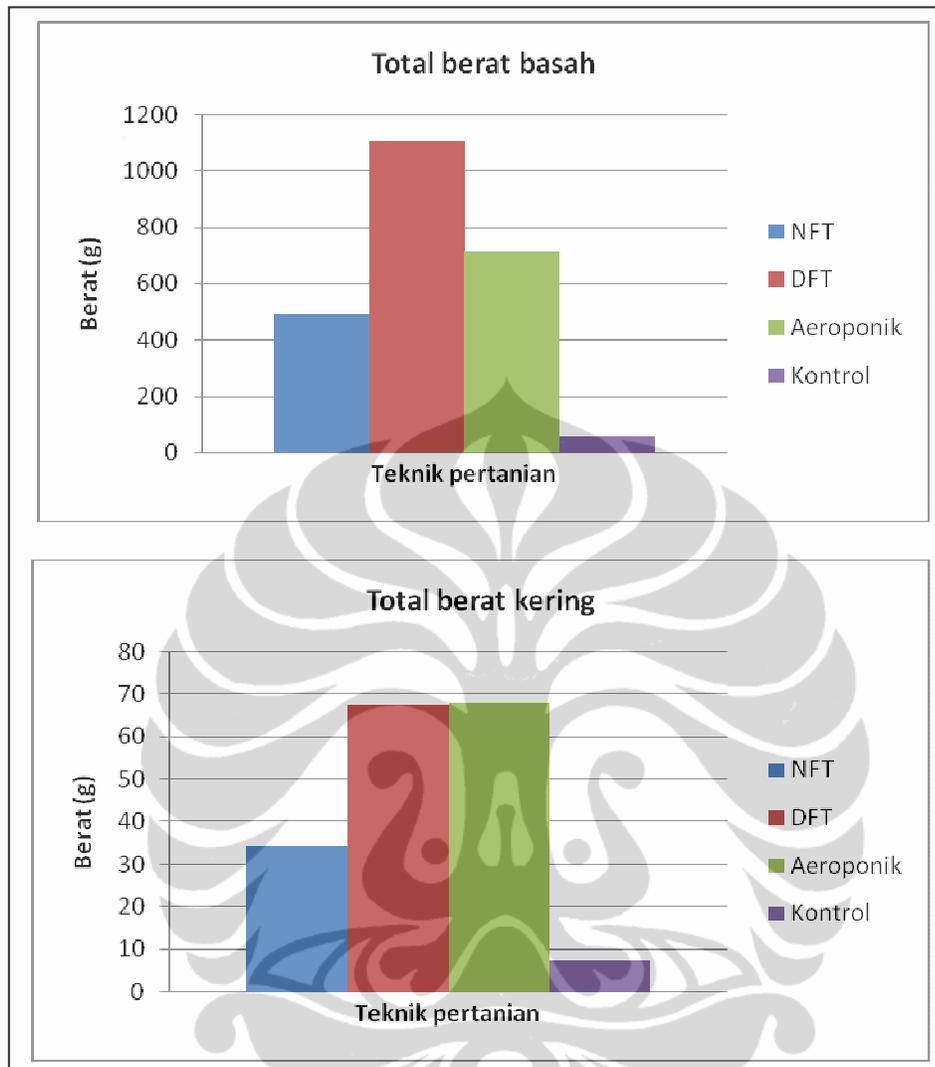
*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Panjang akar tanaman hasil panen yang tinggi pada DFT, diduga disebabkan oleh transpor nutrisi yang juga tinggi pada DFT, sehingga mampu diserap dengan baik oleh akar tanaman.

Selain itu, jika tinggi batang tanaman (Gambar II.5) dibandingkan dengan panjang akar tanaman (Gambar II.8), diketahui bahwa rasio tinggi batang dan panjang akar tanaman hasil panen pada teknik hidroponik (1 : 2 hingga 2 : 3) cenderung lebih rendah dibandingkan pada kontrol (4 : 5). Hal tersebut menunjukkan bahwa rasio panjang batang dan akar tanaman yang tinggi pada kontrol, diduga dipicu oleh struktur tanah yang menurunkan kepadatan akar dan jangkauan penjarannya. Menurut Notohadiprawiro (2006) struktur tanah padat menyebabkan kepadatan akar rendah dan penjarangan akar terbatas, sehingga penyerapan hara oleh akar, juga rendah.

e. Berat basah dan berat kering tanaman

Produksi pertanian merupakan total berat tanaman per luasan area tanam yang digunakan (Gardner *et al.* 1991). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan luasan area tanam yang sama (1 m^2), total berat basah tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik yaitu NFT (492,15 g), DFT (1105,72 g), dan Aeroponik (715,03 g) cenderung lebih tinggi dibandingkan pada kontrol (59,64 g). Demikian pula, dengan total berat kering tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik NFT (34,35 g), DFT (67,49 g), dan Aeroponik (67,73 g) cenderung lebih tinggi dibandingkan total berat kering tanaman bayam hijau hasil panen pada kontrol (7,6 g) (Gambar II.9).



Gambar II.9. Total berat basah dan berat kering tanaman bayam hijau hasil panen pada tiga teknik hidroponik.

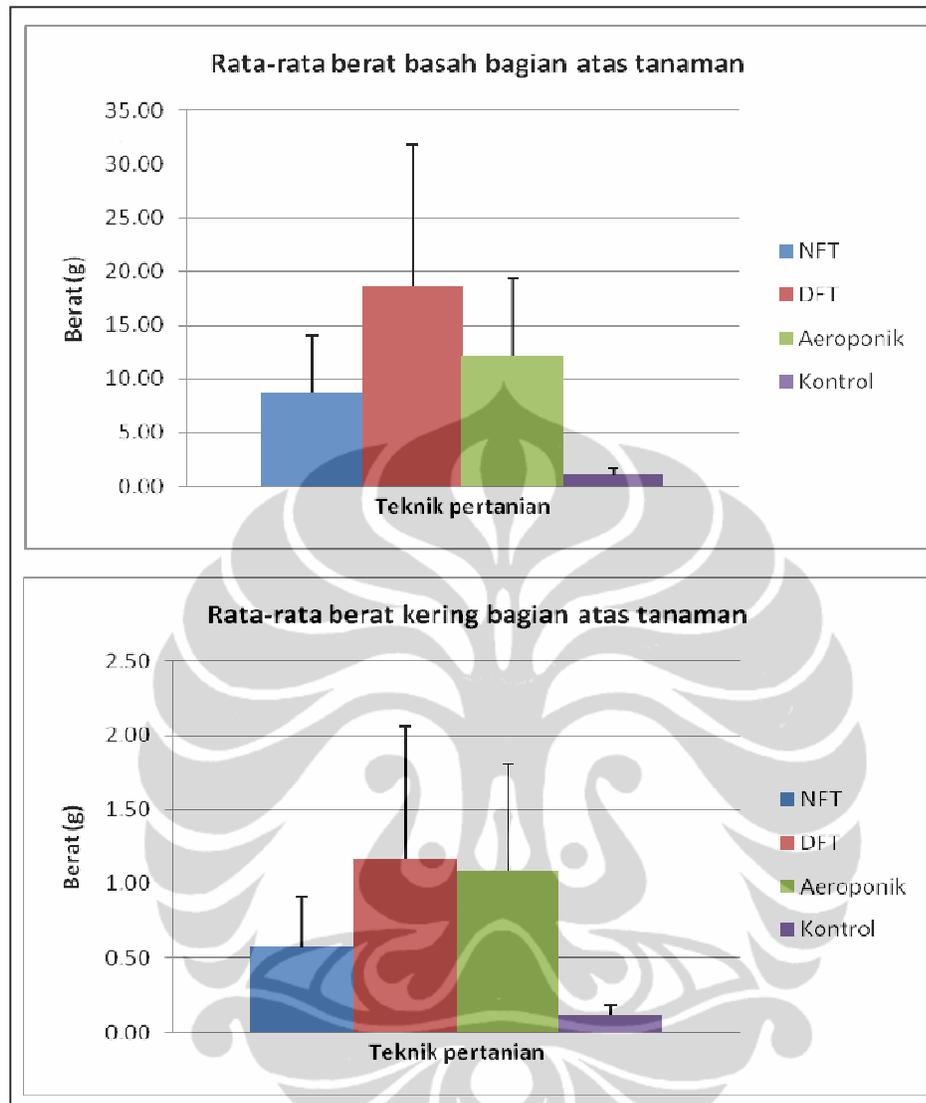
*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Total berat basah dan total berat kering tanaman hasil panen yang tinggi pada teknik hidroponik, menunjukkan bahwa dengan masa tanam yang sama, produksi pertanian pada teknik hidroponik lebih besar dibandingkan produksi pertanian pada kontrol. Dengan demikian, teknik hidroponik mampu meningkatkan produktivitas pertanian. Hal tersebut sesuai dengan hasil

penelitian Christopher *et al.* (2008), bahwa teknik hidroponik mampu meningkatkan produksi akar pada tanaman obat.

Adapun total berat basah dan total berat kering tanaman hasil panen yang tinggi pada DFT, terjadi karena DFT mampu menjaga suhu larutan nutrisi dan kadar oksigen tetap stabil, sehingga larutan nutrisi dapat ditransport sesuai dengan kebutuhan tanaman dan menghasilkan produksi tanaman yang baik. Menurut Kao (2008), teknik DFT mampu menjaga suhu larutan nutrisi dalam kondisi konstan. Peningkatan suhu larutan nutrisi dapat menurunkan kadar oksigen terlarut, yang berakibat pada penurunan kecepatan respirasi akar.

Selain total berat basah dan total berat kering tanaman bayam hijau hasil panen, rata-rata berat basah bagian atas tanaman bayam hijau hasil panen pada NFT (8,67 g), DFT (18,68 g), dan Aeroponik (12,11 g), juga lebih tinggi dibandingkan rata-rata berat basah bagian atas tanaman bayam hijau hasil panen pada kontrol (1,03 g). Demikian pula, dengan rata-rata berat kering bagian atas tanaman bayam hijau hasil panen pada NFT (0,57 g), DFT (1,17 g), dan Aeroponik (1,08 g) cenderung lebih tinggi dibandingkan rata-rata berat kering bagian atas tanaman bayam hijau hasil panen pada kontrol (0,11 g) (Gambar II.10).



Gambar II.10. Rata-rata berat basah dan berat kering bagian atas tanaman bayam hijau hasil panen pada tiga teknik hidroponik.

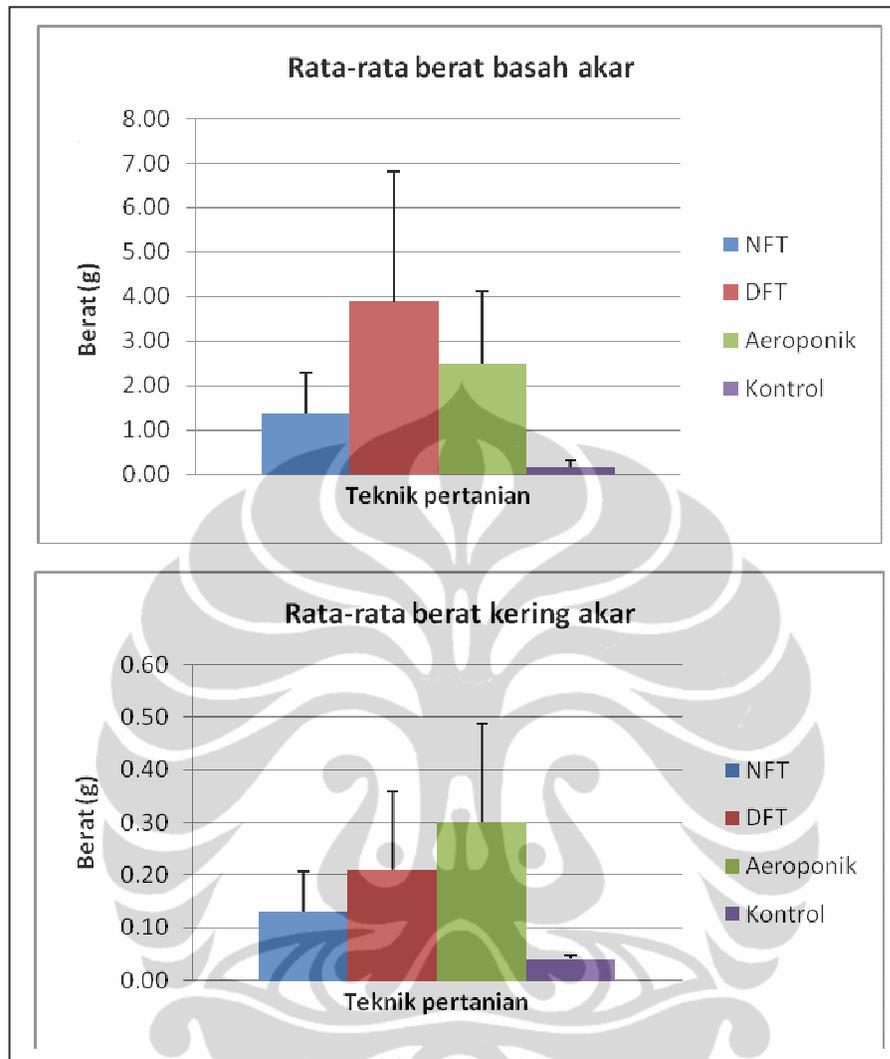
*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Rata-rata berat basah dan berat kering bagian atas tanaman hasil panen yang tinggi pada teknik hidroponik, menunjukkan bahwa tanaman pada teknik hidroponik mampu menyerap larutan nutrisi yang diberikan dengan baik, sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan bagian atas tanaman. Menurut *Department of Agriculture, Srilanka (2009)*, teknik

pemberian air dan nutrisi secara bersamaan pada teknik hidroponik, baik untuk pertumbuhan tanaman, sehingga mampu menghasilkan panen yang tinggi dan berkualitas.

Adapun rata-rata berat basah dan berat kering bagian atas tanaman hasil panen yang tinggi pada DFT, menunjukkan bahwa tanaman pada teknik DFT mengandung banyak air, yang baik untuk produk sayuran. Menurut Utama *et al.* (2007), kandungan air yang tinggi dalam produk sayuran sangat penting untuk menghasilkan tekstur sayuran *crispy*, tegar, segar, dan menarik.

Rata-rata berat basah akar tanaman bayam hijau hasil panen pada DFT (3,88 g) cenderung lebih tinggi dibandingkan pada NFT (1,37 g), Aeroponik (2,48 g), dan kontrol (0,18 g). Sementara rata-rata berat kering akar tanaman bayam hijau hasil panen pada DFT (0,21 g) cenderung lebih rendah dari Aeroponik (0,30 g), namun cenderung lebih tinggi dibandingkan pada NFT (0,13 g) dan kontrol (0,04 g). Meskipun demikian, nilai tersebut secara rasio antara rata-rata berat basah dan rata-rata berat kering akar tanaman bayam hijau hasil panen pada DFT tetap lebih besar (Gambar II.11).



Gambar II.11. Rata-rata berat basah dan berat kering akar tanaman bayam hijau hasil panen pada tiga teknik hidroponik.

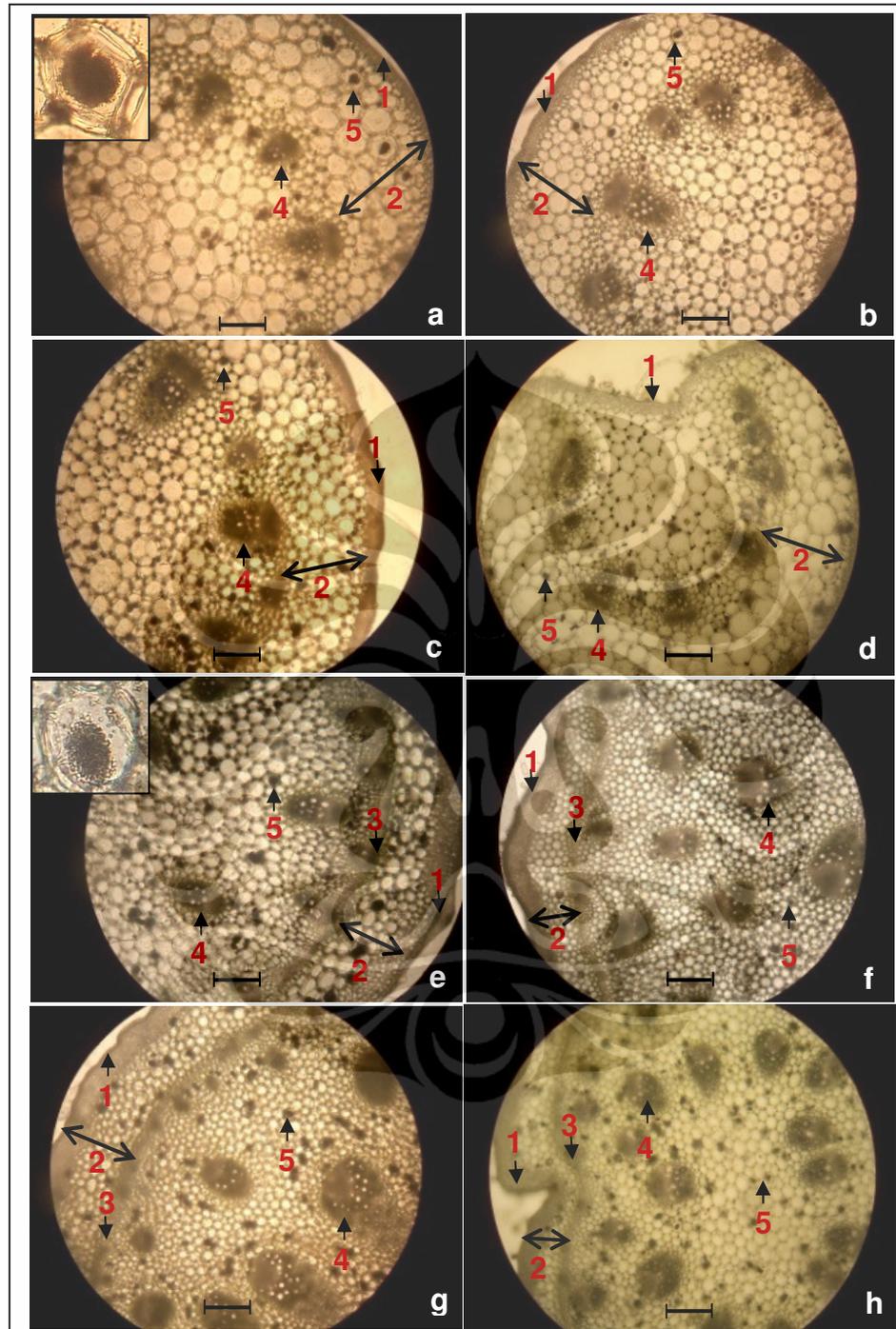
*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Rata-rata berat basah dan berat kering akar tanaman hasil panen yang tinggi pada DFT berarti bahwa, pada teknik DFT cenderung menghasilkan rata-rata biomassa akar lebih baik dibandingkan pada NFT dan Aeroponik. Dengan ketersediaan air dan nutrisi yang besar pada DFT, pertumbuhan akar tanaman dapat terjadi secara optimal.

Berdasarkan rata-rata berat kering batang dan rata-rata berat kering akar tanaman bayam hijau hasil panen diketahui bahwa rasio berat kering batang dan berat kering akar tanaman bayam hijau hasil panen pada DFT (6 : 1) cenderung lebih besar dibandingkan pada NFT (4 : 1), Aeroponik (4 : 1), dan kontrol (3 : 1). Hal tersebut menunjukkan bahwa teknik DFT memicu pertumbuhan bagian atas tanaman, sedangkan teknik Aeroponik memicu pertumbuhan bagian bawah tanaman. Fakta tersebut diduga terjadi karena metode penyiraman pada DFT yang merendam akar tanaman, memungkinkan untuk menghasilkan pertumbuhan bagian atas tanaman yang lebih cepat untuk mengimbangi ketersediaan air.

f. Kalsium oksalat

Hasil pengamatan mikroskopis menunjukkan bahwa, kristal kalsium oksalat pada tanaman bayam hijau hasil panen berwarna gelap, berbentuk butiran kecil seperti pasir. Kristal kalsium oksalat tersebut terdapat pada sel parenkim bagian luar hingga sel parenkim bagian dalam dari organ tanaman yang diamati (Gambar II.12). Menurut Evert (2006), kristal kalsium oksalat berupa partikel-partikel kecil disebut dengan kristal kalsium oksalat berbentuk pasir (*sand*). Pada umumnya, kristal kalsium oksalat mengumpul dalam vakuola sel.

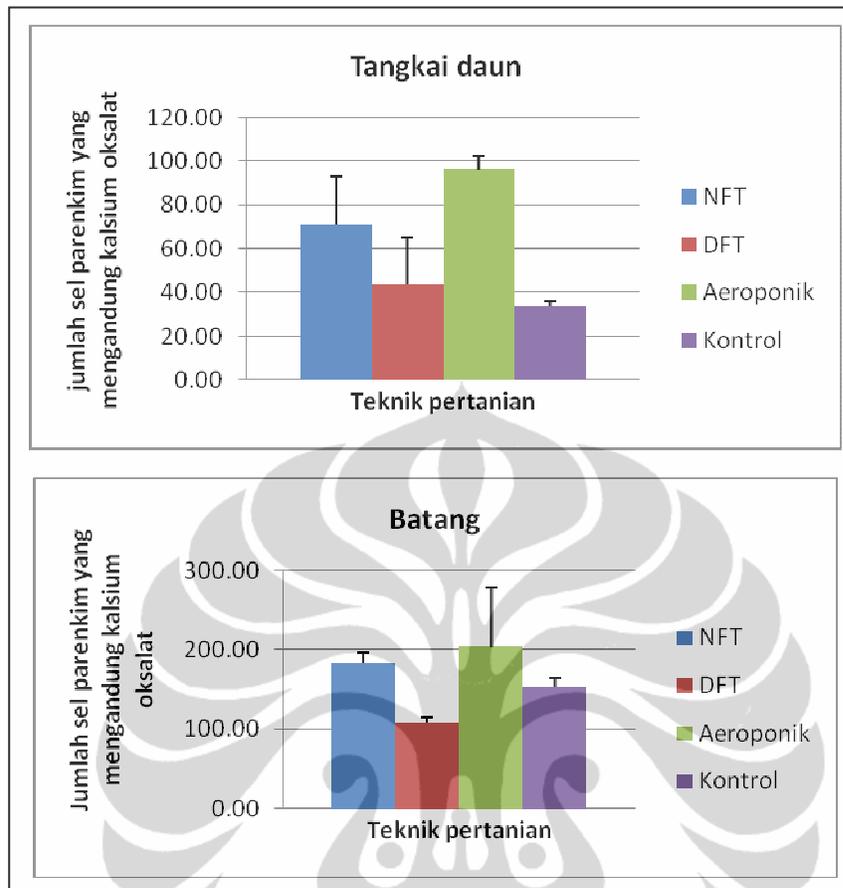


Gambar II.12. Penampang melintang (100x) tangkai daun tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik NFT (a), DFT (b), Aeroponik (c), Kontrol (d), dan batang tanaman bayam hijau pada teknik NFT (e), DFT (f), Aeroponik (g), Kontrol (h).

*Keterangan: 1. Epidermis, 2. Parenkim korteks, 3. Kambium pembuluh, 4. Berkas pengangkut, 5. Kalsium oksalat (— = 0,2 mm).
NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Rata-rata jumlah sel parenkim tangkai daun tanaman bayam hijau hasil panen yang mengandung kalsium oksalat pada DFT (43 sel), cenderung lebih sedikit dibandingkan rata-rata jumlah sel parenkim tangkai daun tanaman bayam hijau hasil panen pada NFT (71 sel) dan Aeroponik (96 sel), namun tetap lebih banyak dibandingkan pada kontrol (33 sel) (Gambar II.13).

Sementara rata-rata jumlah sel parenkim batang tanaman bayam hijau hasil panen yang mengandung kalsium oksalat pada DFT (109 sel) cenderung lebih sedikit dibandingkan rata-rata jumlah sel parenkim batang tanaman bayam hijau hasil panen yang mengandung kalsium oksalat pada NFT (183 sel), Aeroponik (203 sel), dan kontrol (153 sel). Berdasarkan hal tersebut, rata-rata total jumlah sel parenkim tanaman bayam hijau hasil panen yang mengandung kalsium oksalat pada DFT (152 sel), cenderung lebih rendah dibandingkan pada NFT (254 sel), Aeroponik (299 sel), dan kontrol (186 sel) (Gambar II.13).



Gambar II.13. Rata-rata jumlah sel parenkim tangkai daun dan sel parenkim batang tanaman bayam hijau hasil panen yang mengandung kalsium oksalat pada tiga teknik hidroponik per bidang pandang.

*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Rata-rata total jumlah sel parenkim tanaman hasil panen yang mengandung kalsium oksalat pada DFT cenderung rendah, diduga terjadi karena kondisi daerah di sekitar akar yang cukup air, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Kondisi tersebut menyebabkan simpanan Ca dalam bentuk kristal kalsium oksalat, rendah. Namun sebaliknya, kondisi sekitar akar yang kekurangan air pada teknik Aeroponik, menyebabkan simpanan Ca dalam bentuk kristal kalsium oksalat, tinggi. Marcatti dan Angyalossy (2005)

menyatakan bahwa kalsium oksalat merupakan simpanan mineral Ca dalam bentuk tidak larut yang dapat digunakan kembali saat dibutuhkan.

Pembentukan kalsium oksalat sebagai respons fisiologis terhadap mineral Ca yang tinggi. Konsentrasi kalsium oksalat meningkat seiring dengan kondisi kurang air dan menurun seiring dengan peningkatan aktivitas meristematis. Dengan demikian, kondisi cukup air pada akar yang mampu mendukung pertumbuhan tanaman pada DFT, dapat menurunkan kandungan kalsium oksalat dalam tanaman.

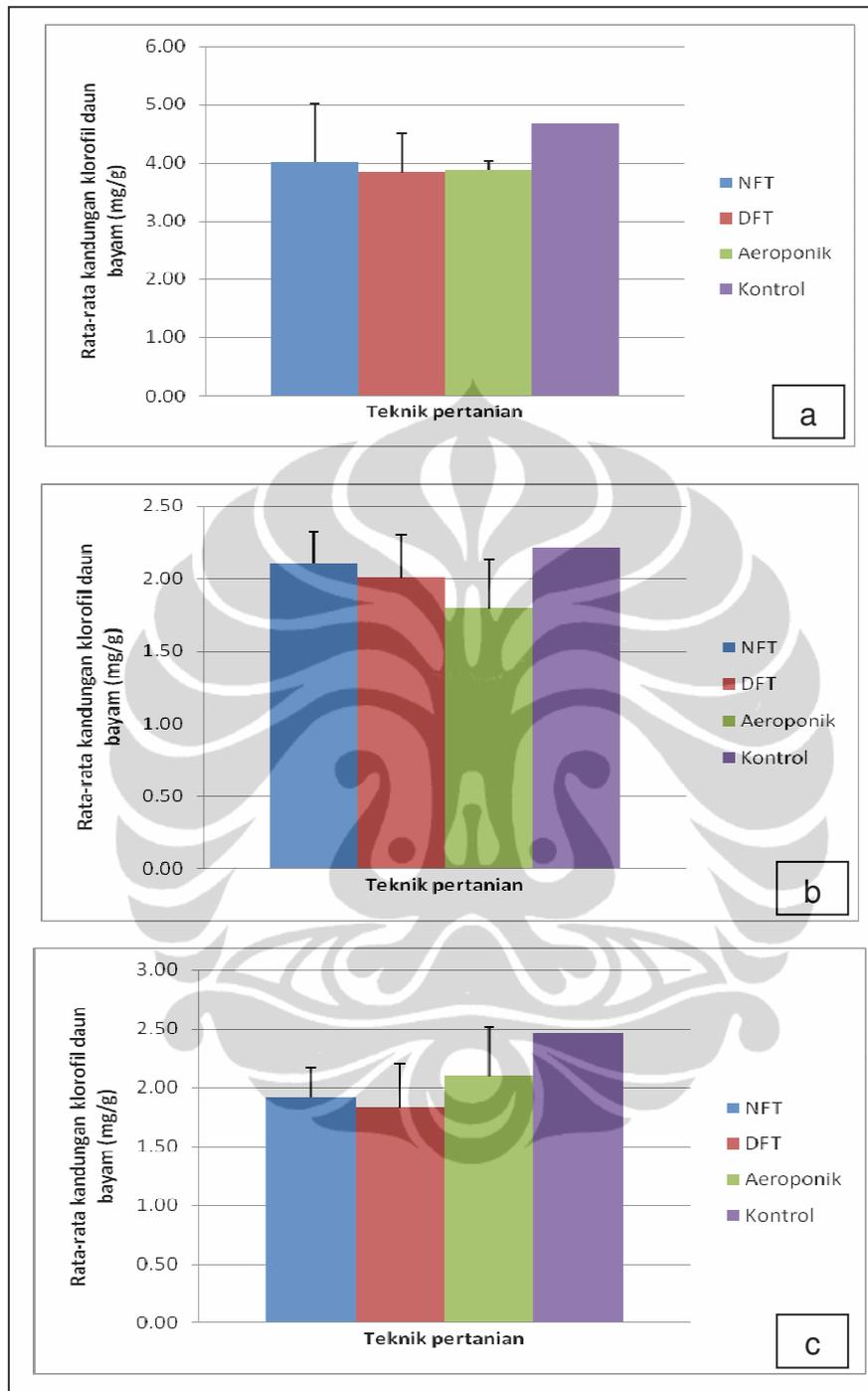
Penimbunan kalsium oksalat pada tanaman semakin sedikit pada bagian atas atau bagian yang muda dari tanaman (Gambar II.13). Hal tersebut terkait dengan distribusi kalsium dari jaringan tua ke jaringan yang lebih muda. Menurut Frossard *et al.* (2000), Ca ditranspor dari akar ke daun melalui xylem dan disimpan dalam vakuola dalam bentuk kalsium oksalat. Simpanan Ca dalam jaringan tanaman lebih sedikit pada jaringan yang memiliki transpirasi rendah seperti daun muda, buah, dan umbi.

Kalsium oksalat merupakan zat nonnutrien yang banyak terdapat pada daun bayam (Gelinis & Seguin 2007). Lebih lanjut zat nonnutrien dihasilkan tanaman, untuk ketahanan tanaman dalam kondisi tertentu seperti kekeringan (Widiarto (2008). Rata-rata daun bayam mengandung oksalat tinggi yaitu sebesar 229 mg/100 g berat kering dengan 80% dalam bentuk tidak larut kalsium oksalat, sedangkan oksalat larut pada daun bayam sebesar 38–50 mg/100 g berat kering (Gelinis & Seguin 2007).

Kandungan kalsium oksalat pada tanaman bayam hijau hasil panen yang cenderung lebih rendah pada DFT, aman dan baik bagi konsumen. Kandungan kalsium oksalat yang tinggi memicu pembentukan batu ginjal pada manusia. Menurut Departemen Kesehatan (2008), kalsium oksalat dalam sayuran dapat memengaruhi kadar oksalat dalam darah manusia. Kadar oksalat dalam darah yang tinggi tidak dapat dibuang oleh ginjal secara keseluruhan, sehingga mengendap dan membentuk kristal kalsium oksalat. Endapan kristal kalsium oksalat pada sendi, tulang, pembuluh darah, dan ginjal menimbulkan rasa nyeri, ngilu, dan pegel seperti gejala akibat asam urat. Lebih lanjut menurut Kumalaningsih (2008), rasa nyeri dan ngilu akibat mengkonsumsi bayam disebabkan pula oleh kandungan purin yang tinggi dalam bayam, diubah oleh tubuh menjadi asam urat.

g. Klorofil daun

Hasil analisis klorofil menunjukkan adanya perbedaan komposisi rata-rata kandungan klorofil daun bayam hijau pada teknik hidroponik dan kontrol. Rata-rata kandungan klorofil total daun bayam hijau pada DFT (3,83 mg/g) cenderung lebih rendah dibandingkan pada NFT (4,02 mg/g), Aeroponik (3,89 mg/g), dan kontrol (4,67 mg/g). Dari kandungan klorofil tersebut, rata-rata kandungan klorofil a daun bayam hijau pada DFT cukup besar (2,01 mg/g) dibandingkan pada NFT (2,10 mg/g), Aeroponik (1,79 mg/g), dan kontrol (2,21 mg/g). Sementara rata-rata kandungan klorofil b daun bayam hijau pada DFT (1,82 mg/g) cenderung lebih rendah dibandingkan pada NFT (1,92 mg/g), Aeroponik (2,10 mg/g), dan kontrol (2,46 mg/g) (Gambar II.14).



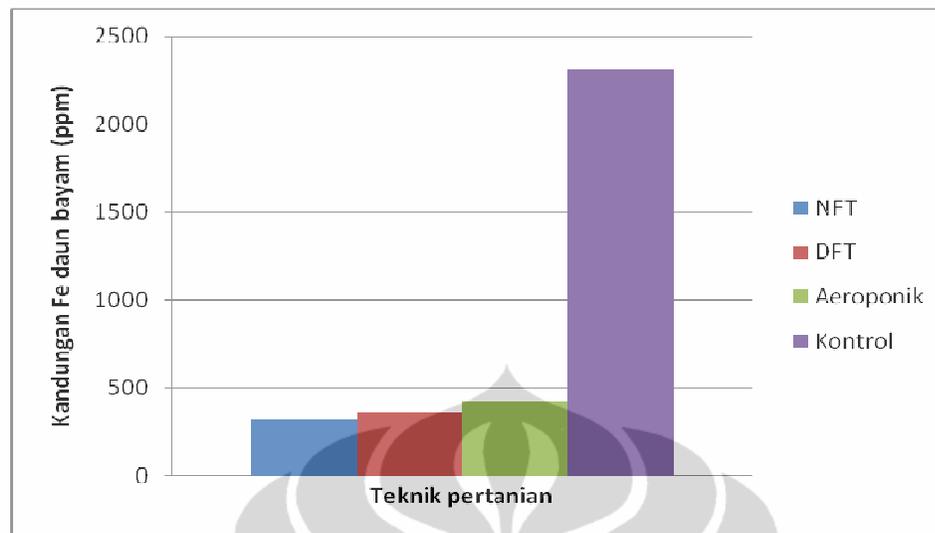
Gambar II.14. Rata-rata kandungan klorofil daun tanaman bayam hijau hasil panen pada tiga teknik hidroponik.

*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. Klorofil total (a), klorofil a (b), klorofil b (c), NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Perbedaan komposisi kandungan klorofil a dan b daun tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik dan kontrol, diduga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yaitu intensitas cahaya. Menurut Mohr dan Schopfer (1995), cahaya merupakan faktor yang mengatur pembentukan klorofil dalam membran tilakoid.

h. Fe daun

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Fe daun bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik NFT (321,61 ppm), DFT (361,81 ppm), dan Aeroponik (422,11 ppm), cenderung sangat rendah dibandingkan pada kontrol (2170,61 ppm) (Gambar II.15). Analisis kandungan Fe daun bayam tersebut hanya dilakukan satu kali, dan itu pun tidak dikerjakan sendiri. Dengan demikian, angka-angka yang diperoleh harus divalidasi ulang dengan melakukan pengulangan analisis. Oleh karena itu, pembahasan dari hasil tersebut juga belum dapat digunakan sebagai acuan.



Gambar II.15. Kandungan Fe daun tanaman bayam hijau hasil panen pada tiga teknik hidroponik.

*Keterangan: Panen dilakukan 40 hari setelah tanam. NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*.

Akubugwo *et al.* (2008) menyatakan bahwa kandungan Fe daun bayam berkisar antara 12,76–13,70 mg/100 g atau setara dengan 127,6–137,0 ppm. Menurut Frossard *et al.* (2000), batas kritis keracunan Fe pada daun tanaman adalah 500 mg/kg berat kering atau setara dengan 500 ppm. Berdasarkan hal tersebut, teknik hidroponik diduga mampu mendukung pertumbuhan tanaman bayam dengan kandungan Fe pada batas yang aman bagi tanaman. Sementara kandungan Fe daun bayam hijau pada tanaman kontrol yang sangat tinggi (>500 ppm) walaupun data belum valid, dapat berbahaya bagi tanaman.

Kandungan Fe daun bayam hijau yang cenderung cukup tinggi pada hidroponik, penting bagi manusia untuk mencegah anemia. Menurut Frossard *et al.* (2000) dan Indrasari (2006), kebutuhan manusia akan Fe

sebesar 1–1,5 mg per hari dan digunakan untuk mensintesis protein hemoglobin pengangkut oksigen, produksi energi, daya tahan tubuh, dan fungsi tiroid, sehingga baik untuk mencegah anemia. Lebih lanjut Frossard *et al.* (2000) menyatakan bahwa konsumsi Fe berlebih menyebabkan kelebihan Fe bebas dalam tubuh manusia, dan dapat menjadi radikal bebas yang memicu kanker.

3. Lingkungan

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh faktor internal (genotipe) dan faktor eksternal (lingkungan). Pertumbuhan tanaman menurut Wright *et al.* (1999); Johnson dan Henderson (2002); Argo (2003); dan Gonggo *et al.* (2006) dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang meliputi suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, suhu dan pH media. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata nilai parameter kondisi lingkungan pada teknik hidroponik dan kontrol secara umum tidak berbeda baik pada pagi hari maupun sore hari (Tabel II.2 & II.3).

Tabel II.2. Rata-rata nilai parameter kondisi lingkungan di setiap pagi dan sore hari pada tiga teknik hidroponik selama 20 hari.

| Teknik Hidroponik | Kelembapan udara (%) | | Suhu udara (°C) | | Intensitas cahaya (x100 lux) | | Suhu media (°C) | | pH | |
|-------------------|----------------------|-------|-----------------|-------|------------------------------|-------|-----------------|-------|-------------|-------------|
| | pagi | sore | pagi | sore | pagi | sore | pagi | sore | pagi | sore |
| NFT | 68,16 | 64,14 | 34,58 | 37,62 | 61,79 | 25,50 | 25,16 | 29,46 | 4,61 | 4,88 |
| DFT | 74,00 | 66,64 | 32,89 | 36,42 | 38,95 | 33,57 | 25,47 | 30,29 | 5,07 | 5,19 |
| Aeroponik | 70,21 | 64,43 | 34,42 | 37,36 | 54,21 | 28,71 | 25,42 | 30,25 | 4,57 | 4,79 |
| Kontrol | 67,12 | 68,21 | 33,28 | 31,10 | 64,15 | 31,85 | 27,43 | 28,26 | 6,92 | 6,84 |
| Rerata | 69,87 | 65,86 | 33,79 | 35,63 | 54,78 | 29,85 | 25,87 | 29,57 | 5,29 | 5,43 |

*Keterangan: NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*, pH = *Potential hydrogen*.

Tabel II.3. Rata-rata nilai DO, EC, dan TDS larutan nutrisi di setiap pagi dan sore hari pada tiga teknik hidroponik selama 20 hari.

| Hidroponik | DO (mg/l) | | EC (mg/l) | | TDS (mg/l) | |
|------------|-----------|------|-----------|------|------------|---------|
| | pagi | sore | pagi | sore | pagi | sore |
| NFT | 4,27 | 4,30 | 1,42 | 1,39 | 2491,32 | 2257,86 |
| DFT | 4,17 | 4,27 | 1,34 | 1,28 | 2098,37 | 2121,79 |
| Aeroponik | 4,35 | 4,28 | 1,56 | 1,51 | 2711,84 | 2601,79 |
| Rerata | 4,26 | 4,28 | 1,44 | 1,39 | 2433,84 | 2327,14 |

*Keterangan: NFT = *Nutrient Film Technique*, DFT = *Deep Flow Technique*, DO = *Dissolved Oxygen*, EC = *Electrical Conductivity*, TDS = *Total Dissolved Solids*.

Intensitas cahaya pagi pada DFT (3895 lux) cenderung lebih rendah dibandingkan pada NFT (6179 lux), Aeroponik (5421 lux), dan kontrol (6415 lux). Hal tersebut diduga memengaruhi kandungan klorofil yang rendah pada DFT. Oleh karena itu, peningkatan kandungan klorofil daun tanaman pada DFT dapat dilakukan dengan meletakkan hidroponik kit pada daerah yang cukup cahaya pagi.

Adapun kondisi pH larutan pada DFT (5,07–5,19), baik untuk kelarutan dan penyerapan nutrisi oleh tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman dapat berlangsung dengan baik dan menghasilkan hasil panen yang optimal. Penyerapan nutrisi yang baik pada DFT didukung dengan nilai EC (1,34–1,28 mS) dan TDS (2098,37–2121,79 mg/l) yang rendah (Tabel II.3.). Menurut Irianto dan Machbub (2004) bahwa EC memberikan gambaran tentang kontribusi atau terindikasinya konsentrasi berbagai zat mineral terlarut pada air, dan nilainya tergantung pada gerakan unsur atau senyawa terlarut yang bermuatan listrik yang terdapat dalam air. Oleh karena itu,

pengontrolan pH sangat penting dalam budidaya tanaman secara hidroponik. Kontrol pH dapat berlangsung dengan baik pada teknik DFT.

KESIMPULAN

Teknik hidroponik mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam hijau dan menghasilkan tanaman hasil panen dengan karakter agronomis yang menguntungkan bagi produsen maupun konsumen. Pertumbuhan tinggi tanaman dan penambahan jumlah daun bayam hijau pada teknik DFT cenderung lebih cepat dibandingkan pada NFT, Aeroponik, dan kontrol. Selain itu, tanaman hasil panen pada DFT memiliki karakter agronomis tanaman meliputi rata-rata tinggi batang, luas daun, diameter batang, panjang akar, total berat basah dan berat kering tanaman, yang juga cenderung lebih tinggi dibandingkan pada NFT, Aeroponik, dan kontrol. Adapun kualitas tanaman hasil panen pada DFT juga baik, dengan kandungan kalsium oksalat total pada tangkai daun dan batang yang rendah, serta kandungan klorofil dan Fe daun yang mencukupi dan baik untuk kesehatan manusia.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, menggunakan 3 ulangan untuk setiap hidroponik kit yang diuji. Selain itu, juga perlu dilakukan analisis nutrisi yang diupayakan dikerjakan sendiri dan menggunakan 3 ulangan agar diperoleh data yang valid. Peningkatan kandungan klorofil dan Fe daun

tanaman bayam hijau pada DFT dapat dilakukan dengan meletakkan hidroponik kit pada daerah yang cukup cahaya matahari pagi, sehingga penyerapan cahaya matahari menjadi lebih optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih, penulis sampaikan kepada: Departemen Agama selaku pemberi beasiswa; Dr. Susiani Purbaningsih dan Dr. Nisyawati, MS. selaku pembimbing; Dra. Lestari Rahayu, M.Sc. dan Dra. Dian Hendrayanti, M.Sc. selaku penguji; Parung Farm; keluarga dan semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian dan terwujudnya tulisan ini.

DAFTAR ACUAN

- Agung, T.D.H. & A.H. Rahayu. 2004. Analisis efisiensi serapan N, pertumbuhan dan hasil beberapa kultivar kedelai unggul baru dengan cekaman kekeringan dan pemberian pupuk hayati. *Agrosains* **6**(2): 70–74.
- Akubugwo, I.E., N.A. Obasi, G.C. Chinyere & A.E. Ugbogu. 2008. Mineral and phytochemical contents in leave of *Amaranthus hybridus* L. and *Solanum nigrum* L. subjected to different processing methods. *Africans of Biochemistry Research* **2**(2): 040–044.

- Albaho, M., B. Thomas & A. Christopher. 2008. Evaluation of hydroponic techniques on growth and productivity of greenhouse grown Bell Pepper and Strawberry. *International Journal of Vegetable Science* **14**: 23–40.
- Argo, B. 2003. Understanding pH management and plant nutrition. *Journal of The International Phalaenopsis Alliance* **12**(4): 1–2.
- Buckman, H.O. & N.C. Brady. 1982. *Ilmu tanah*. Terj. dari *The nature and properties of soils*, oleh Soegiman. Penerbit Bhratara Karya Aksara Jakarta: xvii + 787 hlm.
- Christoper, A., L. Paglialuro & A.L. Hayden. 2008. Potential for greenhouse aeroponic cultivation of medicinal root crops. *The Control Environment Agriculture Center University of Arizona*: 1–6.
- Departemen Kesehatan. 2008. Hati-hati, Kolaborasi Gula, Kacang, & Cokelat. 1 hlm. <http://www.depkes.go.id>. 11 Juni 2008. pk. 13.00.WIB.
- Department of Agriculture, Sri Lanka. 2009. Hydroponics soil-less culture. 34 hlm. www.agridept.gov.lk/.../Hponics/H_text.htm. 12 Agustus 2009. Pk. 16.00 WIB.
- Endrizal & Jumakir. 2007. Keragaman beberapa varietas padi unggul baru dan kelayakan usaha tani pada lahan sawah irigasi di provinsi Jambi. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* **10**(3): 209–216.

- Evert, R.F. 2006. *Esau's plant anatomy: meristems, cells, and tissues of the plant body: their structure, function, and development 3rd edition*. John Wiley and Sons Inc., New Jersey: xix + 601 hlm.
- Frossard, E., M. Bucher, F. Machler, A. Mozatar & R. Hurrell. 2000. Review potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn, and Ca in plants for human nutrition. *Journal of The Science of Food and Agriculture* **80**: 861–879.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce & R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi tanaman budidaya* Terj. dari *Physiology of crop plants*, oleh H. Susilo. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta: x + 428 hlm.
- Gelinas, B. & P. Seguin. 2007. Oxalate in grain amaranth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**: 4789–4794.
- Gonggo, B., M. Hasanudin & Y. Indriani. 2006. Peran pupuk nitrogen dan pospor terhadap serapan nitrogen, efisiensi nitrogen, dan hasil tanaman jahe di bawah tegakan tanaman karet. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* **8**(1): 61–68.
- Guelberto, R., P.S.R. Oliviera & F.V. Resenda. 2002. Long-life tomato cultivar growing under the hydroponic nutrient film technique. *Scientia Agricola* **59**: 803–806.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester, F.T. Davies & R.L. Geneve. 2002. *Plant propagation: principles and practices 7th edition*. Pearson Education Inc., New Jersey: ix + 880 hlm.

- Indrasari, S.D. 2006. Kandungan mineral padi varietas unggul dan kaitannya dengan kesehatan. *Iptek Tanaman Pangan* **1**: 88–99.
- Irianto, W. Eko & B. Machbub. 2004. Pengaruh multimeter kualitas air terhadap parameter indikator oksigen terlarut dan daya hantar listrik (Studi kasus Citarum hulu). *Journal Laboratory Physicians* **18**(54): 1-7.
- Johnson, B.L. & T. L. Henderson. 2002. Water use patterns of grain amaranth in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* **94**: 1437–1443.
- Kao, T. 2008. The dynamic root floating hydroponic technique: year-round production of vegetables in Roc on Taiwan. 17 hlm.
<http://www.ipgri.cgiar.org/publications/HTMLPublications/500/ch02.htm>.
19 Juni 2008. pk 13.00 WIB.
- Kumalaningsih, S. 2008. *Antioksidan-SOD (Super Antioksida Dismutase)*. 14 hlm. <http://antioxidantcentre.com>. 10 Juni 2008. pk.13.00. WIB.
- Makus, B. J. 2003. Salinity and nitrogen level affect agronomy performance leaf color and leaf mineral nutrition of vegetable amaranthus. *Subtropical Plant Science* **55**: 1–6.
- Mohr, H. & P. Schopfer. 1995. *Plant physiology*. Springer, Berlin: x + 629 hlm.
- Muharja. 2008. Meramu pupuk hidroponik. 4 hlm. <http://www.bbpp-lembang.info>. 31 Desember 2008. pk. 16.55 WIB.
- Mukhlis, F. 2003. Pengembangan unsur hara N dalam tanah. 11 hlm.
<http://library.usu.ac.id/download/fp/tanah-mukhlis.pdf>. 14 juli 2008. pk. 16.50 WIB.

- Nakano, Y., A. Nakano, S. Watanabe, K. Okino & J. Tatsumi. 2003. External and internal root structure of tomato plants grown hydroponically in a humid atmosphere or in a nutrient solution. *Journal of The Japanese Society for Horticultural Science* **72**(2): 148–155.
- Notohadiprawiro, T. 2006. Rasionalisasi penggunaan sumber daya air di Indonesia. 6 hlm. <http://soil.faperta.ugm.ac.id>. 5 Juni 2008. Pk.10.47 WIB.
- Pisarikova, B., Z. Zraly, S. Kracmas, M. Trickova & J. Herzig. 2005. Nutrition value of amaranth (*genus Amaranthus* L.) grain in diets for broiler chickens. *Czech Journal Animal Science* **50**(12): 568–573.
- Roberto, K. 2003. *How-to hydroponic*. 4th edition. The Futuregarden Press, New York: iv + 102 hlm.
- Rodriguez-Delfin, A., M. Chang & M. Hoyos. 2000. Lettuce production in peruvian modified DFT system. *International Society for Horticultural Science Acta Horticulturae 554: World Congress on Soilless Culture in The Coming Millenium*.
- Steinberg, S. L., D.W. Ming, K.E. Hendersen, C. Carrier, J.E. Gruener, J. Barta & D.L. Henninger. 2000. Wheat respons to differences in water and nutritional status between zeoponic and hydroponic growth system. *Agronomy Journal* **92**: 353–360.
- Susila, A.D. 2006. *Panduan budidaya tanaman sayuran*. Institut Pertanian Bogor, Bogor: iii + 131 hlm.

- Utama, I.M.D., K.A. Nocianitri & I.A.R.P. Pudja. 2007. Pengaruh suhu air dan lama waktu perendaman beberapa jenis sayuran daun pada proses crispiying. *Agritrop* **26**(3): 117–123.
- Widiarto. 2008. Bagaimana tumbuhan melindungi diri dari serangan hama?. Direktorat perlindungan perkebunan. 3 hlm.
[http://ditjenbun.deptan.go.lt/perlinbun/linbun.07_juli_2008.pk.14.00 WIB](http://ditjenbun.deptan.go.lt/perlinbun/linbun.07_juli_2008.pk.14.00_WIB).
- Wijayani, A. & D. Indradewa. 2004. Deteksi kahat hara N, P, K, Mg, dan Ca pada tanaman bunga matahari dengan sistem hidroponik. *Agrosains* **6**(1): 1–4.
- Wright, S.R., C.D. Raper & T.W. Ruffy. 1999. Comparative of responses of soybean (*Glycine max*), siklepod (*Senna obtusifolia*), and palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) to root zone and aerial suhues. *Weed Science* **47**: 167–174.

PENGANTAR PARIPURNA

Kegiatan pertanian menghadapi ancaman utama yaitu peningkatan konversi lahan pertanian yang tinggi dari tahun ke tahun. Sebagai contoh, tahun 2003, $\pm 7,8$ juta ha lahan sawah di Indonesia mengalami penurunan pada tahun 2005 menjadi $\pm 7,3$ juta ha (Agus & Irawan 2006). Pada tahun 2005 tersebut tercatat 42% lahan sawah yaitu sebesar ± 3 juta ha telah dikonversi untuk areal pembangunan industri dan perumahan (Agus & Irawan 2006). Kecepatan konversi lahan pertanian tersebut dapat menimbulkan dampak negatif yang bersifat permanen secara luas.

Dampak negatif (yang luas dari konversi lahan pertanian), terkait dengan multifungsi lahan pertanian. Selain berfungsi secara ekonomis dan sosial budaya, lahan pertanian juga berfungsi secara ekologis. Fungsi ekologis lahan pertanian di antaranya sebagai pengendali keseimbangan tata air (Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian, 2005). Lebih lanjut keseimbangan tata air mempunyai arti, air tersedia cukup pada saat musim kemarau dan tidak menimbulkan banjir saat musim hujan. Hal itu dapat dicapai jika lahan pertanian, sebagai salah satu daerah resapan air, dijaga keberadaanya (Departemen Pekerjaan Umum, 2009). Namun sebaliknya, jika konversi lahan pertanian terus berlanjut, kemampuan tanah menahan air akan menurun, sehingga berpotensi mengurangi ketersediaan air tanah (Joko *et al.* 2007).

Air merupakan sumber daya alam yang berperan dalam kegiatan pertanian. Sutawan (2001) menyatakan bahwa untuk menjaga keberlanjutan pertanian, ketersediaan air dalam kegiatan pertanian harus dijaga, dan air yang tersedia harus dimanfaatkan secara berdaya guna dan berhasil guna. Jika ketersediaan air terganggu, produksi pangan juga akan terganggu.

Berdasarkan data Bakosurtanal, tahun 2000, kebutuhan air di Indonesia mencapai 92,76 km³ untuk pertanian; 13,13 km³ untuk domestik dan 7,40 km³ untuk industri (Syaukat 2009). Pada tahun 2000, potensi air di Jawa cukup kritis dengan total kebutuhan air sekitar 2.800 m³ per kapita per tahun, sedangkan ketersediaan air sebesar 1.515–3.977 m³ per kapita per tahun (Lubis 2002).

Sutawan (2001) menyatakan bahwa krisis air dapat diukur dari Indeks Penggunaan Air (IPA) yaitu rasio antara penggunaan air dan ketersediaan air dengan kategori IPA berkisar 0,3–0,6 tergolong normal; IPA 0,75–1,0 tergolong kritis dan IPA >1,0 tergolong sangat kritis. Dengan demikian, tahun 2000 potensi air di Jawa cukup kritis atau defisit air karena diperoleh hasil IPA sebesar 0,7–1,8. Krisis air dapat terjadi karena dipicu oleh tingkat efisiensi penggunaan air melalui jaringan irigasi yang masih rendah (Sutawan 2001). Oleh karena itu, pertanian berkelanjutan yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air mutlak diperlukan.

Selain efisien menggunakan air, pertanian berkelanjutan juga harus mampu menggunakan nutrisi secara efisien. Gonggo *et al.* (2006)

menyatakan bahwa pemupukan berlebih pada pertanian lahan tanah akan meningkatkan jumlah nutrisi yang tercuci oleh air hujan, kemudian masuk ke dalam tanah atau bergerak mengikuti aliran air, sehingga dapat mencemari tanah dan air. Oleh karena itu, efisiensi penggunaan nutrisi diperlukan, selain untuk meningkatkan hasil pertanian, juga untuk menghemat pemakaian pupuk, serta mengurangi resiko pencemaran lingkungan.

Pertanian berkelanjutan, di antaranya, dapat dilakukan melalui pengelolaan air (El-Bably 2002; Groom *et al.* 2006) dan pengelolaan nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan tanaman (Groom *et al.* 2006). Pengelolaan air dan nutrisi tersebut diperlukan dalam usaha konservasi air dan tanah, yaitu upaya memelihara keberadaan, keberlanjutan, keadaan sifat air dan tanah, agar senantiasa tersedia untuk kebutuhan makhluk hidup sekarang dan mendatang (Groom *et al.* 2006).

Pengelolaan air dapat dilakukan dengan mencegah evaporasi, mengatur volume air, dan aliran air. Adapun, pengelolaan nutrisi dilakukan dengan pemberian nutrisi sesuai rekomendasi berdasarkan jenis tanaman dan umur tanaman, serta dilakukan secara bertahap. Pengelolaan air dan nutrisi tersebut secara konsisten sulit dilakukan pada pertanian lahan tanah, namun dapat dilakukan secara terkontrol dalam bentuk larutan nutrisi dengan teknik hidroponik (Steinberg *et al.* 2000).

Teknik hidroponik dapat diterapkan pada jenis tanaman tertentu (Roberto 2003). Tanaman palawija seperti gandum (Steinberg *et al.* 2000), buah, dan sayuran (Kao 2008) telah dicoba dibudidayakan dengan teknik

hidroponik. Namun demikian, hingga tahun 2009, teknik hidroponik lebih banyak digunakan untuk produksi buah dan sayuran, seperti *Solanum lycopersicum* syn. (tomat), *Lactuca sativa* (selada) dan *Amaranthus* sp. (bayam) (Kao 2008).

Hidroponik merupakan teknologi pertanian tanpa menggunakan tanah (Roberto 2003). Pada teknik hidroponik, air dan nutrisi diberikan dalam bentuk larutan nutrisi, dengan jumlah yang tepat (Thippayarugs *et al.* 2001) dan komposisi makronutrien serta mikronutrien yang lengkap, sesuai kebutuhan tanaman (Steinberg *et al.* 2000). Selain itu, air pada teknik hidroponik diberikan secara terkontrol dengan sirkulasi tertutup kembali ke tandon, sehingga mampu meminimalkan evaporasi, volume air, dan aliran air untuk menyiram (Thippayarugs *et al.* 2001). Kontrol air dan nutrisi tersebut mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi, sehingga dapat menghemat biaya produksi pertanian (Thippayarugs *et al.* 2001). Selain itu, juga dapat menghemat penggunaan air dan menurunkan nutrisi yang terbuang ke lingkungan, sehingga mengurangi risiko pencemaran lingkungan (Marino *et al.* 2004). Dengan demikian, teknik hidroponik dapat digunakan sebagai teknologi pertanian yang berkelanjutan, untuk beberapa jenis komoditas pertanian.

Lebih lanjut, Sheikh (2006) menjelaskan bahwa teknik hidroponik terdiri atas teknik hidroponik pasif dan teknik hidroponik aktif. Teknik hidroponik pasif menggunakan metode kapilarisasi, absorpsi, atau tenaga gravitasi untuk menyiram tanaman (Roberto 2003), tanpa menggunakan

pompa atau pengatur waktu (Sheikh 2006). Sementara teknik hidroponik aktif menggunakan pompa dan pengatur waktu untuk menyiram tanaman dan mensirkulasi larutan nutrisi kembali ke tandon (Roberto 2003). Secara umum, teknik hidroponik aktif lebih efisien, produktif, dan mudah diterapkan secara otomatis (Roberto 2003). Teknik hidroponik aktif antara lain: *flood and drain*, *Drip System*, *Float System*, *Aquaponic*, *Nutrient Film Technique (NFT)* (Sheikh 2006), *Deep Flow technique (DFT)* (Department of Agriculture, Sri Lanka 2009), dan *Aeroponik* (Roberto 2003). Di antara ketujuh teknik hidroponik tersebut, teknik NFT, DFT, dan Aeroponik yang digunakan dalam penelitian ini.

Pada teknik NFT, larutan nutrisi dialirkan menggunakan pompa dalam bentuk lapis tipis dan tertutup, sehingga efisien membatasi evaporasi (Roberto 2003). Namun di sisi lain, teknik tersebut rentan terhadap kekeringan akar jika aliran pompa berhenti. Adapun pada teknik DFT, larutan nutrisi dialirkan dengan ketinggian 3–8 cm dari dasar talang, sehingga kondisi suhu sekitar akar tetap stabil dan mendukung pertumbuhan tanaman (Kao 2008). Namun demikian, teknik tersebut memiliki kelemahan yaitu kemungkinan terjadi anoxia pada akar. Sementara pada teknik Aeroponik, larutan nutrisi disemprotkan langsung ke akar tanaman berupa butiran air, sehingga larutan nutrisi lebih efisien digunakan tanaman dan mampu meningkatkan produksi akar tanaman (Christopher *et al.* 2008). Namun

demikian, teknik tersebut memiliki risiko akar tanaman mudah kering dan mati, jika aliran pompa berhenti (Roberto 2003).

Perbedaan cara pemberian air pada teknik hidroponik diduga berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan air, serta produksi budidaya pertanian. Adapun, data mengenai efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman budidaya belum diketahui. Berdasarkan hal tersebut, penelitian mengenai efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik NFT, DFT, dan Aeroponik dengan *Amaranthus viridis* L. (bayam hijau) sebagai tanaman uji, dilakukan.

Bayam hijau merupakan salah satu jenis komoditas sayuran hidroponik yang banyak dibudidayakan dan dijual di Indonesia. Hal tersebut terjadi karena bayam hijau dapat dipanen 25–35 hari setelah tanam. Selain itu, bayam hijau juga kaya nutrisi (Susila 2006).

Bayam hijau mengandung mineral (90,0 mg/100 g Ca; 8,3 mg/100g Fe; 229,8 mg/100 g Mg), vitamin (Kumalaningsih 2008), dan protein (Pisarikova *et al.* 2005 dan Kumalaningsih 2008). Mineral, vitamin, dan protein tersebut berguna sebagai sumber nutrisi dan obat bagi manusia (Pisarikova *et al.* 2005 dan Kumalaningsih 2008). Namun demikian, bayam hijau juga mengandung oksalat 229 mg/100 g berat kering dengan 80% dalam bentuk tidak larut (kalsium oksalat), yang merupakan faktor risiko pembentukan batu ginjal (Gelinis & Seguin 2007).

Penelitian ini, bertujuan untuk mengetahui efisiensi penggunaan air pada teknik hidroponik NFT, DFT, dan Aeroponik, serta untuk mengetahui pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman *Amaranthus viridis* L. (bayam hijau), yang dibudidayakan pada teknik NFT, DFT, dan Aeroponik. Hasil penelitian ini akan dituangkan dalam 2 makalah. Makalah I berjudul Efisiensi penggunaan air pada tiga teknik hidroponik untuk budidaya *Amaranthus viridis* L. (bayam hijau), sedangkan makalah II berjudul Pertumbuhan dan karakter agronomis *Amaranthus viridis* L. (bayam hijau) pada tiga teknik hidroponik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai informasi terkait dengan efisiensi penggunaan air pada budidaya *Amaranthus viridis* L. (bayam hijau) secara hidroponik.

DISKUSI PARIPURNA

Efisiensi penggunaan air sangat penting dalam kegiatan pertanian. Efisiensi penggunaan air dapat menghemat penggunaan air dan menjaga cadangan air tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada budidaya bayam hijau, teknik hidroponik dengan metode penyiraman yang berbeda cenderung memengaruhi efisiensi penggunaan air, serta pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman hasil panen.

Teknik hidroponik cenderung mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air. Hal itu disebabkan oleh metode penyiraman dan pemupukan tanaman yang terkontrol dalam bentuk larutan nutrisi. Kontrol penggunaan air tersebut menurut Thippayarugs *et al.* (2001) dan Christopher *et al.* (2008) dilakukan dengan teknik sirkulasi, sehingga mampu meminimalkan jumlah air yang hilang ke lingkungan, serta mengatur jumlah dan aliran air untuk menyiram tanaman. Dengan metode penyiraman dan pemupukan sirkulasi secara terkontrol, teknik hidroponik mampu mentranspor air dan nutrisi dengan baik sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman.

Namun demikian, di antara teknik hidroponik yang diuji, teknik NFT (20,43%) cenderung lebih efisien menggunakan air dibandingkan DFT (12,29%) dan Aeroponik (3,57%). Hal tersebut diduga disebabkan oleh metode penyiraman secara kontinu berupa aliran tipis setinggi 3–4 mm, menyebabkan transpor air dan nutrisi ke akar tanaman tergolong rendah,

sehingga menghemat penggunaan air oleh tanaman. Selain itu, metode tertutup menggunakan *styrofoam* juga mampu meminimalkan evaporasi, sehingga menghemat penggunaan air secara keseluruhan. Akan tetapi, tanaman pada NFT rentan terhadap kelayuan.

Sementara pada teknik DFT dengan metode penyiraman secara kontinu merendam akar tanaman setinggi 5–8 cm, memungkinkan transpor air dan nutrisi berlangsung dengan baik. Dengan demikian, akar tanaman dapat menyerap air dan nutrisi secara optimal sesuai dengan kebutuhannya, sehingga penggunaan air pada DFT cukup efisien. Selain itu, tanaman pada DFT juga terhindar dari kelayuan.

Adapun pada teknik Aeroponik, metode penyiraman dilakukan dengan durasi waktu 1 menit *on* dan 5 menit *off* berupa butiran air langsung ke akar tanaman. Hal itu memungkinkan penyerapan air dan nutrisi menjadi mudah dan cepat oleh akar tanaman, sehingga penggunaan air oleh tanaman cenderung boros atau kurang efisien. Selain itu, tanaman juga rentan terhadap kelayuan, jika frekuensi dan durasi penyemprotan kurang sesuai.

Dibanding dengan teknik hidroponik, efisiensi penggunaan air pada kontrol tergolong sangat rendah. Hal itu terjadi karena ketersediaan air bagi tanaman tidak terkontrol. Volume air yang diberikan dan dilepas ke lingkungan sulit terukur dengan baik dan disesuaikan dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman. Lebih lanjut, hujan dapat menyebabkan perendapan atau pencucian nutrisi, masuk ke dalam tanah dan terikat dengan koloid

tanah. Hal tersebut menyebabkan nutrisi tidak dapat diserap oleh akar, sehingga tanaman mengalami defisiensi nutrisi. Selain itu ketersediaan dan penggunaan air, serta nutrisi pada kontrol banyak dipengaruhi faktor lingkungan, seperti kondisi tanah dan air siraman yang digunakan, serta munculnya tanaman pengganggu.

Pengaruh lingkungan terhadap ketersediaan air bagi tanaman pada kontrol, sesuai dengan pendapat El-Bably (2002) bahwa penggunaan air pada kontrol dipengaruhi oleh metode penyiraman. Lebih lanjut, Albaho *et al.* (2008) menyatakan bahwa pengairan berlebih, perkolasi, evaporasi, dan hujan menyebabkan efisiensi penggunaan air pada kontrol, rendah. Selain air, lingkungan juga memengaruhi ketersediaan nutrisi bagi tanaman pada kontrol. Hujan dapat menguapkan dan mencuci pupuk N berbentuk butiran hingga 60–80% pada lahan sawah dan 40–60% pada lahan kering, sehingga hanya 30–50% yang dapat digunakan oleh tanaman (Gonggo *et al.* 2006). Selain itu, hilangnya N bagi tanaman juga dapat disebabkan oleh denitrifikasi menjadi N_2 , volatilisasi NH_4 menjadi NH_3 , dikonsumsi oleh mikroba, serta N dalam bentuk nitrat yang mudah bergerak dan terlarut (Mukhlis 2003). Adapun penambahan unsur hara pada tanah selain dari pemupukan, dapat berasal dari komponen tanah dan komponen air tanah (Buckman & Brady 1982).

Selain lebih efisien menggunakan air, teknik hidroponik juga cenderung mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman bayam hijau dan

menghasilkan panen dengan karakter agronomis yang lebih baik dibandingkan pada kontrol. Namun berbeda dengan efisiensi penggunaan air, pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman bayam hijau berupa tinggi tanaman, luas daun, diameter batang dan panjang akar tanaman pada DFT cenderung paling baik dibandingkan pada NFT dan Aeroponik. Hal tersebut selain disebabkan oleh cara pemberian larutan nutrisi, juga diduga terkait dengan kondisi pH larutan pada DFT (5,13), yang cenderung memungkinkan transpor nutrisi yang baik dibandingkan dengan pH pada NFT (4,75), Aeroponik (4,68), dan kontrol (6,88). Argo (2003), menyatakan bahwa derajat pH 5,8–6,2, penting bagi kelarutan dan penyerapan nutrisi oleh tanaman.

Tidak hanya itu, tanaman bayam hijau hasil panen pada teknik hidroponik juga memiliki total berat basah dan berat kering tanaman hasil panen 100–1000x lebih besar dibandingkan hasil panen pada kontrol. Dengan demikian, produksi tanaman pada teknik hidroponik membutuhkan waktu yang lebih cepat dibandingkan produksi tanaman pada kontrol. Hal tersebut sesuai dengan Guelberto *et al.* (2002) yang menyebutkan bahwa teknik hidroponik memiliki jadwal panen yang lebih singkat dan teratur dengan kualitas dan kuantitas hasil panen yang lebih baik.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa rata-rata jumlah sel parenkim tangkai daun bayam hijau yang mengandung kalsium oksalat cenderung lebih rendah dibandingkan rata-rata jumlah sel parenkim batang

tanaman bayam hijau. Hal tersebut terkait dengan distribusi Ca dari akar ke daun melalui xilem. Adapun rata-rata jumlah sel parenkim tanaman yang mengandung kalsium oksalat pada teknik DFT (152 sel) cenderung lebih rendah dibandingkan NFT (254 sel), Aeroponik (299 sel), dan kontrol (186 sel).

Kandungan kalsium oksalat yang rendah pada tanaman bayam hijau pada DFT terkait, dengan metode penyiraman yang merendam akar tanaman, sehingga tanaman berada pada kondisi cukup air. Kondisi tersebut mendukung pertumbuhan tanaman yang baik dan menurunkan simpanan kalsium (kristal kalsium oksalat) dalam tanaman. Marcati dan Angyalossy (2005) mengemukakan bahwa kristal kalsium oksalat merupakan bentuk simpanan kalsium sebagai respons fisiologis tanaman pada kondisi mineral kalsium tinggi. Konsentrasi kristal kalsium oksalat meningkat pada kondisi kekurangan air dan pertumbuhan tanaman yang rendah.

Menurut Departemen Kesehatan (2008), kalsium oksalat dalam sayuran dapat memengaruhi kadar oksalat dalam darah manusia. Kadar oksalat dalam darah yang tinggi tidak dapat dibuang oleh ginjal secara keseluruhan, sehingga mengendap dan membentuk kristal kalsium oksalat. Endapan kristal tersebut yang menimbulkan rasa nyeri, ngilu, dan pegel seperti asam urat.

Selain kalsium oksalat, rata-rata kandungan klorofil daun tanaman bayam hijau pada DFT (3,83 mg/g) juga cenderung lebih rendah dibandingkan pada NFT (4,02 mg/g), Aeroponik (3,89 mg/g), dan kontrol

(4,67 mg/g). Kandungan klorofil daun bayam hijau yang rendah pada DFT, terkait dengan intensitas cahaya matahari di pagi hari (3895 lux) lebih rendah dibandingkan NFT (6179 lux), Aeroponik (5421 lux), dan kontrol (6415 lux). Menurut Mohr dan Schopfer (1995), cahaya merupakan faktor yang mengatur pembentukan klorofil dalam membran tilakoid. Cahaya tersebut mampu mengubah protoklorofil menjadi klorofil. Dengan demikian, kandungan klorofil daun tanaman pada DFT dapat ditingkatkan dengan meletakkan hidroponik kit pada daerah yang cukup cahaya matahari.

Adapun kandungan Fe daun tanaman bayam hijau pada DFT (361,81 ppm) cukup besar dibandingkan pada NFT (321,61 ppm), Aeroponik (422,11 ppm), dan kontrol (2170,61 ppm), terkait dengan ketersediaan Fe yang baik, namun dengan pembentukan klorofil yang kurang. Hal itu sesuai dengan pendapat Frossard *et al.* (2000) bahwa penyerapan Fe bergantung pada ketersediaan Fe dan kebutuhan tanaman terhadap Fe untuk fotosintesis di dalam kloroplas.

Frossard *et al.* (2000) dan Indrasari (2006) menyatakan bahwa Fe baik untuk mencegah anemia. Namun demikian, konsumsi Fe berlebih menyebabkan kelebihan Fe bebas dalam tubuh manusia dan dapat menjadi radikal bebas yang memicu terjadinya kanker. Berdasarkan hal tersebut, tanaman bayam hijau pada teknik DFT aman dan sehat untuk dikonsumsi.

Dari kedua hasil penelitian diketahui bahwa efisiensi penggunaan air tidak berhubungan secara langsung dengan pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman. Dengan penggunaan air yang sedikit lebih banyak

dibandingkan dengan NFT, teknik DFT mampu menghasilkan produksi sayuran bayam hijau yang lebih optimal dengan pertumbuhan dan karakter agronomis yang lebih baik dibandingkan pada teknik Aeroponik, yang cenderung boros menggunakan air. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa teknik DFT mampu menggunakan air dengan cukup efisien dan menghasilkan pertumbuhan dan karakter agronomis tanaman bayam hijau yang optimal.



DAFTAR ACUAN

- Agus, F. & Irawan. 2006. Agricultural land conversion as a threat to food security and environmental quality. *Journal Litbang Pertanian* **25**(3): 90–98.
- Albaho, M., B. Thomas & A. Christopher. 2008. Evaluation of hydroponic techniques on growth and productivity of greenhouse grown Bell Pepper and Strawberry. *International Journal of Vegetable Science* **14**: 23–40.
- Argo, B. 2003. Understanding pH management and plant nutrition. *Journal of The International Phalaenopsis Alliance* **12**(4): 1–2.
- Buckman, H.O. & N. C. Brandy. 1982. *Ilmu tanah*. Terj. dari *The nature and properties of soils*, oleh Soegiman. Penerbit Bhratara Karya Aksara, Jakarta: xvii + 787 hlm.
- Christoper, A., L. Paglialuro & A.L. Hayden. 2008. Potential for greenhouse aeroponic cultivation of medicinal root crops. *The Control Environment Agriculture Center University of Arizona*: 1–6.
- Departemen Kesehatan. 2008. Hati-hati kolaborasi gula, kacang, dan coklat. 1 hlm. <http://www.depkes.go.id>. 11 Juni 2008. pk. 13.00.WIB.
- Department of Agriculture, Sri Lanka. 2009. Hydroponics soil-less culture. 34 hlm. www.agridept.gov.lk/.../Hponics/H_text.htm. 12 Agustus 2009. pk. 16.00 WIB.

- Departemen Pekerjaan Umum. 2009. Banjir (Bagian kedua: Acuan pengendalian banjir). 1 hlm. www.pusdata.pu.go.id. 28 Oktober 2009. pk. 10.00.WIB.
- El-Bably, A.Z. 2002. Effect of irrigation and nutrition of copper and molybdenum on Egyptian Clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Agonomy Journal* **94**: 1066–1070.
- Frossard, E., M. Bucher, F. Machler, A. Mozatar & R. Hurrell. 2000. Review potential for increasing the content and bioavailability of Fe, Zn and Ca in plants for human nutrition. *Journal of The Science of Food and Agriculture* **80**: 861–879.
- Gelinas, B. & P. Seguin. 2007. Oxalate in grain amaranth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **55**: 4789–4794.
- Gonggo, B., M. Hasanudin & Y. Indriani. 2006. Peran pupuk nitrogen dan pospor terhadap serapan nitrogen, efisiensi nitrogen dan hasil tanaman jahe di bawah tegakan tanaman karet. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* **8**(1): 61–68.
- Groom, M.J., G.K. Meffe & C.R. Carroll. 2006. *Principles of conservation biology*. 3rd edition. Sinauer Association, Inc. Publisher, Sunderland: xix + 799 hlm.
- Guelberto, R., P.S.R. Oliviera & F.V. Resenda. 2002. Long-life tomato cultivar growing under the hydroponic nutrient film technique. *Scientia Agricola* **59**: 803–806.

- Halvorson, A.D., R.F. Follett, M.E. Bartolo & F.C. Schweissing. 2002. Nitrogen fertilizer use efficiency of furrow-irrigated onion and corn. *Agronomy Journal* **94**: 442–449.
- Indrasari, S.D. 2006. Kandungan mineral padi varietas unggul dan kaitannya dengan kesehatan. *Iptek Tanaman Pangan* **1**: 88–99.
- Joko, M., R. Harini & N.K. Agustin. 2007. Impact of economic development and population growth on agricultural land conversion in Jogjakarta: a dynamic analysis. *Jurnal Ekonomi Pembangunan* **8**(1): 50–61.
- Kao, T. 2008. The dynamic root floating hydroponic technique: year-round production of vegetables in Roc on Taiwan. 17 hlm. <http://www.ipgri.cgiar.org/publications/HTMLPublications/500/ch02.htm>. 19 Juni 2008. pk 13.00 WIB.
- Kumalaningsih, S. 2008. Antioksidan-SOD (Super Antioksidasi Dismutase). 14 hlm. <http://antioxidantcentre.com>. 10 Juni 2008. pk.13.00. WIB.
- Lubis, A. 2002. Aplikasi teknologi informasi dalam pengelolaan sumber daya air. *Kontribusi Fisika Indonesia* **13**(2): 151–154.
- Marcati, C.R. & V. Angyalossy. 2005. Seasonal presence of acicular calcium oxalate crystals in the bambial zone of *Cithasexylum myriantum* (Verbenaceae). *International Assosiation of Wood Anatomists journal* **26** (1): 93–98.
- Marino, M.A., A. Mazzanti, S.G. Assuero, F. Gastal, H.E. Echeverria & F. Andrade. 2004. Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency

during winter-spring growth of annual ryegrass. *Agronomy Journal* **96**: 601–607.

Mohr, H. & P. Schopfer. 1995. *Plant physiology*. Springer, Berlin: x + 629 hm.

Mukhlis, F. 2003. Pengembangan unsur hara N dalam tanah. 11 hlm.

<http://library.usu.ac.id/download/fp/tanah-mukhlis.pdf>. 14 juli 2008. pk.

16.50 WIB.

Pisarikova, B., Z. Zraly, S. Kracmas, M. Trckova & J. Herzig. 2005. Nutrition value of amaranth (*genus Amaranthus* L.) grain in diets for boiler chickens. *Czech Journal Animal Science*. **50**(12): 568–573.

Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan pertanian. 2005. Konversi lahan sawah menimbulkan dampak negatif bagi ketahanan pangan dan lingkungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. **27**(6): 1–10.

Roberto, K. 2003. *How-to hydroponic*. 4th edition. The Futuregarden Press, New York: iv + 102 hlm. Sheikh, B.A. 2006. Hydroponic: key to sustain agriculture in water stressed an urban environment. *Pakistan Journal agricultural* **22**(2):1–5.

Sheikh, B.A. 2006. Hydroponic: key to sustain agriculture in water stressed an urban environment. *Pakistan Journal agricultural* **22**(2):1–5.

Steinberg S. L., D.W. Ming, K.E. Hendersen, C. Carrier, J.E. Gruener, J. Barta & D.L. Henninger. 2000. Wheat respon to differences in water

and nutritional status between zeoponic and hydroponic growth sistem.

Agronomy Journal. **92**: 353–360.

Susila, A.D. 2006. *Panduan budidaya tanaman sayuran*. Institut Pertanian Bogor, Bogor: iii + 131 hlm.

Sutawan, N. 2001. Pengelolaan sumber daya air untuk pertanian berkelanjutan: masalah dan saran kebijakan. *Seminar Optimalisasi Pemanfaatan Sumber Daya Tanah dan Air yang Tersedia untuk Keberlanjutan Pembangunan*. 1–13 hlm.

Thippayarugs S., K. Suzuki, Y. Katsuka, A. Yoshida, N. Matsumoto, N. Kabaki & C. Wongwiwatchai. 2001. Vegetable production using energy-saving hydroponic sistem in Khon Kaen. *Japan International Research Center Agricultural Science Working Report* **30**: 1–5.

LAMPIRAN 1

1. Cara pembuatan pupuk A-B mix vegetatif

Pupuk hidroponik A-B mix vegetatif merupakan ramuan pupuk untuk kelompok tanaman vegetatif. Pupuk tersebut mengandung total N 200 ppm dengan rasio 7 antara nitrat dan ammonium. Pupuk dibuat dengan mencampur 5 liter pekatan A dan 5 liter pekatan B ke dalam air hingga volume mencapai 1000 liter.

Lima liter pekatan A dibuat dengan mencampur 660 g Calcium-amonium-nitrat ($5\text{Ca}(\text{NO}_2)2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 625 g Kalium nitrat (KNO_3), 1,325 g Fe-EDTA dan 40 g Librel RMX mikronutrien ke dalam air hingga volume 5 liter. Pekatan B dibuat dengan mencampur 270 g Kalium-dihidrofosfat (KH_2PO_4), 90 g Amonium-sulfat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), 35 g Kalium-sulfat (K_2SO_4), 630 g Magnesium-sulfat ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ke dalam air hingga mencapai volume 5 liter. Larutan pupuk kemudian diukur pH pada 5,5-6,5 dengan penambahan asam kuat (asam nitrat, asam sulfat atau asam fosfat) untuk menurunkan pH dan penambahan alkali kuat (KOH) untuk menaikkan pH.

Lampiran 2

1. Tabel kandungan nutrisi (ppm) dalam tanah dan air di PT. Parung Farm, Bogor.

| Sampel | N | P | K | Ca | Fe |
|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Tanah | 1281,0 | 1285,1 | 572,34 | 103,158 | 4718,16 |
| Air | 28,58 | 0 | 23,59 | 14,03 | 3,01 |

2. Tabel kandungan makronutrien dan mikronutrien pupuk A-B mix vegetatif dengan Librel RMX mikronutrien (5 l/1000 l) (PT. Parung Farm).

| Makronutrien | Konsentrasi (ppm) |
|--|-------------------|
| N (NO ₃ & NH ₄) | 200 |
| P | 60 |
| K | 320 |
| Ca | 120 |
| Mg | 60 |
| S | 104 |
| Mikronutrien | |
| Fe | 1,34 |
| Cu | 0,68 |
| Mn | 0,68 |
| Zn | 0,24 |
| B | 0,32 |
| Mo | 0,008 |