

Sistem Kendali Berbasis PLC untuk Pengaturan Pemberian Larutan Nutrisi pada Jaringan Irigasi Tetes

Herry Suhardiyanto¹, Asep Sapei², Chusnul Arif³, Adi Marjani Patappa⁴, dan Biana Dwi Astuti⁴

¹Dosen Departemen Teknik Pertanian, Fateta-IPB, herrysuhardiyanto@ipb.ac.id

²Dosen Departemen Teknik Pertanian, Fateta-IPB, asepsapei@ipb.ac.id

³Dosen Departemen Teknik Pertanian, Fateta-IPB, chusnul_arif@ipb.ac.id

⁴Alumnus Departemen Teknik Pertanian, Fateta-IPB

ABSTRACT

In most hydroponics farms, nutrient solution is distributed into individual crop through drip irrigation. The growers operate the pump manually according to weather condition. Under such manual control, losses of nutrient solution are often reported. An automatic control system based on Programmable Logic Controller (PLC) has been developed to reduce the losses while accurately supply the nutrient solution needed by the crop. The control system was composed of water content sensor for growing medium, PLC, and electronic relay for nutrient solution pump. A computer program was written in ladder form based on an algorithm developed to control the pump. The computer program was installed into the PLC which was the main unit in the control system. Field test had been conducted to evaluate the performance of the system in controlling the supply of nutrient solution for cucumber and tomato crops. Results showed that the control system perform well in controlling the pump for nutrient solution supply.

Keywords : *hydroponics, drip irrigation, nutrient solution supply, programmable logic controller*

PENDAHULUAN

Pemberian larutan nutrisi pada jaringan irigasi tetes untuk budidaya tanaman secara hidroponik di Indonesia pada umumnya dilakukan secara manual dengan menghidupkan/mematikan pompa penyaluran larutan nutrisi. Lama pemompaan dan selang waktu antar pemompaan disesuaikan dengan kondisi cuaca, jenis dan fase pertumbuhan tanaman. Bila cuaca cerah, larutan nutrisi diberikan lebih sering dibandingkan bila cuaca mendung atau hujan. Untuk menghindari kekeringan pada media tanam, para pekerja cenderung memberikan larutan nutrisi berlebih. Hal ini menyebabkan banyaknya larutan nutrisi yang terbuang percuma. Padahal dalam struktur biaya produksi, komponen biaya larutan nutrisi termasuk dominan. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis untuk mengendalikan pemberian larutan nutrisi secara lebih akurat.

Sistem kendali otomatis dengan mode kendali *on-off* telah diterapkan di sebuah usaha budidaya tanaman hidroponik paprika (Suhardiyanto, 2002). Sistem kendali otomatis tersebut menggunakan *relay* untuk mengalirkan dan memutuskan aliran listrik ke pompa berdasarkan data kelembaban media tanam yang dimonitor terus menerus. Kelembaban media tanam tergantung kepada evapotranspirasi dan perkolasi pada media tanam tersebut. Karena itu, sebetulnya sistem kendali tersebut sudah mampu menjadwalkan pemberian larutan nutrisi yang lebih sesuai dengan kelembaban media tanam. Tetapi, sistem kendali tersebut hanya mempunyai satu *input* dan satu *output* sehingga kurang tepat digunakan untuk

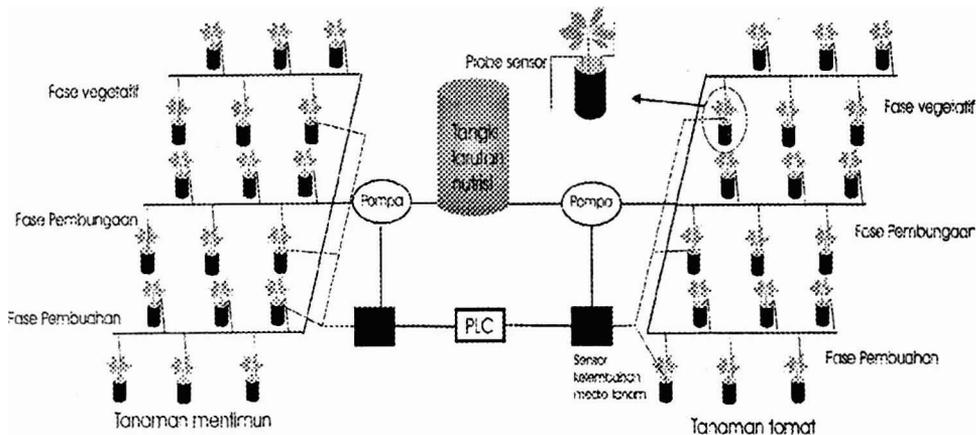
pengendalian kelembaban media tanam pada berbagai jenis dan umur tanaman secara bersamaan. Karena pertimbangan-pertimbangan segi pemasaran, berbagai usaha budidaya tanaman hidroponik membudidayakan beberapa jenis tanaman dengan umur yang berbeda-beda secara bersamaan. Untuk itu diperlukan sistem kendali otomatis yang dapat mengendalikan *input* dan *output* yang lebih dari satu.

Salah satu sistem kendali yang dapat mengendalikan *input* dan *output* lebih dari satu adalah *Programmable Logic Controller* (PLC) yang biasa digunakan dalam bidang industri. PLC adalah semacam komputer kecil yang mudah digunakan dan dapat melaksanakan fungsi kontrol pada berbagai sistem kendali yang kompleks (Webb, 1992). PLC dapat diprogram, dikendalikan dan dioperasikan oleh operator yang tidak ahli komputer sekalipun karena sifatnya yang sederhana, sehingga memungkinkan untuk diaplikasikan dalam bidang pertanian secara luas. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan menguji secara teknis sistem kendali otomatis dengan menggunakan PLC untuk pemberian larutan nutrisi pada jaringan irigasi tetes untuk budidaya tanaman secara hidroponik pada berbagai umur dan jenis tanaman secara bersamaan.

BAHAN DAN METODE

Perancangan sistem kendali

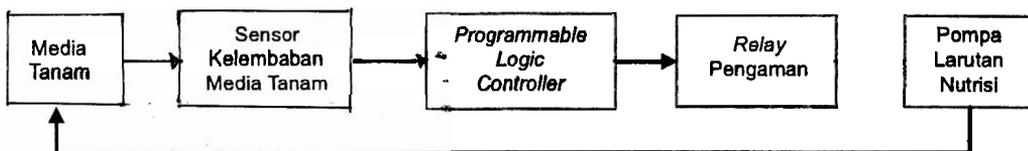
Sistem kendali yang dikembangkan terdiri dari sensor, *buffer*, dan penguat. Sensor yang digunakan adalah dua unit sensor kelembaban media tanam yang masing-masing terdiri dari resistor dan 3 *probe* logam sebagai unit *input*.



Gambar 1 Rancangan sistem kendali dan diagram skema percobaan.

Tabel 1 Penempatan sensor pada polybag

Tanaman	No sensor	Umur tanaman (HST)	Fase pertumbuhan tanaman
Mentimun	1	13	Vegetatif
	2	26	Pembungaan
	3	34	Pematangan
Tomat	4	30	Vegetatif
	5	52	Pembungaan
	6	70	Pematangan



Gambar 2. Skema sistem kendali berbasis PLC untuk mengatur pemberian larutan nutrisi pada budidaya tanaman secara hidroponik.

Keluaran tegangan sensor diatur antara tegangan listrik yang menunjukkan kondisi kapasitas lapang dan titik layu permanen pada media tanam yang dicerminkan oleh hambatan listrik di dalamnya. Pada setiap sistem irigasi tetes yang meliputi satu buah unit pompa dengan jaringan pipa dan *emitter*-nya dipasang tiga buah sensor pada tiga *polybag* sebagai perwakilan untuk mendapatkan data kelembaban media tanam. Skema percobaan disajikan dalam Gambar 1.

Pada uji teknis dalam percobaan ini, secara keseluruhan ada enam sensor yang dijadikan input dan diletakkan di enam *polybag* tanaman sebagai perwakilan kelembaban media tanam. Sensor-sensor tersebut diletakkan di media tanam pada jenis dan umur tanaman yang berbeda-beda seperti tertera pada Tabel 1. *Output* yang dihasilkan oleh PLC berupa logika 1 dan 0. *Set point* tegangan sensor pada saat media tanam berada dalam keadaan kapasitas lapang dan titik kritis masing-masing adalah 9.63 dan 10.32 volt. Apabila input tegangan listrik dari sensor mencapai

10.32 volt maka *relay* pada aktuatur akan *on* dan pada saat tegangannya 9.63 volt maka *relay* akan *off*. *Output* PLC berupa logika 1 atau 0. Skema sistem kendali berbasis PLC yang dikembangkan disajikan pada Gambar 2.

Pembuatan program untuk PLC

Untuk mengoperasikan PLC dibuatlah program pengendalian menggunakan *ladder diagram* (diagram tangga) dengan instruksi-instruksi yang tersedia. Diagram tangga sering digunakan untuk berbagai rangkaian kontrol. Hal ini karena diagram tangga mudah digunakan untuk membentuk rangkaian logika *relay* dan menggambarkan bagaimana sistem tersebut mengendalikan suatu proses. Setiap anak tangga dalam diagram tangga menyatakan sebuah proses yang dimulai dengan *input* dan diakhiri dengan *output*.

Selanjutnya, *input* maupun *output* diidentifikasi dengan alamat tertentu dalam memori PLC. Dalam diagram tangga dikenal simbol-simbol yang menyatakan jenis komponen

dan instruksi yang harus dilaksanakan oleh sistem kendali. Instruksi dapat juga merupakan kombinasi dari fungsi-fungsi logika. Suatu diagram tangga pada suatu layar monitor dibaca secara berurutan dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah. Dalam hal ini, *input* yang digunakan untuk diagram tangga adalah tegangan yang dihasilkan dari sensor kelembaban media tanam.

Output yang diinginkan dari program yang dikembangkan adalah mengalir/tidaknya arus listrik ke dua buah pompa untuk dua jenis tanaman yang berbeda. Pengaturan mengalir/tidaknya arus listrik tersebut dilakukan untuk masing-masing jenis tanaman sesuai dengan algoritma yang dibangun, yaitu sebagai berikut:

- a. Jika ketiga sensor pada ketiga *polybag* tanaman menunjukkan kondisi membutuhkan larutan nutrisi maka pompa akan *on*.
- b. Jika satu sensor menunjukkan kondisi tidak membutuhkan larutan nutrisi sedangkan dua sensor yang lain menunjukkan kondisi sebaliknya maka pompa akan *on*.
- c. Jika dua sensor menunjukkan kondisi tidak membutuhkan larutan nutrisi sedangkan satu sensor yang lain menunjukkan kondisi sebaliknya maka pompa akan *off*.
- d. Jika ketiga sensor pada ketiga *polybag* tanaman menunjukkan kondisi tidak membutuhkan larutan nutrisi maka pompa akan *off*.

Software yang digunakan pada penelitian ini adalah FPWIN GR. Sesudah program selesai dibuat, program tersebut ditransfer ke dalam memori PLC. Untuk mengetahui terjadi *error* atau tidak dalam program maka perlu di-*run* lebih dahulu pada PLC yang terhubung dengan komputer. Pada PLC ini tidak terdapat menu simulasi program untuk memeriksa apakah ada *error* pada program atau tidak. Sesudah program tersebut bekerja sesuai algoritma yang diinginkan maka pengujian kinerja baru dapat dilakukan. Diagram tangga yang dikembangkan untuk sistem kendali

budidaya tanaman secara hidroponik dalam penelitian ini disajikan dalam Gambar 3.

Budidaya tanaman secara hidroponik

Dua jaringan irigasi tetes digunakan untuk mengalirkan larutan nutrisi pada tanaman yang berbeda yaitu masing-masing untuk mentimun dan tomat. Kegiatan persiapan tanam meliputi persiapan media dan penyemaian. Penanaman dilakukan pada waktu sudah terbentuk daun. Budidaya tanaman dilakukan untuk tanaman mentimun dan tomat dengan umur tanaman yang bervariasi.

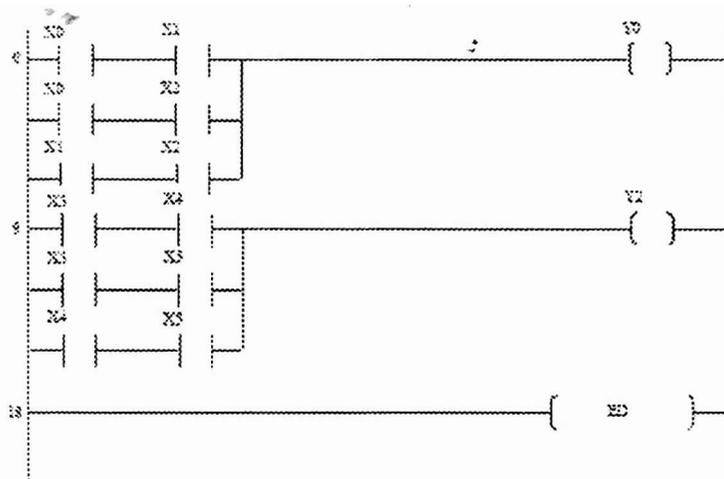
Prediksi kebutuhan air tanaman

Evapotranspirasi tanaman dihitung berdasarkan data dari klimatologi dari stasiun terdekat Metode yang digunakan untuk penghitungan evapotranspirasi acuan (ET_o) adalah metode radiasi (Doorenbos & Pruitt 1977). Hasil ini kemudian dikalikan dengan koefisien tanaman untuk mendapatkan evapotranspirasi aktual (ET_a).

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah tanaman mentimun jepang (*Cucumis sativus L.*) hibrida varietas *Spring Swallow*, tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum Mill.*) varietas *Cherysito*, arang sekam sebagai media tanam, *polybag* hitam ukuran 40 x 40 cm, benang untuk pengajiran, dan larutan nutrisi A&B *mix*. Pengujian dilakukan untuk tanaman pada fase vegetatif, generatif 1 atau pembungaan, dan generatif 2 atau pematangan. Tanaman mentimun yang digunakan untuk penelitian ini berumur 13, 26, dan 34 hari setelah tanam (HST) untuk masing-masing fase pertumbuhan, sedangkan tanaman tomat yang digunakan berumur 30, 52, dan 70 HST untuk masing-masing fase pertumbuhan.

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat *Personal Computer*, PLC Nais dari Matshushita Electric Works tipe FP1-C14, sambungan komunikasi antara komputer dan PLC FP1 tipe RS422/232C, termometer bola basah dan bola kering, EC-meter, multimeter digital,



Gambar 3. Diagram tangga untuk sistem kendali yang dikembangkan.

hybrid recorder Yokogawa tipe HR 2300, gelas ukur, stopwatch, pompa listrik Airlux dengan daya 125 watt, sistem irigasi tetes, weather station RM Young yang dilengkapi translator untuk menyimpan dan menampilkan data hasil pengukuran.

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB dan di rumah kaca Laboratorium Lingkungan Bangunan dan Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB di Kampus IPB Darmaga, Bogor, pada bulan Pebruari 2003.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik media tanam

Hubungan antara kadar air (% volume) terhadap hisapan matrik (pF) oleh media tanam arang sekam perlu diketahui untuk menentukan kelembaban media tanaman. pada kondisi kapasitas lapang (pF = 2.54) dan titik layu permanen (pF = 4.2). Hubungan kedua variabel tersebut disajikan pada Gambar 4. Sebagaimana dapat dilihat pada gambar tersebut, kondisi kapasitas lapang (pF = 2.54) dicapai pada kadar air 16.2 % volume, sedangkan titik layu permanen (pF = 4.2) dicapai pada kadar air 11.1% volume sehingga air tersedia pada media arang sekam adalah 5.1%volume.

Keseragaman debit larutan nutrisi

Tidak homogenya pasokan larutan nutrisi pada media tanam dalam setiap polybag dapat menyebabkan produksi tanaman secara keseluruhan tidak optimal. Keseragaman debit larutan nutrisi yang keluar dari setiap emitter pada jaringan irigasi tetes merupakan faktor penting yang sangat perlu diusahakan tercapainya. Keseragaman debit larutan nutrisi sangat tergantung kepada kondisi aliran di dalam jaringan irigasi tetes yang antara lain meliputi tekanan

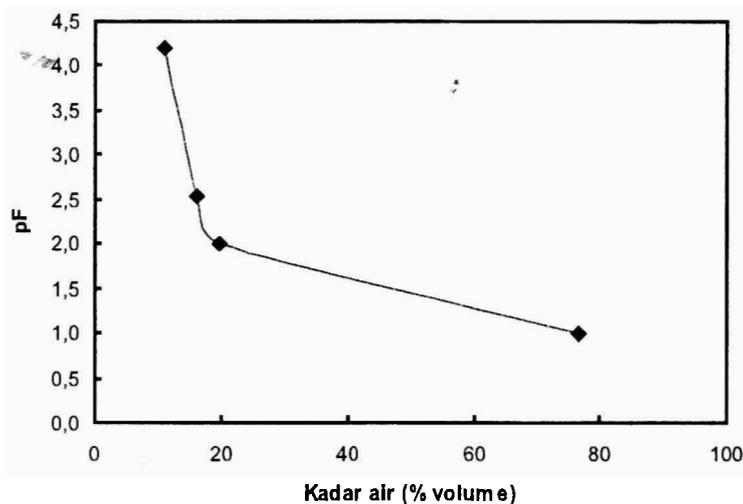
pada bagian hulu pipa lateral, hambatan dalam bentuk penyumbatan pada emitter, dan berbagai parameter aliran lainnya. Makin seragam debit larutan nutrisi pada jaringan irigasi tetes maka jumlah sensor kelembaban media tanam yang diperlukan makin sedikit.

Dalam penelitian ini, pengukuran debit emitter hanya dilakukan pada sembilan titik emitter dalam setiap pipa lateral dari kedua sistem irigasi tetes yang digunakan. Masing-masing sistem irigasi tetes mempunyai 3 buah pipa lateral. Pipa lateral-1 terletak paling dekat dengan sumber air, pipa lateral-2 terletak pada jarak yang lebih jauh dibandingkan dengan pipa lateral-1, dan pipa lateral-3 terletak pada jarak yang terjauh dari pompa larutan nutrisi. Hasil keseragaman debit dapat dinilai dari koefisien variasi penetes (v). Hasil perhitungan nilai v terhadap sembilan titik emitter dengan tiga kali ulangan menghasilkan nilai rata-rata sebesar 0.04 untuk tanaman tomat dan 0.03 untuk tanaman mentimun. Nilai tersebut lebih kecil dari 0.5 sehingga variasi debit emiter termasuk dalam kategori variasi dengan kualitas baik berdasarkan klasifikasi Keller dan Bleisner (1990).

Kebutuhan air tanaman

Kebutuhan air tanaman adalah jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman untuk dapat tumbuh normal atau sama juga dengan evapotranspirasi. Kebutuhan air tanaman ditentukan oleh tingkat pertumbuhan tanaman, kondisi lingkungan, dan jenis tanaman itu sendiri. Terdapat beberapa metode perhitungan kebutuhan air tanaman, salah satu di antaranya adalah metode radiasi yang digunakan dalam penelitian ini.

Dalam metode ini, data lingkungan yang dibutuhkan untuk menghitung evapotranspirasi adalah suhu udara rata-rata (T_{rata}), kecepatan angin (v), kelembaban udara rata-rata (RH_{rata}). Selain itu, diperlukan juga data sekunder, yaitu: radiasi extra terrestrial (Ra), lama penyinaran



Gambar 4 Hubungan kadar air dan pF pada media tanam arang sekam.

matahari secara teoritis (N), radiasi matahari yang diterima permukaan bumi (R_s) dan faktor pemberat (W).

Plastik UV yang digunakan sebagai penutup atap rumah kaca di Leuwikopo memiliki daya serap radiasi sebesar 80% dari seluruh radiasi yang diterima permukaan bumi (R_s). Nilai W rata-rata, maksimum dan minimum secara berturut-turut adalah 0.77; 0.78; dan 0.775. Setelah didapatkan data tersebut, nilai evapotranspirasi baik acuan maupun aktual dapat dihitung.

Nilai K_c yang diambil untuk perhitungan adalah tetapan yang biasa digunakan untuk tanaman mentimun dan tomat yang dibudidayakan di lahan terbuka (Karmeli, *et al*, 1985) karena belum diperoleh tetapan untuk kedua jenis tanaman tersebut dalam kondisi penanaman secara hidroponik dalam *polybag* di dalam rumah kaca. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Unjuk kerja sistem kendali berbasis PLC

Pada hari pertama dan kedua, sensor ke-2, ke-3, ke-5 dan ke-6 lebih sering mencapai tegangan 10.32 volt sehingga pompa lebih sering mengalirkan larutan nutrisi dibandingkan dengan pompa yang terhubung dengan sensor ke-1 dan ke-4. Hal ini sesuai dengan kebutuhan larutan nutrisi pada fase pembungaan dan pematangan, seperti tercermin oleh

tegangan listrik pada keempat sensor tersebut, yang lebih besar dibandingkan dengan fase vegetatif, seperti tercermin oleh kedua sensor yang lain. Pada pagi hari tegangan sensor lebih tinggi karena media tanam cenderung lebih kering sehingga pompa lebih lama *on*.

Pada penggunaan sistem kendali dengan PLC ini, kejadian *on-off* dan durasi penyalaan pompa ternyata berbeda-beda untuk setiap jenis dan umur tanaman tergantung laju evapotranspirasi yang terjadi. Kinerja sistem kendali tersebut dapat tergambar dari data pada Tabel 3.

Sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 3, secara keseluruhan volume larutan nutrisi yang diberikan dengan sistem kendali berbasis PLC lebih sedikit dibandingkan yang diberikan secara manual tetapi telah memenuhi kebutuhan air tanaman. Volume larutan nutrisi yang diberikan secara manual adalah berdasarkan informasi tentang acuan kerja pada sebuah *hydroponic farm* di Bogor, yaitu berdasarkan umur tanaman dan kondisi cuaca sehari-hari.

Dari tiga kelompok umur tanaman mentimun maupun tomat, kelompok tanaman yang memperoleh larutan nutrisi dengan sistem kendali berbasis PLC lebih besar dibandingkan dengan secara manual ternyata hanya

Tabel 2 Nilai evapotranspirasi masing-masing tanaman

Tanaman	Umur (HST)	E_{to} rata-rata (mm/hari)	K_c	E_{Ta} rata-rata (mm/hari)	Area pem-basahan (cm ²)	Kebutuhan air tanaman (ml/tanaman/hari)
Mentimun	13	1.25	0.40	0.50	4762	238.1
	26	1.25	0.90	1.13	4762	535.7
	34	1.25	0.70	0.88	4762	419.0
Tomat	30	1.25	0.50	0.63	5882	370.6
	52	1.25	1.05	1.31	5882	770.5
	70	1.25	0.80	1.00	5882	588.2

Tabel 3 Kinerja sistem pengendalian kelembaban media dengan PLC serta perbandingannya dengan kebutuhan air tanaman dan pemberian secara manual di suatu usaha budidaya tanaman hidroponik.

Tanaman	Umur (HST)	Durasi pompa on (menit/hari)	Total volume larutan nutrisi (ml/tanaman/hari)		
			Kebutuhan air tanaman	Pengendalian dengan PLC	Secara manual di hydroponic farm
Mentimun	13	26.12	238.1	770.3	500
	26		535.7		800
	34		419.0		1200
Tomat	30	31.57	370.6	860.6	850
	52		770.5		1200
	70		588.2		1800

satu kelompok tanaman. Hal ini terjadi pada tanaman mentimun yang berumur 13 HST dan tanaman tomat yang berumur 30 HST. Data volume larutan nutrisi yang diberikan pada pengendalian dengan PLC hanya satu untuk setiap jenis tanaman karena pipa pemasokan larutan nutrisi untuk ketiga kelompok umur tanaman pada setiap jenis tanaman tersebut disatukan. Walaupun rancangan sistem perpipaan dan pengendalian perlu disempurnakan lebih lanjut, tetapi secara keseluruhan ternyata pemberian larutan nutrisi dengan pengendalian berbasis PLC lebih efisien dibandingkan secara manual.

KESIMPULAN

1. Media tanam arang sekam memiliki kadar air 16.2 % volume pada kondisi kapasitas lapang ($pF = 2.54$) dan kadar air 11.1% volume pada kondisi titik layu permanen ($pF = 4.2$) sehingga tegangan listrik pada kedua kondisi tersebut dapat digunakan sebagai acuan operasi pompa larutan nutrisi untuk budidaya tanaman secara hidroponik.
2. Sistem kendali berbasis PLC memungkinkan pengendalian secara mudah dan fleksibel pada pemberian larutan nutrisi melalui jaringan irigasi tetes untuk tanaman yang dibudidayakan dalam sistem hidroponik menurut jaringan perpipaan yang sesuai jenis dan umur tanaman.
3. Sistem kendali pemberian larutan nutrisi berbasis PLC yang dikembangkan telah menunjukkan kinerja yang baik, yaitu ditunjukkan oleh volume larutan nutrisi yang lebih kecil dibandingkan secara manual tetapi masih lebih besar dibandingkan kebutuhan air tanaman.

SARAN

1. Sistem kendali pemberian larutan nutrisi perlu disempurnakan dengan penggunaan sensor dan *solenoid valve* untuk masing-masing umur tanaman.
2. Sistem kendali pemberian larutan nutrisi perlu diterapkan pada skala *hydroponic farm* dengan menggunakan berbagai parameter lingkungan dan pertumbuhan tanaman sebagai input bagi PLC.

DAFTAR PUSTAKA

- Doorenbos, J. dan W.O. Pruitt. 1977. *Guidelines for Crop Water Requirement*. FAO Irrigation and Drainage Paper. FAO, UN. Rome.
- Karmeli, Peri, D.G., dan Todes, M. 1985. *Irrigation System: Design and Operation*. Oxford University Press. Cape Town, Oxford.
- Keller, J. dan Bleisner, R.D. 1990. *Sprinkle and Trickle Irrigation*. AVI Publishing Company, Inc. New York.
- Suhardiyanto, H. 2002. Penerapan Teknologi Pengendalian Lingkungan dalam Sistem Hidroponik untuk Menunjang Peningkatan Ekspor Paprika. Kerjasama Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi dan Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat, Institut Pertanian Bogor.
- Webb, J.W. 1992. *Programmable Logic Controller Principles and Applications*. Second Edition. Mac Millan Publishing Company. New York.