Aplikasi PLC untuk Mengendalikan Lingkungan Pertumbuhan Tanaman Krisan pada Sistem *Ebb and Flow*

(PLC Application to Control Growing Environment of Chrysanthemum in Ebb and Flow System)

Herry Suhardiyanto[1], Heru Sukoco[2], Sugi Guritman[2],
Yani Prabowo[3], dan Hariatun Kusyunarti Saptasari[4]

[1]*Dosen pada Departemen Teknik Pertanian, FATETA, Kampus IPB Darmaga, herrysuhardiyanto@ipb.ac.id*
[2]*Dosen pada Departemen Ilmu Komputer, FMIPA, Kampus IPB Darmaga*
[3]*Alumnus Sekolah Pasca Sarjana IPB*
[4]*Alumnus Departemen Teknik Pertanian, FATETA, IPB*

Abstract

Programmable Logic Controller (PLC) is a form of controller which can be programmed for various needs. The basic mechanism of how PLC works is by connecting or disconnecting electric current of an instrument. The objective of this research is to design and evaluate the performance of PLC in handling Multi Input and Multi Output (MIMO) in floriculture for chrysanthemum. The PLC is given task to activate pump for supplying nutrient solution periodically and to control plant environment according to specified set point. The environmental parameters are acidity and temperature of nutrient solution, air temperature and humidity inside the greenhouse. If one of these environmental parameters is above or below the set point, then an appropriate action will be taken according to the programmed algorithm in the PLC. Special attention has been paid for controlling the acidity of nutrient solution. If the acidity of nutrient solution is 5.257, then it will be corrected by opening the bases solenoid valve for 75 times until the acidity increase to 6.017, according to the specified set point (6.0 – 6.5). If the acidity is 6.755, then it will be corrected by opening the acids solenoid valve for 23 times until its acidity decrease to 6.505. Results showed that PLC performed well in controlling the environment parameters of chrysanthemum grown in ebb and flow system.

Keywords: *hydroponics, ebb and flow system, plant environment, PLC, acidity control*

PENDAHULUAN

Bisnis tanaman bunga dalam pot *(tabulampot)* dewasa ini semakin diminati. Budidaya tabulampot secara komersial banyak dilakukan dengan sistem hidroponik *ebb and flow* di dalam *greenhouse*. Hal ini karena sistem *ebb and flow* termasuk sistem yang efisien dalam penggunaan larutan nutrisi sedangkan *greenhouse* memungkinkan tanaman terlindungi dari faktor lingkungan yang merugikan tanaman. Pada sistem *ebb and flow* akar tanaman digenangi larutan nutrisi selama beberapa saat, kemudian larutan nutrisi tersebut dialirkan kembali ke tangki penampungan larutan nutrisi. Langkah tersebut dilakukan berulang kali, berkisar tiga sampai empat kali sehari, untuk memberikan kesempatan akar tanaman menyerap oksigen dari udara. Frekuensi penggenangan tergantung kepada jenis dan umur tanaman, jenis media tanam, serta parameter lingkungan seperti temperatur dan kelembaban udara. Pemberian larutan nutrisi tersebut pada umumnya dilakukan secara manual oleh operator dengan menghidupkan atau mematikan pompa penyaluran larutan nutrisi. Pengendalian derajat keasaman *(pH)* larutan nutrisi biasanya tidak dilakukan. Penelitian mengenai rancang bangun dan uji teknis sistem kendali berbasis *PLC (Programmable Logic Controller)* pada jaringan irigasi tetes hidroponik substrat pernah dilaporkan dalam Suhardiyanto *et al. (2006)*. Aplikasi *PLC* pada sistem kontrol yang dapat mengendalikan lingkungan pertumbuhan tanaman pada hidroponik *ebb and flow* akan membantu operator dan dapat membantu upaya peningkatan produksi tabulampot. Dengan sistem kontrol otomatik, pekerjaan dapat dilakukan secara tepat, cepat, dan masal. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatik untuk pemberian larutan nutrisi dan untuk pengendalian lingkungan pertumbuhan tanaman secara lebih akurat.

Penelitian ini bertujuan melakukan rancang bangun dan menguji sistem kendali berbasis *PLC* untuk mengendalikan derajat keasaman dan temperatur larutan nutrisi, temperatur dan kelembaban udara di dalam *greenhouse*, dan pemberian larutan nutrisi secara terjadwal pada tanaman krisan yang dibudidayakan secara hidroponik dengan sistem *ebb and flow*. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan alternatif sistem kendali otomatik untuk budidaya tanaman dalam sistem *ebb and flow* yang masih dilakukan secara manual oleh operator.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Kendali PLC

PLC dapat mengendalikan multi *input* dan multi *output*, yang terdiri dari modul *input*, modul *output*, *CPU (Central Processing Unit)*, dan *programming device*. *PLC* merupakan sistem kendali berbasis digital yang hanya mengenal dua kondisi yaitu on atau off *(Swainston, 1991; Setiawan, 2006; Yulianto, 2006)*. 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 *(Suhardiyanto et al., 2006)*. Penggunaan *PLC* dalam sistem kendali otomatik untuk budidaya tanaman secara hidroponik pernah diujicobakan untuk pengendalian pemberian larutan nutrisi dalam budidaya tanaman secara hidroponik pada berbagai umur dan jenis tanaman. Sensor kelembaban dipasang pada media tanam sebagai bagian dari sistem kendali tersebut *(Suhardiyanto et al. 2006)*. Apabila sensor tersebut aktif maka *PLC* akan melakukan perintah sesuai dengan hasil pengukuran oleh sensor tersebut dan berdasarkan program yang telah dimuat kedalam *PLC*. Sistem kendali pemberian larutan nutrisi berbasis *PLC* yang dikembangkan telah menunjukkan kinerja yang baik untuk mengontrol pemberian larutan nutrisi pada tanaman melalui jaringan irigasi tetes. Hal ini ditunjukkan oleh volume larutan nutrisi yang lebih kecil dibandingkan secara manual, walaupun masih lebih besar dibandingkan kebutuhan air tanaman *(Suhardiyanto et al., 2006)*.

Pengendalian Lingkungan Pertumbuhan Tanaman

Faktor lingkungan berperan penting dalam pertumbuhan tanaman. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman hidroponik di dalam *greenhouse* antara lain adalah temperatur udara, kelembaban udara, temperatur larutan nutrisi, dan pH larutan nutrisi. Pengendalian temperatur udara di dalam *greenhouse* di daerah tropika dilakukan dengan mempertahankan temperatur agar tidak terlalu tinggi. Salah satu cara pendinginan udara adalah dengan pengkabutan bertekanan tinggi, yang dapat menurunkan temperatur antara 5-14 °C dan sangat efektif untuk meningkatkan kelembaban relatif udara dalam *greenhouse*. Pengkabutan bertekanan tinggi lebih efektif dibandingkan dengan pendinginan menggunakan kipas ataupun *pad* (*Mastalerz, 1977*).

Temperatur di sekitar akar (*root zone*) merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan akar serta penyerapan air dan ion-ion esensial. Temperatur *root zone* yang optimum tergantung pada jenis tanaman, tetapi pada umumnya 20 °C (*Jones, 2005*). Derajat keasaman larutan nutrisi yang optimal adalah pada kisaran 5,5 – 6,5. Pada kisaran tersebut daya larut unsur-unsur hara makro dan mikro sangat baik. Bila nilai pH kurang dari 5,5 atau lebih dari 6.5 maka komposisi unsur hara dalam larutan nutrisi tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman. Bahkan, unsur hara mulai mengendap sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman *(Sutiyoso, 2003)*.

Tanaman menyerap unsur hara tidak dalam jumlah yang seimbang, sehingga mengakibatkan perubahan nilai pH pada larutan nutrisi. Untuk mengatasinya dapat dilakukan pengontrolan nilai pH dengan menetapkan *set point* pH larutan nutrisi, kemudian dilakukan perbandingan untuk melihat perubahan pH dari hasil pengukuran dengan *set point*, bila terjadi selisih maka perlu ditambahkan larutan asam atau basa *(Glass et al., 1987; Wollenweber, 1997; Chadirin, 1998)*.

METODOLOGI

Jaringan Hidroponik dan Instalasi Pengkabutan

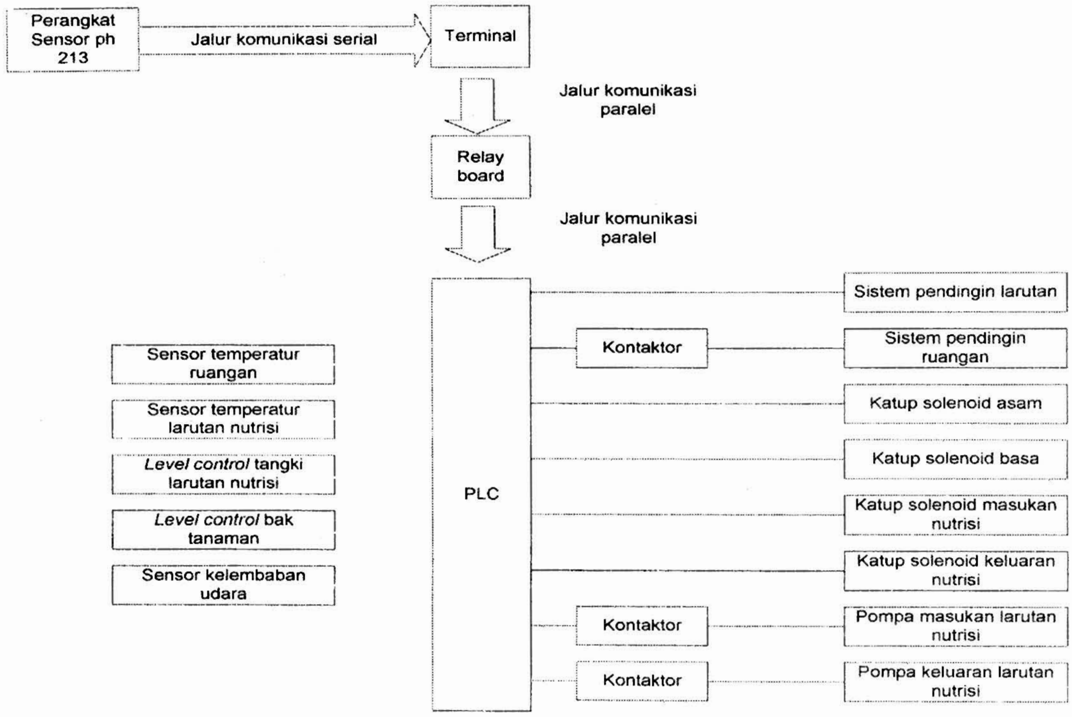
Sistem hidroponik yang digunakan adalah *ebb and flow*. Tanaman bunga krisan dalam pot diletakkan pada bak perendaman. Perendaman tanaman dikontrol menggunakan *water level controller* yang terletak pada bak perendaman yang dihubungkan ke *PLC*. Setelah larutan nutrisi merendam akar tanaman selama jangka waktu tertentu, larutan nutrisi dikembalikan ke bak pendingin melalui katup solenoid dengan metode gravitasi.

Instalasi pengkabutan digunakan untuk menurunkan temperatur udara dan menjaga kelembaban udara di dalam *greenhouse*. Kelembaban udara yang baik untuk pertumbuhan tanaman krisan adalah 70% *(Rukmana dan Mulyana, 1997)*. Pengkabutan dilakukan dengan menggunakan air yang dipompa dan disemprotkan melalui nozel sehingga dihasilkan butiran-butiran air yang sangat lembut. Nozel ini ditempatkan pada ketinggian tertentu di atas bak penanaman dan dikendalikan oleh *PLC* dengan *input* berupa nilai kelembaban udara yang diperoleh dari pengukuran.

Dengan menjaga derajat keasaman larutan nutrisi pada batas optimum maka tanaman akan dapat menyerap nutrisi dengan baik. Sistem kendali yang dikembangkan dalam penelitian ini menjaga agar derajat keasaman larutan nutrisi berada pada pH antara 6,0 sampai 6,5. Nilai EC (*Electrical Conductivity*) larutan nutrisi yang akan didistribusikan ke bak perendaman adalah antara 1.5-2.0 mS. Larutan nutrisi tersebut kemudian didinginkan sehingga mencapai temperatur 25 °C. Pendinginan larutan nutrisi dilakukan dengan menggunakan sebuah mesin pendingin dengan daya 95 Watt. Pengoperasian mesin pendingin dikendalikan sesuai dengan *set point* temperatur yang ditetapkan. Temperatur larutan nutrisi diukur menggunakan termokopel yang dihubungkan ke modul *input PLC*.

Rancang Bangun Perangkat Keras dan Perangkat Lunak PLC

Rancangan fungsional menjadi landasan pembuatan rancangan perangkat keras. **Gambar 1** merupakan diagram blok dari rancangan fungsional sistem kendali.



Gambar 1. *Diagram blok rancangan fungsional*

Rancang bangun perangkat keras meliputi rancang bangun kelistrikan yang digunakan untuk menghubungkan seluruh komponen *input, output* dan *PLC*. Komponen penyusun perangkat keras terdiri dari relay-relay, kontaktor, adaptor, *PLC* (*merk OMRON tipe CPM1-20CDR-A series*), *display* temperatur, sensor kelembaban udara, sensor pH, mesin pendingin, pompa air, *temperature controller, water level controller* dan *solenoid valve*. Sistem kendali diaktifkan terus menerus selama pengujian.

Rancang bangun perangkat lunak dilakukan dengan menyusun program pengendalian untuk *PLC*. Bahasa yang digunakan untuk memprogram *PLC* adalah *Ladder Diagram* yang dibuat menggunakan program *CX Programmer v.2.1 OMRON Corporation*. Perangkat lunak dibuat melalui *personal computer*, kemudian ditransfer ke *PLC* dan disimpan dalam *CPU PLC* untuk mengendalikan *PLC*.

Sistem kendali dijalankan sesuai dengan algoritma yang dibangun, yaitu sebagai berikut:

1. Jika sensor temperatur udara di dalam *greenhouse* membaca nilai temperatur di atas *set point* maka sistem pengkabutan akan bekerja dan jika temperatur tersebut sama atau di bawah *set point* maka sistem pengkabutan akan tidak bekerja.
2. Jika sensor temperatur larutan nutrisi membaca nilai temperatur di atas *set point* maka mesin pendingin larutan nutrisi akan bekerja dan jika temperatur tersebut sama atau di bawah *set point* maka mesin pendingin larutan nutrisi akan tidak bekerja.
3. Jika sensor keasaman membaca nilai pH larutan nutrisi di bawah batas bawah *set point* maka katup solenoid larutan basa akan terbuka.
4. Jika sensor keasaman membaca nilai pH larutan nutrisi di atas batas atas *set point* maka katup solenoid larutan asam akan terbuka.
5. Jika sensor kelembaban udara membaca nilai kelembaban udara di bawah *set point* maka sistem pengkabutan akan bekerja dan jika kelembaban udara sama atau di atas nilai *set point* maka sistem pengkabutan akan tidak bekerja.

Pada sistem ini penjadwalan pemberian larutan nutrisi dilakukan sesuai dengan jadwal yang biasa digunakan untuk tanaman krisan yaitu pada masa pertumbuhan 1 sampai 4 minggu diberikan 3 kali seminggu dan ketika tanaman berumur 5 sampai 8 minggu diberikan 2 kali seminggu. Sistem kendali dijalankan setelah tanaman melewati masa vegetatif yang membutuhkan pencahayaan lebih lama (*long day*). Pada minggu ke 0 sampai minggu ke-4 *(28 hari)* dilakukan pemberian larutan nutrisi sebanyak 3 kali seminggu, jadi telah terjadi pemberian larutan nutrisi pada masa ini sebanyak 9 kali. Memasuki minggu ke-5 sampai minggu ke-8 pemberian larutan nutrisi diberikan sebanyak 2 kali seminggu. Pemberian larutan nutrisi dihentikan setelah tanaman memasuki masa *colouring* yang terjadi menjelang minggu ke-9, selanjutnya tanaman hanya diberi air saja hingga menjelang panen.

Tempat dan Waktu Penelitian

Pengujian kinerja pengendali lingkungan pertumbuhan tanaman bunga krisan pada budidaya secara hidroponik dengan sistem *ebb and flow* dilakukan di *PT Saung Mirwan, Cisarua, Bogor* pada bulan September sampai Desember 2006 dan di Laboratorium Lapangan Leuwikopo, *Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor,* pada bulan Juni 2007 sampai dengan bulan Agustus 2007.

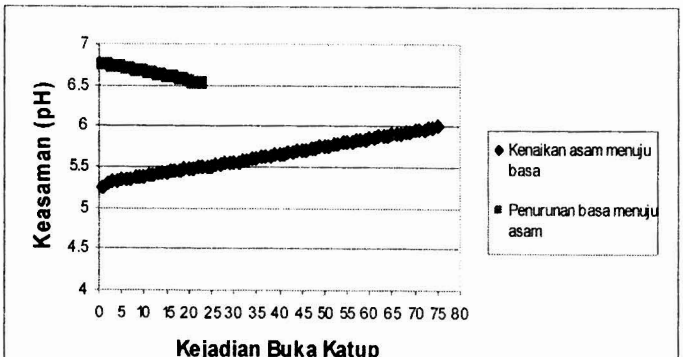
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengendalian Keasaman Larutan Nutrisi

Tabel 1 menunjukkan rentang nilai pH dan konversi nilai pH ke bilangan biner. Pada awal pengujian, nilai pH larutan nutrisi adalah 6.4 yaitu sama dengan nilai pH larutan nutrisi yang biasa diberikan pada tanaman krisan. Nilai pH tersebut masih berada dalam rentang nilai set point, sehingga tidak ada bukaan katup solenoid baik katup larutan asam maupun larutan basa. Penyerapan unsur hara oleh akar tanaman menyebabkan terjadinya perubahan nilai pH pada larutan nutrisi. Sesudah itu, dilakukan pengukuran terhadap keasaman larutan dan diperoleh pH 5.257. Nilai ini berada dibawah nilai set point *(6.0-6.5)*, sehingga dilakukan koreksi dengan menaikkan nilai pH menjadi 6.017 dengan menambahkan 0.2 mol larutan *KOH*. Dalam hal ini tercatat, katup basa membuka 75 kali. Kemudian sistem diuji coba dengan menurunkan pH larutan nutrisi dari 6.755 menjadi 6.505, dengan membuka katup larutan asam yang berisi 1.5 mol mol H_3PO_4. Ternyata katup asam membuka 23 kali untuk sampai pada pH tersebut. **Gambar 2** memperlihatkan penurunan pH menjadi 6.5 dan kenaikan pH menjadi 6.0 dengan pembukaan katup larutan asam maupun katup larutan basa.

Tabel 1. Rentang nilai pH dan konversi nilai pH ke dalam bilangan biner

Rentang pH			Desimal	Biner
4.000	< x ≤	4.016	0	00000000
4.017	< x ≤	4.032	1	00000001
4.033	< x ≤	4.048	2	00000010
4.049	< x ≤	4.064	3	00000011
4.065	< x ≤	4.080	4	00000100
4.081	< x ≤	4.096	5	00000101
4.097	< x ≤	4.112	6	00000110
4.113	< x ≤	4.128	7	00000111
....	....	....	....	....
....	....	....	.....	....
....	....	....	....	....
7.937	< x ≤	7.952	246	11110110
7.953	< x ≤	7.968	247	11110111
7.969	< x ≤	7.984	248	11111000
7.985	< x ≤	8.000	249	11111001



Gambar 2. Grafik keasaman larutan nutrisi dalam rentang *set point.*

Pendinginan Larutan Nutrisi

Sistem pendingin larutan nutrisi yang diujicobakan terdiri dari termokopel yang dihubungkan ke *PLC* melalui *temperature level controller* yang memerintahkan *PLC* untuk mengaktifkan sistem pendingin larutan yang terdiri dari elemen keramik pendingin apabila temperatur melebihi *set point* yang ditetapkan. **Tabel 2** menunjukkan kinerja sistem pendinginan larutan nutrisi.

Pengadukan Larutan Nutrisi

Pompa pengaduk larutan nutrisi yang dikembangkan akan aktif pada setiap ada kejadian aktifnya katup solenoid larutan asam dan larutan basa, aktifnya katup solenoid dan pompa pemberi larutan nutrisi dari tangki menuju bak tanaman, aktifnya katup solenoid dan pompa pengembalian larutan nutrisi dari bak tanaman menuju tangki. Pompa pengaduk diberi waktu 30 detik setiap melakukan aktifitasnya, setelah 30 detik secara otomatik pompa pengaduk akan berhenti bekerja dengan sendirinya. Unjuk kerja dari sistem pengaduk larutan nutrisi disajikan pada **Tabel 3.**

Pengendalian Temperatur dan Kelembaban Udara di dalam Greenhouse

Pengendalian temperatur dan kelembaban udara di dalam *greenhouse* dilakukan dengan cara pengkabutan. Sistem pengkabutan tersebut dihubungkan ke *PLC* melalui *temperature level controller* yang memerintahkan *PLC* untuk melakukan pengkabutan apabila temperatur udara melebihi nilai *set point* atau nilai kelembaban udara berada di bawah nilai *set point.* Nilai *set point* temperatur adalah 30 °C dan nilai *set point* kelembaban adalah 70 %. Data hasil monitoring sistem kendali temperatur dan kelembaban udara di dalam *greenhouse* dapat dilihat pada **Tabel 4.**

Pada sistem kendali untuk umur tanaman 4 minggu, hari ke-1 pada pukul 17.00 terjadi mati listrik selama 1 jam, maka pada saat arus listrik kembali mengalir, dilakukan tambahan waktu 1 jam melalui pulsa *counter* manual dengan cara on/off 1 kali pada saklar manual. Hasil unjuk kerja sistem kendali menunjukkan kejadian on/off dan durasi aktifnya sistem pengkabutan. Pengkabutan untuk mengendalikan kelembaban udara tidak sepenuhnya

Tabel 2. Hasil pengujian sistem pendinginan larutan nutrisi

Minggu	Tanggal	Frekuensi aktifnya sistem pendingin larutan nutrisi (kali)	Durasi aktifnya sistem pendingin larutan nutrisi (menit)
0 – 4 (28 hari)	12-30 Oktober 2006	21	44
	31 Okt–2 Nov 2006 *)	-	-
	2 -7 November 2006	40	80
	8-10 November 2006	30	117
5-9 (28 hari)	11- 16 November 2006	82	136
	17-23 November 2006	20	62
	24 -28 November 2006	11	20
	29-30 November 2006	8	6
	1-5 Desember 2006	8	4

*) *Sistem tidak bekerja karena mengalami gangguan*

Tabel 3. Hasil pengujian sistem pengaduk laturan nutrisi

Minggu	Tanggal	Frekuensi aktifnya sistem pengaduk larutan nutrisi (kali)	Durasi aktifnya sistem pengaduk larutan nutrisi (menit)
0-4 (28 hari)	12-30 Oktober 2006	27	13
	31 Okt–2 Nov 2006 *)	-	-
	2 -7 November 2006	18	9
	8-10 November 2006	10	5
5-9 (28 hari)	11- 16 November 2006	24	12
	17-23 November 2006	2	1
	24 -28 November 2006	2	1
	29-30 November 2006	100	50
	1-5 Desember 2006	2	1

*) *Sistem tidak bekerja karena mengalami gangguan*

Tabel 4. Hasil pengujian sistem pengendalian temperatur dan kelembaban udara di dalam greenhouse

Minggu ke-	Tanggal	Kejadian aktifnya pengkabutan (kali)	Durasi total pengkabutan	Durasi rata-rata tiap pengkabutan (detik)
4	10 Agustus 2007	345	3 jam 4 mnt 38 det	32
	11 Agustus 2007	385	3 jam 24 mnt 32 det	32
	13 Agustus 2007	406	4 jam 7 mnt 40 det	36.6
	24 Agustus 2007	287	1 jam 40 menit	20.9
	25 Agustus 2007	351	3 jam 7 mnt 40 det	32.1
7	14 Agustus 2007	331	2 jam 49 mnt 51 det	30.7
	15 Agustus 2007	409	2 jam 15 mnt 32 det	19.9
	16 Agustus 2007	414	3 jam 10 mnt 23 det	27.6
	17 Agustus 2007	400	4 jam 35 mnt 10 det	41.3
	21 Agustus 2007	73	30 mnt 47 det	25.3
	22 Agustus 2007	326	1 jam 55 mnt 2 det	21.2
	23 Agustus 2007	225	1 jam 24 mnt 30 det	22.5

mengendalikan kelembaban udara seluruh *greenhouse* akan tetapi hanya mengendalikan kelembaban udara di sekitar meja perendaman atau di sekitar objek percobaan.

Kelembaban udara dipengaruhi oleh faktor cuaca, yaitu intensitas cahaya dan kecepatan angin. Selain itu, evapotranspirasi tanaman juga mempengaruhi kelembaban udara. Hal ini mempengaruhi durasi dan banyaknya kejadian on/off pompa pengkabutan. Seperti terlihat pada **Tabel 4,** kejadian on/off pengkabutan pada tanggal 21 Agustus 2007 terjadi paling sedikit dibandingkan dengan hari yang lain karena pada hari tersebut cuaca mendung dan hujan. Temperatur udara rata-rata pada saat sistem berjalan tercatat antara 27-29 ^{o}C, sedangkan rata-rata kelembaban udara tercatat antara 73-80 %. Selang temperatur dan kelembaban udara tersebut tergolong baik bagi pertumbuhan tanaman krisan karena tanaman krisan akan tumbuh baik pada temperatur 20-26 ^{o}C, tetapi masih dapat tumbuh pada toleransi temperatur 30 ^{o}C dan dengan kelembaban udara 70-80 %.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Rancang bangun sistem kendali berbasis *PLC* untukpengendalian derajat keasaman dan temperatur larutan nutrisi, temperatur dan kelembaban udara di dalam *greenhouse*, dan pemberian larutan nutrisi secara terjadwal telah berhasil dibuat.

PLC dapat beroperasi sesuai dengan program yang dibuat, yaitu mengendalikan derajat keasaman dan temperatur larutan nutrisi, temperatur dan kelembaban udara di dalam *greenhouse* sesuai dengan *set point* yang ditetapkan, serta dapat menjadwalkan pemberian larutan nutrisi secara otomatik.

PLC tidak dapat merekam atau menyimpan data temperatur larutan nutrisi dan kelembaban udara serta nilai pH larutan nutrisi.

Saran

Perlu penelitian lebih lanjut untuk memperluas fungsi sistem dengan kemampuan merekam data temperatur dan derajat keasaman larutan nutrisi, kelembaban udara serta data lingkungan pertumbuhan tanaman yang lain.

Perlu dikembangkan sistem kendali jarak jauh untuk pengendalian dan pengontrolan berbasis *PLC* untuk budidaya tanaman secara hidroponik.

DAFTAR PUSTAKA

Glass, A.D.M., M. Saccomaci, Crookall.G., M.Y. Siddiqi. 1987. A Microcomputer-Controlled System for the Automatic Measurement and maintenance of Ion Activities in Nutrient Solution during Their Absorption by Intact Plants in Hydroponics Facilities. Plant, Cell and Environment 10:375-381.

Jones, J. B. 2005. Hydroponics A Practical Guide for the Soilless Grower. Second Edition. *CRC* Press. United State.

Mastalerz, J. W. 1977. The Greenhouse Environment. John Wiley & Son, Inc. United State of America.

Setiawan, I. 2006. Programmable Logic Controller *(PLC)* dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol. Andi. Yogyakarta.

Suhardiyanto, H., A. Sapei, C. Arief, A. Mardjani, B.D. Astuti. 2006. Sistem Kendali Berbasis PLC untuk Pengaturan Pemberian Larutan

Nutrisi pada Jaringan Irigasi Tetes, Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer 4 (2): 42-47.

Swainston, F. 1991. A Systems Approach to Programmable Controller. Newnes. Butterworth-Heineman Ltd.

Rimando, T. J. 2001. Ornamental Horticulture a Little Giant in the Tropics. *SEAMEO* regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture. Republic of the Philippines.

Rukmana dan Mulyana. 1997. Krisan. Kanisius. Yogyakarta.

Tatum, D., and K. Crouse. 2005. Soil pH and Fertilizers. http://www. msucares.com/pubs/infosheets/is0372.pdf. [17 Mei 2008].

Yulianto, Anang. 2006. Panduan Praktis Belajar *PLC* (*Programmable Logic Controller*). PT. Elex Media Komputindo. Jakarta.