

# OTOMATISASI PENGENDALIAN PENCAHAYAAN UNTUK TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L.) DENGAN SISTEM TANAM HIDROPONIK DI DALAM GREENHOUSE

## LIGHTING CONTROL AUTOMATIZATION FOR LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) WITH HYDROPONIC SYSTEM IN GREENHOUSE

Oleh: Dyah Fajar Komala<sup>1)</sup> dan Sumarna, M.Si., M.Eng<sup>2)</sup>

NIM. 12306141030<sup>1)</sup> dan NIP. 19610308 199101 1 001<sup>2)</sup>

Mahasiswa Program Studi Fisika, Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta<sup>1)</sup> dan

Dosen Program Studi Fisika, Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta<sup>2)</sup>

[dyahdidifajar@gmail.com](mailto:dyahdidifajar@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk (1) merancang dan membuat sebuah alat kontrol intensitas cahaya otomatis untuk tanaman selada dengan sistem tanam hidroponik di dalam *greenhouse* berukuran (61 x 50 x 52) cm<sup>3</sup> sesuai dengan nilai *set point*, yaitu 25 lx, (2) menganalisis sistem kontrol dari fungsi transfer yang diperoleh, dan (3) mengetahui pengaruh kontrol intensitas cahaya terhadap pertumbuhan tanaman selada di dalam *greenhouse*. Sensor fotodiode dalam penelitian ini digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya. Rangkaian yang digunakan adalah *Transimpedance Amplifier* (TIA) yang dapat menguatkan arus yang dihasilkan fotodiode ketika menerima cahaya dan mengubahnya menjadi keluaran tegangan yang kemudian dibandingkan dengan nilai *set point* oleh mikrokontroler Arduino. Pengontrolan dilakukan secara *closed-loop* menggunakan saklar transistor dan *relay* untuk mengatur lampu LED dalam keadaan *on* atau *off*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kontrol yang telah dibuat mampu bekerja sesuai dengan *set point* yang ditentukan, yaitu pada tegangan 2 V atau setara dengan intensitas sebesar 25 lx. Tanaman selada yang dikontrol mengalami pertumbuhan lebih baik daripada yang tidak dikontrol, yaitu selada memiliki daun sebanyak 7-11 helai dengan ukuran rata-rata 5 cm dan berwarna hijau-kekuningan.

Kata kunci: sistem kontrol, intensitas cahaya, fotodiode, LED, tanaman selada.

### Abstract

*This research aimed (1) to design and make an automatic control device of light intensity for lettuce with hydroponic system in greenhouse with size (61 x 50 x 52) cm<sup>3</sup> based on its set point, that was 25 lx, (2) to analyze control system from transfer function, and (3) to determine the influence of light intensity control to growth of lettuce in greenhouse. In this research, photodiode was used as a sensor to detect light intensity. The circuit used was Transimpedance Amplifier (TIA) that amplified photodiode current when it received light and converted it into voltage; then the voltage was compared to the set point by Arduino microcontroller. The controlling process worked with closed-loop using transistor switch and relay to turn LED on or turn LED off. The result of this research showed that the control system that had been created was able to work in accordance to a specified set point, which was at a voltage of 2 V or equivalent to an intensity of 25 lx. Lettuces that were controlled grew better than the ones that were not; each lettuce has about 7-11 leaves with average size of 5 cm and green-yellowish leaves.*

Keywords: control system, light intensity, photodiode, LED, lettuce.

### PENDAHULUAN

Selada merupakan salah satu jenis tanaman untuk bahan pangan masyarakat. Selada mudah ditemukan dan sering dibudidayakan. Daun tanaman selada memiliki banyak kandungan vitamin dan mineral

sehingga tanaman selada banyak dimanfaatkan sebagai salad.

Pertumbuhan tanaman selada dipengaruhi berbagai faktor seperti faktor genetik dan lingkungan. Lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman selada dapat mendukung pertumbuhan selada dengan baik,

seperti suhu, kelembapan udara dan pencahayaannya. Selain itu, ketersediaan unsur hara juga merupakan salah satu faktor penting.

Bahan pangan selada dapat diperoleh dengan proses bercocok tanam. Dalam bercocok tanam diperlukan lingkungan yang mendukung untuk proses pertumbuhan tanaman. *Greenhouse* merupakan salah satu solusi di mana lingkungan yang lebih bersih, suhu dan kelembapan serta kebutuhan cahaya yang secara langsung dapat diperoleh dan dikendalikan menggunakan teknologi yang diatur sesuai dengan kebutuhan tanaman untuk meningkatkan proses fotosintesis. Namun pada saat ini, meningkatnya pembangunan yang terjadi di daerah perkotaan dan kegiatan industri yang semakin banyak dilakukan menyebabkan terbatasnya ketersediaan lahan untuk bercocok tanam dan juga kualitas udara menjadi semakin memburuk. Selain itu, industrialisasi dan pola hidup konsumtif juga mengakibatkan peristiwa *global warming*, sehingga saat ini musim menjadi tidak menentu. Musim yang tidak menentu dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman karena kebutuhan cahaya yang diterima tidak stabil sehingga dapat memperlambat waktu panen.

Sistem tanam hidroponik menjadi salah satu solusi akibat terbatasnya ketersediaan lahan. Sistem tanam hidroponik menggunakan air sebagai media tanamnya dengan menambahkan unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman sehingga kegiatan bercocok tanam dapat dilakukan walaupun di lahan yang sempit dan di lingkungan perkotaan. Pada penelitian ini digunakan sistem *wick* (sumbu) karena sistem ini sangat sederhana dan tidak menggunakan listrik.

Tanaman yang mengalami kekurangan cahaya untuk fotosintesis dapat dibantu dengan pencahayaan tambahan (*supplemental lighting*). *Supplemental lighting* sangat bermanfaat ketika musim penghujan tiba, sehingga tanaman tetap dapat memperoleh cahaya untuk melakukan fotosintesis. Terdapat

berbagai jenis *supplemental lighting*, yaitu lampu *High Pressure Sodium (HPS)*, *Metal Halide* dan *Light Emitting Diode (LED)*.

Dari ketiga jenis lampu tersebut, lampu LED adalah jenis lampu yang lebih aman dan efisien dibanding dengan jenis lampu lainnya. Distribusi cahaya pada LED lebih sempit dan terarah sehingga tidak membutuhkan reflektor untuk memfokuskan cahaya pada daerah tertentu. LED menghasilkan spektrum warna yang selektif dengan intensitas yang tinggi, namun tidak menghasilkan panas sehingga dapat diletakkan dekat dengan tanaman dan tidak mempengaruhi suhu tanaman. Penggunaan lampu tradisional seperti HPS dan *Metal Halide* sudah mulai digantikan dengan teknologi LED. Konsumsi energi LED yang rendah dan efektif dapat dimanfaatkan untuk menambah efisiensi energi.

Dalam kehidupan sehari-hari terdapat sejumlah tujuan yang harus dicapai. Misalnya, dalam bidang rumah tangga, kita perlu mengatur suhu dan kelembapan rumah dan bangunan untuk kenyamanan hidup. Namun, agar pemakaian energi lebih efisien diperlukan cara terbaik untuk mencapai hal tersebut. Cara untuk mencapai tujuan ini biasanya melibatkan penggunaan sistem kontrol yang melaksanakan strategi kontrol tertentu. Kontrol otomatis (otomatis) telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi (Rokim, 2008: 169).

## **METODE PENELITIAN**

### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2015 sampai Oktober 2016. Pengukuran dan karakterisasi sensor fotodiode dilakukan di laboratorium Spektroskopi, FMIPA, UNY dan di tempat tinggal peneliti (Jl. Perkutut No.9 Demangan Baru, Yogyakarta). Pembuatan *greenhouse*, perakitan alat, pengujian alat dan penelitian

dilakukan di tempat tinggal peneliti (Jl. Perhutut No.9 Demangan Baru, Yogyakarta).

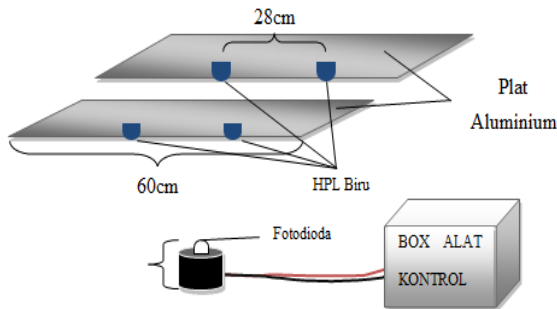
**Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini antara lain *greenhouse* berukuran (61 x 50 x 52) cm<sup>3</sup>, *driver* LED HPL 3-4\*3 W 650 mA, LED 3 watt, Arduino UNO, modul SD *Card*, multimeter digital, luxmeter, rangkaian catu daya, rangkaian sensor fotodiode, dan rangkaian *relay*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain larutan vitamin A dan B tanaman.

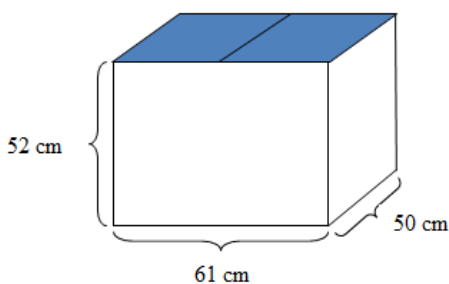
**Teknik Pengambilan Data**

1. Konstruksi alat kontrol intensitas cahaya



Gambar 1. Konstruksi alat kontrol intensitas cahaya

2. Konstruksi *greenhouse*



Gambar 2. Konstruksi *greenhouse*

Pada penelitian ini dibuat 3 buah *greenhouse* dengan ukuran (61 x 50 x 52) cm<sup>3</sup>. Dinding dari *greenhouse* yang digunakan terbuat dari mika bening, tiang penyangga dan alasnya terbuat dari *styrofoam*. Perbedaan dari ketiga *greenhouse* ini adalah pada atapnya, di mana atap *greenhouse* pertama (yang

dikontrol intensitas cahayanya) terbuat dari mika berwarna biru, sedangkan *greenhouse* yang kedua atapnya juga terbuat dari mika berwarna biru namun di dalam *greenhouse* kedua tidak terdapat alat kontrol intensitas cahaya. Untuk *greenhouse* ketiga, atap dan dindingnya terbuat dari mika bening. Hal tersebut dilakukan untuk membandingkan pertumbuhan selada dengan tiga perlakuan yang berbeda.

3. Perancangan rangkaian sensor

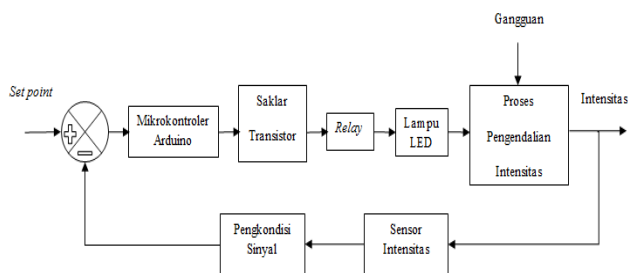
Sensor yang digunakan adalah fotodiode, yang akan mengalami perubahan arus apabila terjadi perubahan intensitas cahaya. Sehingga digunakan rangkaian pengkondisi sinyal *Transimpedance Amplifier* (TIA) untuk mengubah perubahan nilai arus (*I*) menjadi tegangan (*V*). Keluaran tegangan dari rangkaian pengkondisi sinyal dihubungkan dengan rangkaian pembagi tegangan agar menghasilkan nilai tegangan maksimum sebesar 5 V yang kemudian masuk menjadi masukan Arduino. Nilai keluaran minimum rangkaian sensor fotodiode sebesar 0,74 V dan nilai keluaran maksimumnya sebesar 5 V, di mana nilai minimumnya setara dengan 0 lux dan maksimumnya setara dengan 90 lux untuk cahaya biru.

4. Perancangan rangkaian kontrol dan aktuator

Rangkaian kontrol ini terdiri dari rangkaian saklar transistor dan *relay* sebagai aktuator dan mikrokontroler Arduino Uno sebagai kontroler utama. Rangkaian saklar transistor digunakan untuk mengendalikan *relay*. Transistor memiliki dua keadaan, yaitu saturasi dan *cut-off*. Ketika tidak ada tegangan yang melalui basis transistor, maka katup dari kolektor ke emitor akan ditutup sehingga

arus tidak akan mengalir ke rangkaian *relay*. Hal ini yang disebut sebagai keadaan *cut-off*. Namun, jika terdapat tegangan yang melalui basis transistor, maka katup dari kolektor ke emitor akan dibuka sehingga arus akan mengalir ke rangkaian *relay*. Hal ini yang disebut transistor dalam keadaan saturasi. Tegangan minimal untuk saklar transistor dapat beroperasi adalah sekitar 0,7 V.

5. Perancangan program Arduino  
Untuk mengaktifkan *driver relay* yang berperan sebagai aktuator untuk mengatur LED *on* atau *off*, maka diperlukan suatu program untuk menjalankan perintah tersebut.
6. Perancangan rangkaian sistem kontrol intensitas cahaya secara keseluruhan.



Gambar 3. Rancangan sistem kontrol intensitas cahaya secara keseluruhan

7. Pengujian sensitivitas sensor fotodiode  
Pengujian sensitivitas sensor fotodiode dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran dari rangkaian sensor fotodiode terhadap perubahan intensitas cahaya. Kemudian diperoleh grafik hubungan antara intensitas cahaya dengan tegangan keluaran sensor.
8. Pengujian rangkaian sistem kontrol  
Untuk mengetahui sistem yang dibuat telah mampu bekerja sesuai keinginan atau tidak, maka perlu dilakukan pengujian terhadap sistem secara keseluruhan. Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan memasang

sensor di tengah *greenhouse*. Memberi sumber daya pada rangkaian sensor dengan tegangan 15 V dan mikrokontroler Arduino Uno dengan tegangan 5 V. Kemudian dilakukan pengujian dengan cara mengubah intensitas cahaya secara berulang-ulang. Data yang ada tersimpan pada SD Card dan kemudian mencatatnya pada tabel.

### Teknik Analisis Data

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis data dalam penelitian ini adalah:

- 1) Menganalisis rangkaian sistem kontrol yang terdiri dari sensor fotodiode, aktuator, rangkaian pensaklaran dan pengondisi sinyal.
- 2) Merumuskan model dalam bentuk persamaan transformasi Laplace.
- 3) Mencari hubungan antara masukan dan keluaran tiap komponen lalu mem-plot grafik untuk memperoleh fungsi transfer dari masing-masing komponen.

### HASIL DAN PEMBAHASAN Pengujian rangkaian saklar transistor

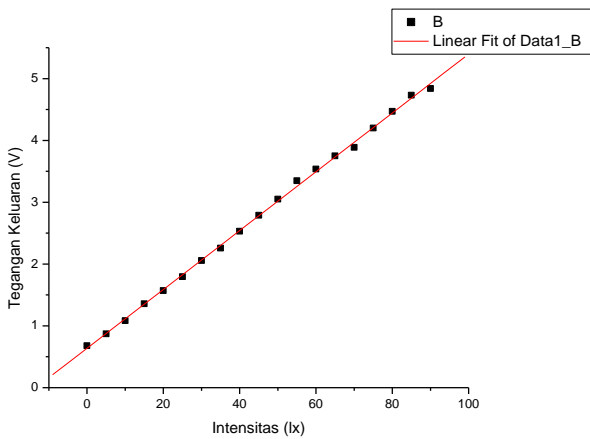
Tabel 1. Hasil pengujian karakteristik transistor

No.	Kondisi keluaran mikrokontroler Arduino	$V_{BE}$ (V)	$V_{CE}$ (V)	$I_B$ (mA)	$V_B$ (V)	Kondisi kerja	Keadaan switch transistor	Keadaan Lampu LED
1.	HIGH	0,7	0,0778	0,3	0,908	Saturasi	ON	Menyala
2.	LOW	0,0039	11,89	0,01	0,0037	Cut-off	OFF	Mati

### Karakteristik dan sensitivitas rangkaian sensor fotodiode

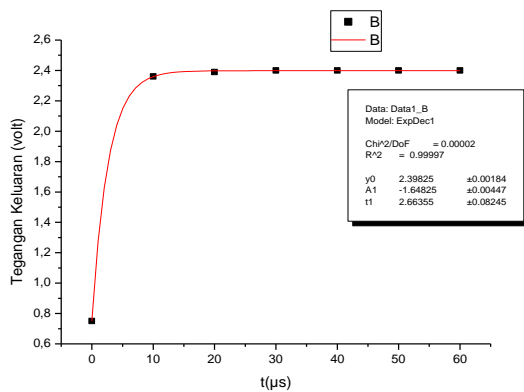
Berdasarkan hasil pengujian sensor fotodiode terhadap variasi intensitas cahaya, diperoleh hasil seperti pada Gambar 4. Dari grafik yang diperoleh dapat diketahui bahwa keluaran sensor fotodiode yang diwakili oleh

nilai tegangan menghasilkan grafik linier terhadap perubahan intensitas cahaya.



Gambar 4. Hubungan intensitas cahaya terhadap tegangan keluaran rangkaian sensor fotodiode

**Pengujian respon waktu sensor fotodiode**



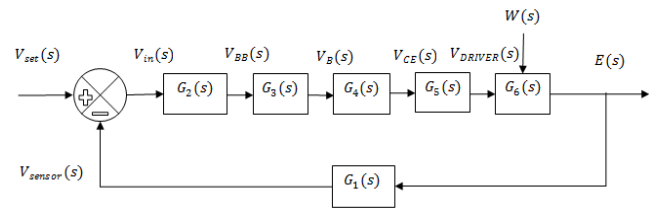
Gambar 5. Hasil pengujian tegangan keluaran rangkaian sensor sebagai fungsi waktu

Hasil pengujian tegangan keluaran sensor fotodiode terhadap waktu menghasilkan grafik eksponensial dan menunjukkan rangkaian sensor dapat membaca perubahan intensitas cahaya.

**Analisis fungsi transfer sistem secara keseluruhan**

Berdasarkan diagram blok pada Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa terdapat dua masukan, yaitu tegangan set point ( $V_{set}$ ) dan tegangan sinyal feedback dari sensor ( $V_{sensor}$ ). Besarnya tegangan dari sensor dapat berubah-ubah sesuai dengan perubahan intensitas cahaya

yang dideteksi oleh sensor fotodiode. Lampu LED akan menyala sesuai dengan tegangan dan arus listrik yang melewati rangkaian kontrol.



Gambar 6. Diagram blok sistem kontrol intensitas cahaya untuk tanaman selada di dalam greenhouse

Berdasarkan hasil penggabungan dan penyederhanaan diagram blok yang telah dilakukan, maka fungsi transfer total dari rangkaian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$G(s) = \frac{E(s)}{W(s)} = \frac{G_6}{1 + G_1 G_2 G_3 G_4 G_5 G_6} \tag{1}$$

$$\frac{E(s)}{W(s)} = \frac{(s+a) V_{DRIVER}}{1 + (m_1) \left(\frac{K_1}{s}\right) \left(\frac{K_2}{s}\right) \left(\frac{K_3}{s}\right) \left(\frac{K_4}{s}\right) \left(\frac{A}{(s+a) V_{DRIVER}}\right)} \tag{2}$$

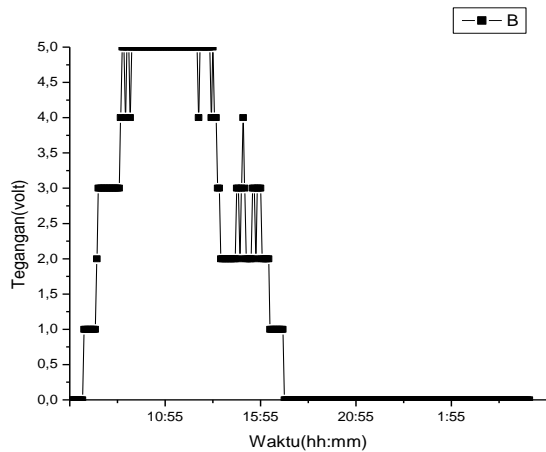
Jika  $K = K_1 K_2 K_3 K_4$ ,  $C = \frac{A}{V_{DRIVER}}$  dan nilai dari  $m_1$  dimasukkan ke persamaan (2), maka  $G(s)$  menjadi:

$$\frac{E(s)}{W(s)} = \frac{C}{1 + (0,0476) \left(\frac{K}{s^4}\right) \left(\frac{C}{(s+a)}\right)} \tag{3}$$

**Hasil pengukuran fluktuasi intensitas cahaya di dalam greenhouse sebelum dikontrol**

Pengujian alat dilakukan di dalam greenhouse dengan melakukan pengukuran ketika tidak terdapat alat kontrol dan ketika alat kontrol dipasang di dalam greenhouse. Intensitas cahaya yang dideteksi oleh sensor diwakili dengan nilai tegangan keluaran rangkaian sensor dan dipenuhi kebutuhannya menggunakan lampu LED 3 watt berwarna biru sebanyak 4 buah. Sensor diletakkan di tengah ruang menghadap ke atas dengan harapan mampu mendeteksi intensitas cahaya dari matahari maupun dari lampu LED, dan

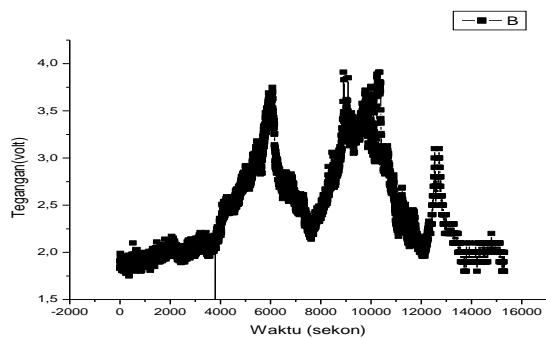
juga agar sensor tidak terhalang oleh daun selada yang tumbuh di dalam *greenhouse*.



Gambar 7. Grafik fluktuasi intensitas cahaya yang diwakili nilai tegangan di dalam *greenhouse* tanpa kontrol intensitas cahaya

Dari pengujian fluktuasi intensitas cahaya di dalam *greenhouse* ketika tidak ada alat kontrol intensitas cahaya diperoleh nilai maksimum intensitas cahaya sekitar pukul 10.00 – 13.00 WIB.

**Hasil pengukuran intensitas cahaya di dalam *greenhouse* setelah dikontrol**



Gambar 8. Grafik intensitas cahaya di dalam *greenhouse* ketika adanya kontrol intensitas cahaya

Intensitas cahaya yang menjadi nilai *set point* diwakili oleh nilai tegangan 2 V, di mana sistem aktif jika nilai intensitas yang dibaca sensor kurang dari nilai tersebut. Namun, sistem mati jika intensitas yang terbaca lebih dari nilai *set point* yang ditentukan. Hal ini karena sistem yang dibuat diharapkan mampu

memenuhi kebutuhan cahaya yang diterima tanaman.

Tabel 2. Perbandingan hasil tanaman selada dari ketiga *greenhouse* yang diteliti

No.	Greenhouse I	Greenhouse II	Greenhouse III
1.	Ukuran rata-rata daun selada sebesar 5 cm	Ukuran rata-rata daun selada sebesar 2 cm	- (tanaman selada mati)
2.	Jumlah daun setiap pohon berjumlah 7-11 helai	Jumlah daun setiap pohon berjumlah 3-7 helai	- (tanaman selada mati)
3.	Warna daun hijau-kekuningan	Warna daun kuning dan hijau pucat	- (tanaman selada mati)

**Keterangan:**

Greenhouse I → Terdapat alat kontrol intensitas cahaya, atap *greenhouse* diberi filter mika berwarna biru.

Greenhouse II → Tidak terdapat alat kontrol intensitas cahaya, atap *greenhouse* diberi filter mika berwarna biru.

Greenhouse III → Tidak terdapat alat kontrol intensitas cahaya, atap *greenhouse* terbuat dari plastik bening.

Hasil tanaman selada yang dikontrol intensitas cahayanya belum memenuhi standar tanaman selada yang dapat dikonsumsi karena kebutuhan cahaya tanaman masih belum terpenuhi secara maksimal mengenai intensitas dan spektrum warnanya akibat hujan yang terjadi secara terus-menerus selama penelitian dilakukan. Walaupun demikian, penelitian ini mengindikasikan bahwa cahaya sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada, baik cahaya yang berasal dari matahari maupun dibantu dengan cahaya tambahan seperti LED, dan juga mengenai spektrum warna yang dibutuhkan tanaman.

**SIMPULAN DAN SARAN**

**Simpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Rancangan sistem kontrol intensitas cahaya untuk tanaman selada dengan sistem tanam hidroponik di dalam *greenhouse* telah diaktualisasikan menggunakan sumber cahaya lampu LED 3 watt berwarna biru sebanyak 4 buah yang menghasilkan intensitas sebesar 25 lx di tengah ruang yang diwakili dengan nilai tegangan rangkaian sensor fotodioda sebesar 2 V. Rangkaian sensor fotodioda menggunakan rangkaian *Transimpedance Amplifier* yang keluarannya berupa tegangan dan terhubung langsung ke Arduino. Nilai tegangan dari sensor fotodioda dibaca sebagai *input* Arduino dalam program yang telah dibuat, kemudian keluaran Arduino menghasilkan nilai *LOW* atau *HIGH* untuk mengendalikan rangkaian saklar transistor dan rangkaian *relay* yang terhubung ke rangkaian lampu LED.
2. Sistem kontrol yang telah dibuat merupakan sistem *closed-loop* dengan masukan berupa nilai tegangan *set point* dan keluaran berupa intensitas cahaya. Perbandingan dari keluaran dan masukan menghasilkan fungsi transfer sebagai berikut:

$$G(s) = \frac{E(s)}{W(s)} = \frac{\frac{C}{(s+a)}}{1 + (0,0476)\left(\frac{K}{s^4}\right)\left(\frac{C}{(s+a)}\right)}$$

3. Intensitas cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman selada di dalam *greenhouse*. Pertumbuhan tanaman selada yang dikontrol menunjukkan hasil bahwa ketika dilakukan kontrol cahaya dengan menambahkan sumber cahaya dari lampu LED tanaman selada tumbuh lebih baik daripada tanaman selada yang tidak dikontrol, yaitu selada yang dikontrol tumbuh dengan jumlah daun berkisar 7-11

helai dengan warna hijau-kekuningan, sedangkan tanaman selada yang tidak dikontrol jumlah daun berkisar 5 helai, ukuran daunnya lebih kecil dan layu bahkan sebagian besar mati.

**Saran**

Sebaran intensitas cahaya di dalam *greenhouse* masih belum merata. Untuk itu perlu dilakukan pengondisian dengan menambah jumlah lampu dan memperbaiki rangkaian agar keluaran intensitas dari setiap LED stabil. Cahaya matahari yang digunakan untuk perbandingan sumber cahaya dengan LED masih terlalu besar dan penggunaan sistem masih belum optimal, sehingga untuk mengatasinya dapat dilakukan dengan mengganti sumber cahaya, menambah jumlah sumber cahaya, atau melakukan penelitian di dalam ruang tertutup (*indoor*). Kebutuhan spektrum cahaya yang dibutuhkan oleh tanaman juga sangat penting, sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan kombinasi spektrum warna.

**DAFTAR PUSTAKA**

Noer, Ahmad Awaluddin. (2015). Rancang Bangun Sistem Kontrol Intensitas Cahaya Dalam Ruang. *Skripsi*. FMIPA UNY.

Ogata, Katsuhiko. (2003). *System Dynamics Fourth Edition*. New Jersey: Pearson.

Rokim, M. Saiful. dkk. (2008). *Teknik Ototronik*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Scherz, Paul & Monk, Simon. (2013). *Practical Electronics for Inventors Third Edition*. New York: McGraw-Hill.

Susila, A. D. (2013). *Sistem Hidroponik*. Departemen Agronomi dan Hortikultura. Fakultas Pertanian. *Modul*. IPB. Bogor. 20 hal.