

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL INTENSITAS CAHAYA RUMAH KACA PADA BUDIDAYA BUNGA KRISAN MENGGUNAKAN METODE PID

Agus Mujahid Ahmad

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
aagguuzz@gmail.com

Muhamad Syariffuddin Zuhrie, Puput Wanarti Rusimamto, Nur Kholis

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
zuhrie@unesa.ac.id, puputwanarti@unesa.ac.id, nurkholis@unesa.ac.id

Abstrak

Rumah kaca merupakan bangunan yang dibuat oleh manusia untuk membudidayakan tanaman. Penggunaan kaca bermaksud untuk mencegah energi naik ke atas dan mengalir keluar. Rumah kaca dapat menyimpan energi yang dihasilkan oleh sinar matahari dan memanaskan tumbuhan maupun tanah yang ada di dalamnya, sehingga dapat melindungi tanaman dari panas maupun dingin yang berlebihan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil dan mengetahui hasil uji sistem kontrol intensitas cahaya rumah kaca terhadap budidaya bunga krisan yang menggunakan kontroler PID, jadi respon intensitas cahaya *plant* miniatur rumah kaca dapat diperbaiki supaya tetap stabil sesuai dengan nilai level intensitas cahaya *setpoint* yang ditetapkan. Perancangan metode pengontrolan terhadap kontroler PID menggunakan karakteristik respon sistem orde kedua guna identifikasi *plant* supaya mendapatkan model matematis dan nilai logika guna kontroler PID sesuai dengan karakteristik respon sistem. Penggunaan Arduino Uno dalam merancang *hardware* untuk miniatur *plant* sebagai pusat kontroler dengan cara kontroler PID dimasukkan demi menjaga kestabilan intensitas cahaya *plant* yang berintegrasi dengan bohlam sebagai sumber cahaya serta sensor LDR sebagai pembaca kondisi intensitas cahaya pada *plant*. Respon hasil pengujian sistem kontrol intensitas cahaya rumah kaca pada budidaya bunga krisan menggunakan kontroler PID lebih baik dibandingkan sistem tanpa menggunakan kontroler PID di mana saat menggunakan kontroler PID, intensitas cahaya lebih mendekati *setpoint* (80 Lux) dibandingkan saat tidak menggunakan kontroler PID, dan *error steady state* saat menggunakan kontroler PID kecil (0,146 %) dibandingkan saat tidak menggunakan kontroler PID (0,985 %).
Kata Kunci : Rumah Kaca, Kontrol Intensitas Cahaya, Kontroler PID, Arduino Uno, Sensor LDR

Abstract

Greenhouses are the building made by humans to cultivate plants. The use of glass intends to prevent energy from rising and flowing out. Greenhouses can store the energy produced by the sunlight and heat plants and soil in them. So they can protect plants from excessive heat and cold. The purposes of this research are to produce and know the test results of the control system of the greenhouse light intensity on chrysanthemum cultivation using the PID controller. So it can improve the light intensity response results plant miniature greenhouse to remain stable as the value of light intensity level setpoint desired. The control method is the PID controller designed by identifying the plant using second-order system response characteristics to obtain a mathematical model and a logical value for the PID controller that matches the system response characteristics. The designed hardware for this miniature plant uses Arduino Uno as a central controller by inserting a PID controller to maintain the stability of the light intensity plant integrated with the bulb as a light source and sensor LDR as a reader of light intensity conditions at the plant. The response of the test results of the control system the greenhouse light intensity on chrysanthemum cultivation using the PID controller is better than the system without using a controller when using the PID controller. the light intensity is closer to the setpoint (80 Lux) than not using a PID controller. And the steady state error when using a PID controller is smaller (0,146%) than not using a PID controller (0,985%).

Keywords : Greenhouse, Light Intensity Control, PID Controller, Arduino Uno, LDR Sensor

PENDAHULUAN

Pencahayaan merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan biologis. Khusus untuk tumbuhan dengan klorofil, cahaya sangat menentukan proses fotosintesis. Efek cahaya tiap tanaman juga berbeda. Setiap tanaman memiliki respon fisiologis yang berbeda terhadap

pengaruh kualitas, intensitas dan lamanya sinar matahari.

Perbedaan respon tumbuhan pada durasi sinar matahari yang menyinari tumbuhan dibedakan menjadi tiga kategori yaitu tumbuhan hari pendek, tumbuhan

hari netral dan tumbuhan hari panjang (Marsela et al., 2018)

Tanaman yang kekurangan sinar matahari dapat mengganggu fotosintesis dan pertumbuhannya. Selain itu kurangnya cahaya selama perkembangan tanaman juga dapat menyebabkan gejala menguning, dimana pertumbuhan batang akan semakin cepat, namun akan semakin lemah, daun menjadi mengecil, tipis dan berubah warna. Gejala menguningnya tanaman ini disebabkan oleh cahaya yang tidak mencukupi atau tanaman diletakkan di tempat yang gelap.

Daya jual tinggi yang dimiliki oleh Krisan menjadikan Balai Penelitian Tanaman Hias dibawah naungan Kementerian Pertanian berusaha untuk mendapatkan bungan krisan yang memiliki kualitas baik dengan cara observasi. Bunga potong banyak diminati, mekar sempurna, tampak sehat dan segar, serta memiliki batang yang kuat dan berotot sehingga bunga potong tahan lama (Ermawati et al., 2011).

Krisan adalah tanaman yang termasuk dalam kategori tanaman berumur pendek, dan pertumbuhan serta pertumbuhan bunganya diatur oleh lamanya hari. Selama pertumbuhan krisan, dibutuhkan cahaya lebih dari 13 jam per hari agar tanaman tetap tumbuh. Di daerah tropis seperti Indonesia, rata-rata 12 jam sinar matahari per hari belum dapat memenuhi kebutuhan penerangan bunga krisan, sehingga perlu dilakukan penambahan penerangan buatan yang terbuat dari lampu listrik, dan harus dilakukan setelah matahari terbenam.

Pembungaan pada bunga krisan membutuhkan sinar matahari yang lebih lama. Oleh karena itu, gunakan lampu pijar dengan intensitas cahaya 32-108 lux untuk menambah cahaya. Sebaiknya tambahkan cahaya pada malam hari yaitu pukul 22.30-01.00 (Cahyono et al., 2021)

Berdasarkan masalah tersebut, jadi diperlukan adanya penelitian dan perancangan sistem alat untuk menambah pencahayaan bagi bunga krisan untuk menghasilkan bunga krisan yang berkualitas.

Kontroler PID

PID dikendalikan melalui 3 also pengendalian, yaitu aksi proporsional, aksi integral dan aksi derivatif (Astrom & Murray, 2009). Persamaan output dari pengendali PID adalah,

$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{d e(t)}{dt} \right) \quad (1)$$

dengan,

- $e(t)$: Sinyal error
- $u(t)$: Sinyal output
- T_i : Waktu integral
- T_d : Waktu derivatif
- K_p : Konstanta proporsional

Persamaan pengendali PID dapat pula dinyatakan secara paralel dengan persamaan sebagai berikut,

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d e(t)}{dt} \quad (2)$$

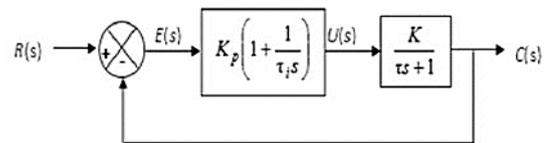
dengan,

$$K_i = \frac{K_p}{T_i}, \quad K_d = K_p T_d$$

K_i = konstanta integral

K_d =konstanta derivatif.

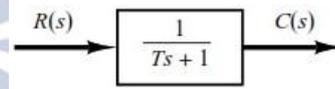
Kontroler PID dapat membentuk sistem umpan balik dengan masukan $R(s)$ dan keluaran $C(s)$ pada kondisi plant orde satu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Kontroler PID Plant Orde Satu (Sumber: Ogata, 1985)

Karakteristik Respon Orde Satu

Bentuk blok diagram sistem orde satu diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Orde Satu (Sumber: Ogata, 1985)

Sistem orde pertama secara fisik dipergunakan dalam sirkuit RC, sistem termal, atau sejenisnya. Hubungan *input-output* dalam sistem orde pertama dijelaskan sebagai berikut.

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{\tau s + 1} \quad (3)$$

Keterangan:

- $C(s)$: sinyal output
- K : konstanta
- $R(s)$: sinyal input
- τs : konstanta waktu

Matlab

Matlab atau Matrix Lab yaitu program yang digunakan untuk perhitungan numerik dan menganalisis, matlab juga merupakan bahasa pemrograman dalam matematika tingkat tinggi, bahasa pemrograman tersebut dibentuk menjadi premis menggunakan properti dan bentuk matriks. Pada mulanya, matlab adalah program antarmuka yang digunakan dalam serangkaian rutinitas digital pada proyek EISPACK dan LINKPACK. Bahasa FOTRAN digunakan untuk mengembangkan program ini, namun seiring berjalannya waktu menjadi produk komersial Mathwork, Inc (Cahyono, 2013). Selanjutnya, menggunakan bahasa assembler dan C++ (Cahyono, 2013).

Arduino

Arduino termasuk mikro kontroler papan tunggal yang bersifat *open source*, asal arduino adalah dari platform Wiring, yaitu platform yang dibuat dan digunakan sebagai promotor penggunaan elektronik dalam bidang apapun. Masa sekarang ini, kepopuleran Arduino sampai ke penjuru dunia menjadikan banyak pemuka mempelajari teknologi elektronik dan robotika melalui Arduino, dengan alasan mudah untuk dipelajari. Bukan hanya pemula yang menggunakan arduino, namun para ahli pun menggunakan Arduino untuk mengembangkan aplikasi elektronik. *Hardware* pada Arduino memiliki processor Atmel AVR, sedangkan *software* pada Arduino memiliki bahasa pemogramannya sendiri. Bahasa yang digunakan bukanlah bahasa yang relatif sulit, melainkan bahasa C yang dimudahkan menggunakan bantuan menu *library* pada aplikasi Arduino.

AC Light Dimmer Module

AC Light Dimmer Module adalah peredup yang diproduksi oleh RobotDyn, yang dapat dikontrol oleh Raspberry Pi, Arduino, dan mikrokontroler lainnya. Modul AC dimmer memiliki detektor *pin zero-crossing* yang memungkinkan mikrokontroler mengetahui waktu yang akurat saat mengirimkan sinyal PWM. Jika waktu tidak akurat, saat menghubungkan dengan PWM, arus AC dengan TRIAC (*Triode for Alternating Current*) akan menghasilkan sinyal *output* yang berantakan, dan juga dapat menyebabkan dimmer gagal membuat sinyal PWM dengan garis yang akurat.



Gambar 3. AC Light Dimmer Module
(Sumber: website resmi Robotdyn)
(www.robotdyn.com)

Sensor Cahaya LDR

Sensor cahaya ldr atau fotoresistor merupakan resistor yang peka terhadap cahaya, dan nilai resistansinya akan terus berganti sesuai dengan intensitas cahaya yang diperoleh. Apabila LDR memperoleh cahaya maka nilai resistansinya akan sangat kecil (sekitar $1K\Omega$), jika LDR tidak mendapatkan cahaya maka nilai resistansinya akan sangat besar (sekitar $10M\Omega$) (Novianti et al., 2012).

Modus kerja sensor cahaya LDR adalah mengubah energi dari foton menjadi elektron, dan satu foton dapat menghasilkan elektron.



Gambar 4. Sensor Cahaya LDR
(Sumber: website resmi microtron)
(www.microtron.be)

Lampu Bohlam

Bohlam atau lampu pijar adalah lampu listrik yang memancarkan cahaya dengan menghangatkan serat pada bohlam kaca yang mengandung gas tertentu, seperti argon, nitrogen, gas k, atau hidrogen. Kisaran tegangan bola lampu atau lampu pijar sangat lebar, berkisar antara 1.5V hingga 300V (Setyaningsih et al., 2015).



Gambar 5. Lampu Bohlam atau Pijar
(Sumber: website resmi philips)
(www.lighting.philips.co.id)

LCD 16 x 2

LCD atau *Liquid Crystal Display* termasuk media tampilan dan kristal cair digunakan sebagai tampilan utama. Penggunaan LCD dalam berbagai bidang, terutama perangkat elektronik, seperti televisi, kalkulator, ataupun layar komputer. Dalam posting tersebut, aplikasi LCD yang digunakan adalah LCD dot matrix dengan karakter 16 x 2.



Gambar 6. LCD 16 x 2
(Sumber: (Saptaji & Handayani, 2015))

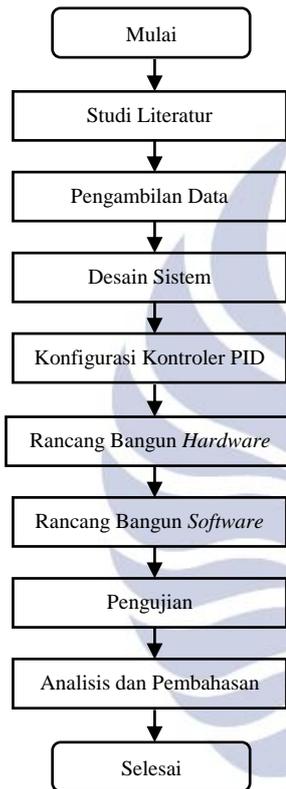
METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Metode kuantitatif digunakan dalam penelitian ini selain itu peneliti menggunakan *software* Arduino IDE untuk mensimulasikan pengoperasian yang akan menggunakan sistem PID, dan melakukan perancangan bangun yang akan merespon intensitas cahaya di dalam rumah kaca.

Desain Penelitian

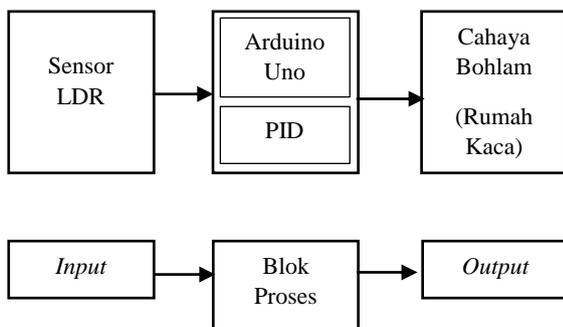
Desain penelitian dilakukan secara terstruktur dan juga sistematis. Adapun tahap penelitian diperlihatkan pada gambar 7.



Gambar 7. Alur Rancangan Penelitian

Desain Sistem

Untuk mengendalikan intensitas cahaya rumah kaca diperlukan desain sistem kontroler PID yang akan diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Desain Sistem Kontrol

Gambar 8 menunjukkan bagaimana sistem akan dirancang untuk mengatur intensitas cahaya pada rumah kaca yang mana terdiri atas blok sistem yang tersusun menjadi sistem yang utuh. Pembagian blok sistem terdiri dari blok masukan atau *input* yaitu menggunakan LDR yang berfungsi untuk mengukur cahaya *plant* tersebut. Selanjutnya adalah blok proses atau kontrol sistem, data dari blok masukan akan diolah sedemikian rupa menggunakan metode kontrol PID dalam Arduino Uno untuk mengatur seberapa terang bohlam akan menyala. Dan blok terakhir yaitu blok keluaran atau *output*. Dalam penelitian ini, bohlam digunakan untuk mengatur intensitas cahaya yang masuk dengan data masukan yang sudah diolah blok proses agar intensitas cahaya sesuai. Data yang terbaca LDR ditampilkan pada LCD 16 x 2 untuk memonitoring intensitas cahaya.

Rancang Bangun Hardware

Rancang bangun *hardware* merupakan penghubungan antar komponen sehingga desain sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 9. Rancang Bangun Hardware

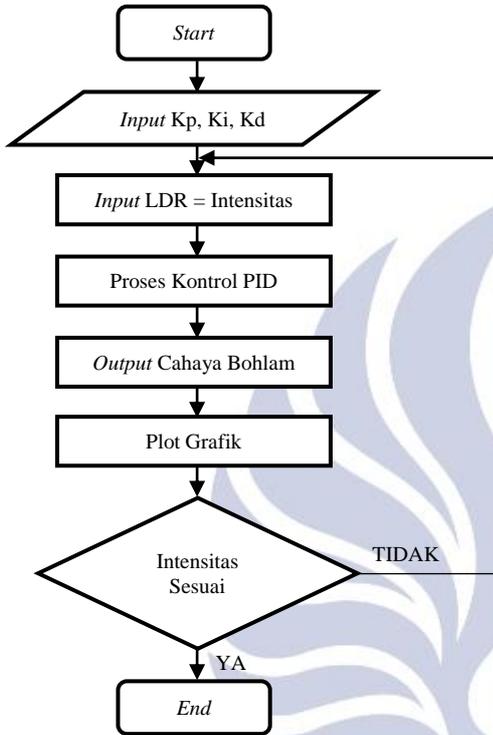
Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 9, *plant* berukuran 55 cm x 35 cm x 35 cm dengan alas tambahan setinggi 5 cm, *plant* ini menggunakan bahan akrilik. Untuk sensornya menggunakan sensor LDR yang diletakkan di dalam *plant* untuk mengukur intensitas cahaya dalam *plant*. Sedangkan intensitas cahaya sudah diatur oleh Arduino sebagai otak dari sistem yang akan berjalan.

Pemodelan Sistem

Untuk mendapatkan pemodelan sistem, Anda harus memahami model atau fungsi transfer sistem. Metode untuk memperoleh fungsi transfer sistem adalah dengan menggunakan metode osilasi sistem orde satu, oleh karena itu untuk mendapatkan parameter karakteristik sistem orde satu diperlukan K_{cr} dan P_{cr} . Metode tersebut dilakukan agar memperoleh model atau fungsi transfer dari sistem. Pengujian disini dilakukan dengan membuat respon loop tertutup terhadap sistem. Berdasarkan respon ini, K_{cr} dan P_{cr} dapat dianalisis.

Rancang Bangun Software

Rancang bangun *software* merupakan proses dimana Arduino memasukkan program kedalam mikrokontroler dengan bahasa pemrograman khusus yang ada pada Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Fungsi C++ dapat dijalankan pada Arduino karena bahasa Arduino adalah turunan dari C++. Pilihan bahasa di Arduino adalah *open source*.



Gambar 10. Diagram Alir dari *Software*

Dari diagram pada gambar 10, pengaturan intensitas cahaya rumah kaca adalah membaca nilai intensitas cahaya sebagai *setpoint* dan *feedback* dari sensor, selanjutnya menentukan cahaya yang akan diatur. Kontroler PID digunakan untuk mengontrol intensitas pada *plant* tersebut berdasarkan nilai pembacaan dari sensor LDR yang selanjutnya data akan diolah oleh Arduino dan akan diteruskan menuju bohlam guna mengatur terang atau gelapnya cahaya yang dibutuhkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan penelitian ini membahas tentang pengkalibrasian pada sensor LDR, memodelkan sistem, dan juga merancang pengontrol PID dan mengujikan sistem.

Kalibrasi Sensor LDR

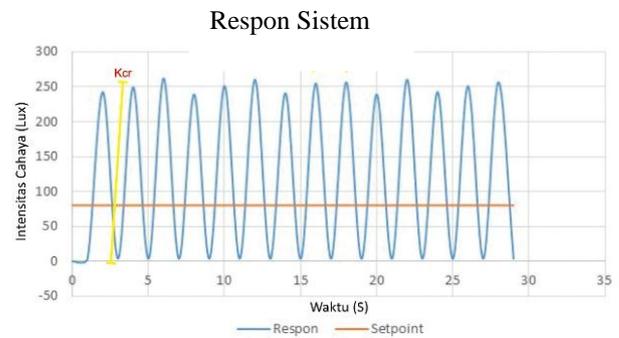
Tujuan dari kalibrasi sensor LDR adalah untuk mendapatkan nilai intensitas cahaya dalam Lux. Alat kalibrasi sensor LDR berupa lux meter yang dapat disajikan di Tabel 1.

Tabel 1. Data Kalibrasi Sensor LDR

Cahaya Senter	Sensor	Alat
± 10 cm	208	211
± 20 cm	124	126
± 30 cm	68	70
± 40 cm	50	51

Berdasarkan data yang didapatkan saat kalibrasi sensor LDR yang disajikan Tabel 1, dapat diketahui *error* rata-rata antara sensor LDR dengan alat Lux meter adalah sebesar 2 Lux.

Pemodelan Sistem



Gambar 11. Respon Sistem

Gambar 11 menunjukkan *plant* mempunyai output proses dari sistem bangun berupa cahaya berosilasi kontinu. Penelitian ini berdasarkan kaidah *Ziegler-Nichols*, metode osilasi sitem digunakan pada pemodelan sistem. K_{cr} dan P_{cr} merupakan parameter yang dibutuhkan. Penggunaan metode osilasi sitem untuk memperoleh fungsi transfer atau model dari sistem. Fungsi transfer yang didapatkan dari sistem akan dipergunakan untuk membuat kontroler PID dan menentukan respon sistem simulasi. Pada penelitian ini permodelan dilakukan pada set point 80 Lux. Dan didapatkan nilai $K_{cr} = 250$ dan $P_{cr} = 2$.

Perancangan Kontroler PID

Melakukan desain pengontrol PID untuk mendapatkan parameter pengontrol PID. Parameter pengontrol PID adalah K_p , K_i dan K_d . Setelah mendapatkan nilai K_{cr} dan P_{cr} , selanjutnya digunakan rumus metode kedua *Ziegler-Nichols* untuk menentukan nilai K_p (konstanta proporsional), T_i (integral waktu) dan T_d (turunan waktu). Aturan penyesuaian *Ziegler-Nichols* diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Aturan *tuning* kontroler PID Ziegler-Nichols

Tipe Kendali	Kp	Ti	Td
PID (Proportional Integral Derivative)	$0,6 K_{cr}$	$\frac{1}{2} P_{cr}$	$0,125 P_{cr}$

Dari aturan *tuning* pada Tabel 2, maka dapat dihitung nilai kontroler PID yaitu Kp, Ti, dan Td yang diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Parameter PID dengan *tuning* Ziegler-Nichols

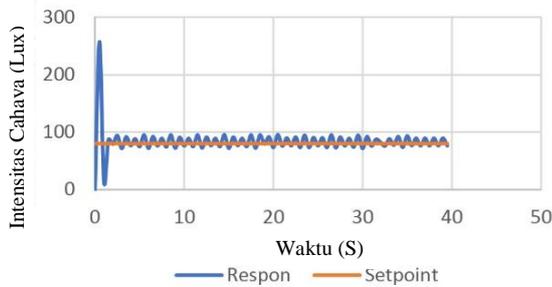
Tipe Kendali	Kp	Ki	Kd
PID (Proportional Integral Derivative)	$0,6 K_{cr}$	$\frac{Kp}{Ti}$	$Kp \times Td$

Dari parameter yang tertera pada Tabel 3 dengan nilai $K_{cr} = 250$ dan $P_{cr} = 2$, maka diperoleh nilai Kp yaitu 150, nilai Ki yaitu 150, dan nilai Kd yaitu 37,5.

Pengujian Sistem

Sesudah didapatkan nilai Kp, Ki, dan Kd, selanjutnya dilakukan pengujian yang meliputi pengujian *setpoint* 80 Lux disertai pengujian *setpoint* dengan diberi gangguan.

Respon Sistem Dengan Setpoint



Gambar 12. Respon Kontroler PID dengan *Setpoint* 80 Lux

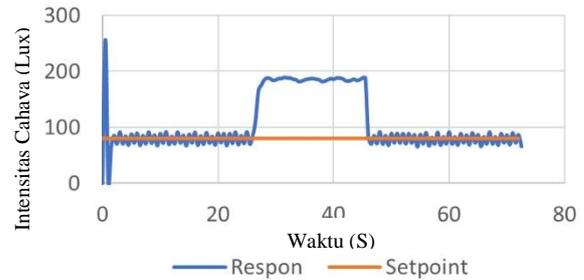
Hasil dari menghitung respon parameter pada sistem yang dilakukan dengan menggunakan kontroler PID pada *setpoint* 80 Lux, dan diketahui nilai $\tau = 1,25$ s ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Parameter Respon Sistem Menggunakan Kontroler PID dengan *Setpoint* 80 Lux

Parameter	Nilai
<i>Settling time</i> (0,5 %)	6,25 detik
<i>Settling time</i> (2 %)	5 detik

<i>Settling time</i> (5 %)	3,75 detik
<i>Rise time</i> (5 % - 95 %)	3,680 detik
<i>Rise time</i> (10 % - 90 %)	2,746 detik
<i>Delay time</i> (τ_d)	0,866 detik
Persentase <i>Error Steady State</i>	0,146 %

Respon Sistem Dengan Gangguan



Gambar 13. Respon Kontroler PID dengan Diberi Gangguan

Sistem diberi gangguan pada 26,5 detik. Ketika diberi gangguan dengan cara diberikan cahaya berupa cahaya lampu senter selama 20 detik, grafik respon mengalami ketidakstabilan yaitu kenaikan intensitas cahaya di dalam rumah kaca sebesar 187,04 Lux, lebih tepatnya naik sebesar 107, 04 Lux. Setelah sistem tidak diberi gangguan, kontroler tetap bisa mengikuti *setpoint* tanpa ada efek apapun.

Perbandingan hasil pengujian respon sistem pada Y_{ss} (nilai *steady state*), W_{ss} (waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*), dan E_{ss} (*error steady state*) dengan tanpa kontroler PID dan menggunakan kontroler PID terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Respon Sistem

Parameter	Tanpa Kontroler PID	Dengan Kontroler PID
<i>Settling time</i> (0,5 %)	7,5 detik	6,25 detik
<i>Settling time</i> (2 %)	6 detik	5 detik
<i>Settling time</i> (5 %)	4,5 detik	3,75 detik
<i>Rise time</i> (5 % - 95 %)	4,416 detik	3,680 detik
<i>Rise time</i> (10 % - 90 %)	3,295 detik	2,746 detik
<i>Delay time</i> (τ_d)	1,039 detik	0,866 detik
Persentase <i>Error Steady State</i>	0,985 %	0,146 %

PENUTUP

Simpulan

Alat sistem kontrol intensitas cahaya rumah kaca berbasis kontroler PID telah berhasil dihasilkan dan didesain dengan menggunakan sensor cahaya LDR sebagai alat pendeteksi intensitas cahaya di dalam *prototype* rumah kaca, Arduino sebagai mikrokontroler, serta lampu bohlam atau lampu pijar sebagai *actuator* guna memberikan cahaya pada rumah kaca.

Respon hasil pengujian sistem kontrol ketinggian intensitas cahaya rumah kaca menggunakan kontroler PID lebih bagus ketimbang sistem yang tidak menggunakan pengontrol PID. Saat memakai kontroler PID, intensitas cahaya dapat mendekati *setpoint* yaitu 71,62 – 95,04 Lux, sedangkan saat tidak menggunakan kontroler PID intensitas cahaya sebesar 2 – 250 Lux. Supaya *setpoint* tercapai dengan menggunakan kontroler PID membutuhkan waktu lebih cepat yaitu (7,5 s) daripada tanpa digunakannya kontroler PID yaitu (9 s). Persentase *error steady state* ketika digunakan kontroler PID lebih kecil (0,146 %) dibandingkan saat tidak memakai kontroler PID (0,985 %).

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa bidang yang dapat ditingkatkan dan dikembangkan untuk membuahkan hasil terbaik yaitu penggunaan prototipe yang lebih besar sehingga cakupan penelitian dapat lebih diperluas dan sensor yang lebih besar dapat digunakan. Ini lebih akurat daripada sensor cahaya LDR dan memiliki akurasi respons cahaya yang lebih tinggi.

Selain itu, metode pengontrol lainnya (seperti fuzzy logic, linear quadratic regulator control (LQR) dan model predictive control (MPC) masih dapat digunakan untuk mengembangkan sistem guna mendapatkan hasil respons kecepatan yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terselesainya jurnal penelitian ini membuat peneliti berterimakasih kepada Allah SWT serta tidak terlupakan kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan hingga peneliti menyelesaikan jurnal ini. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada penulis kedua yang juga menjabat sebagai pembimbing selama periode penelitian ini. Dan juga berterima kasih kepada para tim *ejournal* Unesa atas bantuan serta bimbingannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrom, J. K., & Murray, R. (2009). *Feedback Systems: An Introduction for Scientist and Engineers*. New Jersey: Prentice Hall.
- Cahyono, B. (2013). *Penggunaan Software Matrix Laboratory (Matlab) Dalam Pembelajaran Aljabar Linier*. IAIN Walisongo.
- Cahyono, Bagus, O., Afroni, Jasa, M., & Basuki, Minto, B., (2021). *Monitoring Dan Pengatur Kelembaban Pada Model Green House Tanaman Krisan Menggunakan Telegram Berbasis Internet Of Things (Iot) Di Kota Batu*. Universitas Islam Malang.
- Ermawati, D., Indradewa, D., & Trisnowati, S., (2011). *Pengaruh Warna Cahaya Tambahan Terhadap Pertumbuhan dan Pembungaan Tiga Varietas Tanaman Krisan (Chrysanthemum morifolium) Potong*. Universitas Gajah Mada.
- Marsela, T., Sadjad, R, S., & Achmad, A., (2018). *Sistem Kendali Intensitas Cahaya Rumah Kaca Cerdas pada Budidaya Bunga Krisan*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Novianti, K., Lubis, C., & Tony, (2012), *Perancangan Prototipe Sistem Penerangan Otomatis Ruangan Berjendela berdasarkan Intensitas Cahaya*, Seminar Nasional Teknologi Informasi.
- Ogata, Katsuhiko. (1985). *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Terjemahan Edi Laksono. Jakarta: Erlangga.
- Saptaji, W., & Handayani. (2015). *Mudah Belajar Mikrokontroler dengan Arduino*. Bandung: Widya Media
- Setyaningsih, N, Y, D., & Wahyunggoro, O., (2015). *Pemilihan Lampu Sebagai Pemanas Pada Inkubator Bayi*. Yogyakarta : STMIK AMIKOM Yogyakarta
- Website resmi Philips. www.lighting.philips.co.id/id/consumer/p/led-lampu/8718696574195 (Online). (Diakses pada tanggal 23 November 2019).
- Website resmi microtron. www.microtron.be/media/7b8dd86e66da6fc3ecdc8e370672d0a/n5ac-10508g.pdf (Online). (Diakses pada tanggal 23 November 2019).
- Website resmi Robotdyn. www.robotdyn.com/ac-light-dimmer-module-1-channel-3-3v-5v-logic-ac-50-60hz-220v-110v.html (Online). (Diakses pada tanggal 23 November 2019).