

Sistem Pengaturan Intensitas Cahaya Dengan Perencanaan Kondisi Lingkungan Pada Rumah Kaca

Alfido, Ir. Purwanto, MT., M.Aziz muslim, ST., MT., Ph.D.

Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Jalan M.T Haryono No.167 Malang 65145 Indonesia

Email :fido.alfido@yahoo.com

Abstrak—Pembudidayaan tanaman umumnya dilakukan dengan melihat kondisi lingkungan yang sesuai dengan tanaman yang akan ditanam. Untuk mengatasi masalah ini maka perlu dibuat suatu perencanaan kondisi lingkungan yang sesuai dengan tanaman yang akan ditanam.

Rumah kaca merupakan media yang baik untuk melakukan kondisi lingkungan. Sehingga memungkinkan membudidayakan tanaman daerah tertentu dengan baik. Parameter kondisi lingkungan yang mempengaruhi tanaman antara lain adalah temperatur, kelembapan, intensitas cahaya, dan PH.

Pada penelitian ini dibuat miniatur rumah kaca yang dapat merencanakan salah satu parameter kondisi lingkungan yaitu intensitas cahaya. Sistem pengaturan yang digunakan adalah pengaturan *loop* tertutup. Pengaturan *loop* tertutup ini bertujuan untuk membandingkan intensitas cahaya di dalam miniatur rumah kaca agar sesuai dengan intensitas cahaya yang diinginkan. Metode pengaturan ini menggunakan kontroler PID untuk mempercepat proses penambahan dan pengurangan intensitas cahaya pada miniatur rumah kaca. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATmega8535. Input yang diberikan berupa besaran analog dan output yang dihasilkan Mikrokontroler dikeluarkan dalam bentuk besaran *Pulse Width Modulation (PWM)* yang disambungkan ke motor DC melalui *driver* motor DC untuk menggerakkan sirip rumah kaca yang berada di bagian atas rumah kaca.

Kata Kunci—Rumah Kaca, ATmega8535, Pengaturan Intensitas Cahaya, Analog Input, PWM Output.

I. PENDAHULUAN

Dalam membudidayakan tanaman sangat penting untuk memperhatikan kondisi lingkungan. Jika kondisi lingkungan tidak sesuai dengan tanaman tersebut maka tanaman tidak akan tumbuh dan berkembang dengan baik atau bahkan mati.

Bisa dikatakan kondisi lingkungan yang dibutuhkan oleh suatu tanaman akan berbeda satu dan yang lainnya. Parameter kondisi lingkungan antara lain adalah suhu, kelembapan, kadar air tanah dan intensitas cahaya. Agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik maka ke 4 parameter kondisi lingkungan tersebut harus sesuai dengan tanaman tersebut.

Realita yang ada, proses membudidayakan suatu tanaman mengalami banyak kesulitan. Karena kondisi lingkungan yang berbeda-beda di setiap tempat menyebabkan seseorang yang akan membudidayakan tanaman harus memilih tanaman

yang akan di budidayakannya. Sehingga tidak semua jenis tanaman bisa di budidayakan.

Untuk mengatasi hal tersebut dapat dibuat suatu perencanaan kondisi lingkungan sehingga kondisi lingkungan sesuai dengan tanaman yang akan dibudidayakan. Rumah kaca bisa dijadikan sebagai suatu media yang tepat untuk merencanakan parameter kondisi lingkungan (suhu, kelembapan, kadar air tanah dan intensitas cahaya) dan budidaya tanaman. Dalam perencanaan kondisi lingkungan melibatkan peralatan elektronik yang dapat bekerja bersama-sama untuk didapatkan kondisi lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan. [1]

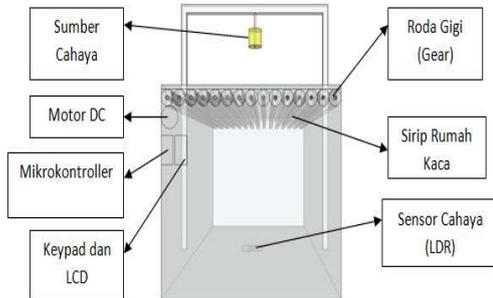
Dalam penelitian ini akan dirancang suatu alat yang dapat merencanakan salah satu parameter kondisi lingkungan yaitu intensitas cahaya. Saat ini pengaturan intensitas cahaya pada rumah kaca umumnya menggunakan naungan pada bagian atap rumah kaca yang terbuat dari daun kelapa atau alang-alang. Proses pengaturan intensitas cahayanya dengan menambah atau mengurangi jumlah daun kelapa atau alang-alang tersebut. Dengan menggunakan daun kelapa atau alang-alang sebagai pengatur intensitas cahaya yang masuk pada rumah kaca menyebabkan intensitas cahaya yang masuk ke dalam rumah kaca masih tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman yang ditanam didalam rumah kaca mengingat kondisi cahaya matahari yang selalu berubah. Oleh sebab itu dalam penelitian ini akan dibuat suatu miniatur rumah kaca yang dapat mengoptimalkan kebutuhan intensitas cahaya di dalam rumah kaca dengan cara mengatur sirip pada bagian atap rumah kaca sebagai tempat masuknya cahaya yang digerakan oleh motor DC dan pergerakan motor DC tersebut diatur oleh mikrokontroler. Perangkat keras yang dirancang bekerja berdasarkan pengaturan *loop* tertutup (*close loop*). Sistem pengaturan *close loop* berfungsi untuk membandingkan harga yang keluar dari *plant* dengan keluaran yang diinginkan.

II. PERANCANGAN SISTEM

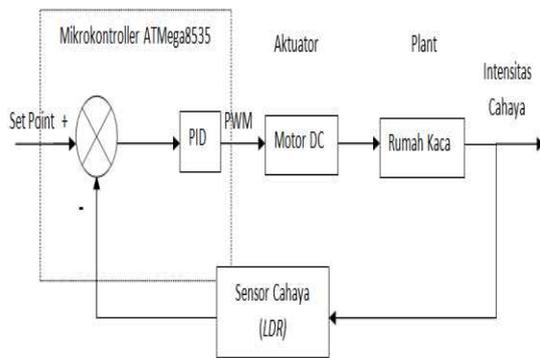
Perancangan sistem meliputi diagram blok sistem, cara kerja sistem. *Flowchart* atau diagram alir kerja sistem, gambar rancangan alat, dan perangkat lunak pada mikrokontroler ATmega8535. Perancangan sistem pengaturan intensitas cahaya pada rumah kaca ini adalah sebagai berikut:

- Ukuran dimensi miniatur rumah kaca ini adalah panjang 60cm, lebar 30 cm, dan tinggi 25 cm.

- Sirip rumah kaca digerakan oleh sebuah motor DC 12 V
- Sensor cahaya untuk mengetahui intensitas cahaya pada rumah kaca menggunakan *light dependent resistor (LDR)* dengan output sensor berupa tegangan analog 0-5 V
- Intensitas cahaya lampu DC konstan.
- Skema dan diagram blok dari miniatur rumah kaca dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Skema keseluruhan sistem



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

A. Prinsip Kerja

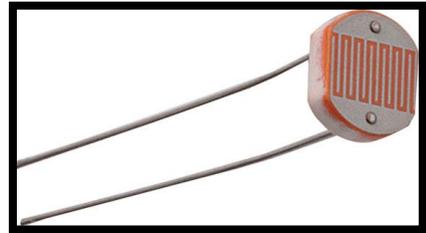
Cara kerja alat adalah sebagai berikut :

- Menggunakan sumber tegangan DC 5 V dan 12 V.
- Menggunakan sebuah motor DC 12 V
- Port komunikasi antara mikrokontroler dengan PC menggunakan perantara kabel *parallel port*.
- Menggunakan sensor *Light Dependent Resistor*, sinyal-sinyal keluaran dari sensor yang masih berupa sinyal analog diproses oleh ADC .
- Sinyal analog yang masuk ke mikrokontroler dikonversi ke dalam bentuk digital dengan resolusi 10 bit untuk kemudian diproses menjadi sinyal kontrol berupa PWM.
- Sinyal kontrol dari mikrokontroler masuk ke *driver* motor IC L293. Driver berfungsi menguatkan sinyal yang dihasilkan mikrokontroler dari 0-5 Volt menjadi 0-12 Volt.
- Motor DC yang menggerakkan sirip rumah kaca akan bergerak menutup atau membuka sirip rumah kaca agar cahaya yang masuk ke dalam rumah kaca sesuai dengan set point yang ditetapkan.

- Motor DC akan berhenti bergerak saat kuat cahaya mencapai setpoint yang diinginkan.

B. Sensor *Light Dependent Resistor (LDR)*

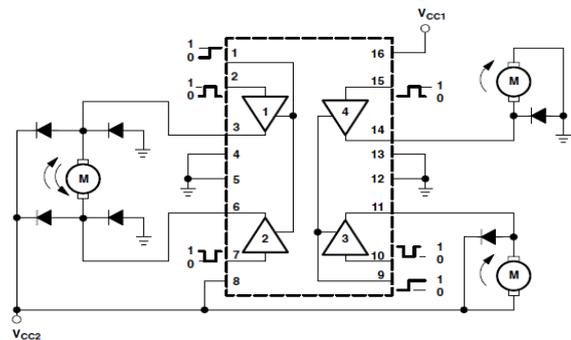
Sensor cahaya pada perancangan ini berfungsi sebagai sensor pengukur atau pendeteksi kuat cahaya. Keluaran dari sensor cahaya ini digunakan sebagai masukan untuk perhitungan algoritma PID yang dirancang. Sensor *Light Dependent Resistor* mampu melakukan pembacaan pada rentang 0-5 volt. Bentuk fisik sensor *Light Dependent Resistor* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Light Dependent Resistor (LDR)*

C. IC L293

Modul pengendali motor dc digunakan untuk mengendalikan putaran motor dc yang menjadi penggerak sirip rumah kaca. Rangkaian ini dihubungkan dengan mikrokontroler. Driver pengendali pada perancangan ini menggunakan IC L293 yaitu sebuah perangkat keras berupa rangkaian yang berfungsi untuk menggerakkan motor DC. Skematik rangkaian *driver* motor L293 dapat dilihat pada Gambar4.



Gambar 4. Skematik Rangkaian Driver Motor L293

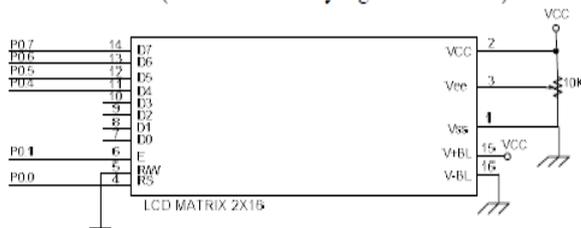
D. Motor DC

Motor DC adalah suatu mesin yang mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik berupa putaran motor.

Prinsip dasar motor arus searah adalah jika sebuah kawat penghantar dialiri arus listrik diletakkan dalam medan magnet, maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang mempunyai arah seperti yang ditunjukkan oleh kaidah tangan kiri *Fleming*.

E. *Push/Buton dan Liquid Crstal Dislay (LCD)*

Liquid Crystal Display digunakan untuk tampilan. Saluran 8 bit merupakan saluran untuk memasukan data alamat dan data tampilan ke dalam modul atau sarana keluaran alamat (data dari modul yang dibaca mikro). Anatar muka LCD 16 X 2 ditunjukkan pada Gambar 5.

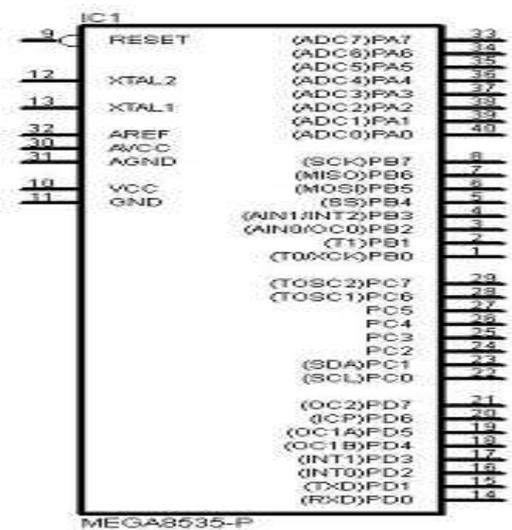


Gambar 5. Antar Muka LCD 16 x 2

Pada penelitian ini, LCD digunakan untuk menampilkan besarnya nilai referensi (*set point*) dan besarnya nilai aktual (*Proses Value*). Selain itu penentuan nilai *Set_kecepatan*, *Kp*, *Ki* dan *Kd* juga ditampilkan di LCD. Pengaturan nilai *Kp*, *Ki* dan *Kd* ini menggunakan 4 buah tombol *push/button* yang masing-masing memiliki fungsi sebagai tombol *increase* nilai, tombol *decrease* nilai, tombol OK dan tombol *cancel*. Mode yang digunakan untuk mengoperasikan LCD adalah mode antarmuka 4 bit. Mode ini menghemat jalur data tetapi memakan 2 kali memori program.

F. Perancangan Mikrokontroler

ATMega 8535 berfungsi sebagai pengolah data dari sensor *Light Dependent Resistor* (LDR), pengendali arah dan kecepatan motor dan melakukan proses logika PID. ATMega 8535 memiliki saluran I/O sebanyak 32 buah, ADC 10 bit sebanyak 8 saluran, 3 buah *Timer/Counter*, CPU yang terdiri atas 32 Register, SRAM sebesar 512 *byte*, Memori *Flash* sebesar 8 kB, serta *EEPROM* sebesar 512 *byte*. Konfigurasi Mikrokontroler ATMega8535 ditunjukkan pada Gambar 6.

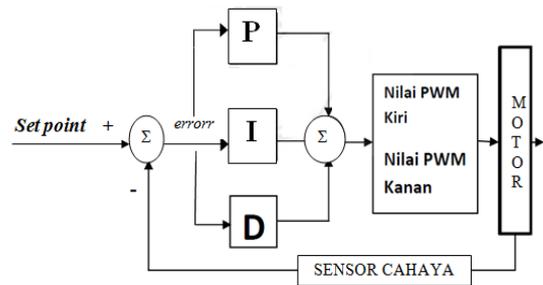


Gambar 6. Konfigurasi Mikrokontroler ATMega8535

G. Perancangan Kontroller

1. Alur Pengendalian PID

Diagram blok Alur pengendalian PID dapat dilihat pada Gambar 7.

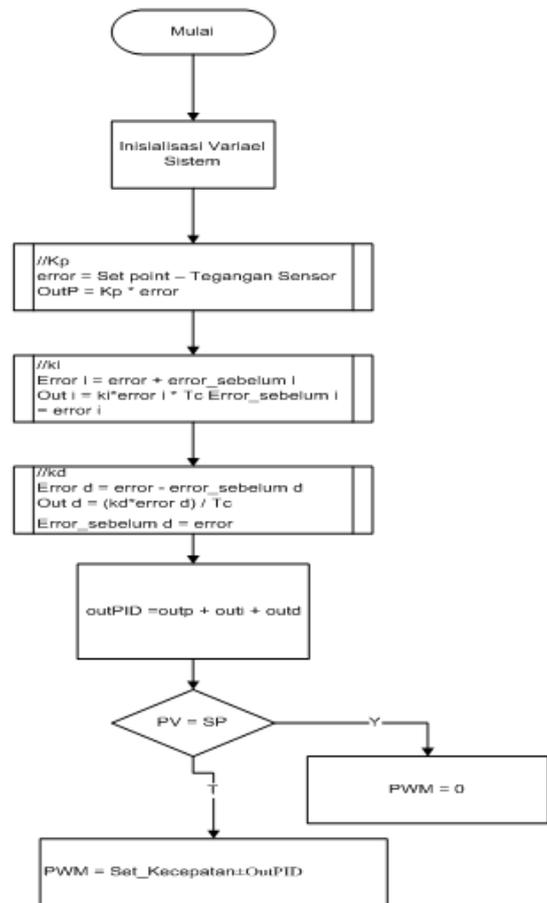


Gambar 7. Diagram Blok Alur Pengendalian PID

Jika intensitas cahaya yang diharapkan pada rumah kaca adalah 100 lux atau ketika tegangan sensor *Light Dependent Resistor* adalah 4,02 volt. Nilai tegangan keluaran sensor *Light Dependent Resistor* 4,02 volt adalah sebagai *set point*. Sehingga apabila nilai *present value* tidak sama dengan nilai *set point* artinya terdapat kesalahan (*error*). Pada saat terjadi *error* ini formula PID akan menentukan sinyal kendalinya.

2. Pemrograman Kontrol PID

Diagram alir program utama kontroler PID meliputi inialisasi, *tuning* parameter, akumulasi *error* dan perhitungan PID sebagai proses berjalannya motor. Diagram alir kendali Proporsional + Integrative + Derivative dalam program adalah seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Program Kendali PID

Kontroler PID digital merupakan bentuk lain dari kontroler PID yang di program dan dijalankan melalui komputer atau mikrokontroler. *Error* dan *last_error*

yang akan digunakan pada perhitungan aksi kontroler PID. Setiap satu kali *looping* program, *error* akan diperbaharui dengan data yang diambil dari sensor dan sebelumnya akan disimpan di *last_error*. Keluaran dari perhitungan program kontroler PID ini adalah nilai PWM. Pemberian nilai KP, agar memperbaiki respon transien. Pemberian nilai KI, agar mengurangi *error steady state*. Pemberian nilai KD, agar mengurangi redaman sistem yang beisolalasi. Rumus controller PID dalam bentuk digital adalah berdasarkan persamaan (1) sampai persamaan (3).

$$\text{Error} = \text{SP} - \text{PV} \quad (1)$$

$$u(t) = K_p e(k) + K_i T \sum_0^k e(k) + \frac{1}{T} K_d (e_k - e_{k-1}) \quad (2)$$

$$\text{PWM motor} = \text{Base PWM} + \text{PID} \quad (3)$$

Set Point (SP) adalah suatu parameter nilai acuan atau nilai yang diinginkan. *Present Value* (PV) adalah nilai pembacaan sensor saat itu atau variabel terukur yang di umpan balik oleh sensor.

3. Hand Tuning Eksperimen

Pada penelitian kali ini digunakan cara *hand tuning* untuk menentukan besar Kp, Ki dan Kd. Ini dilakukan karena ada kendala untuk yakni tidak adanya model matematis, sehingga membuat cara analitis sulit untuk dilakukan. Prosedur untuk melakukan tuning adalah sebagai berikut:

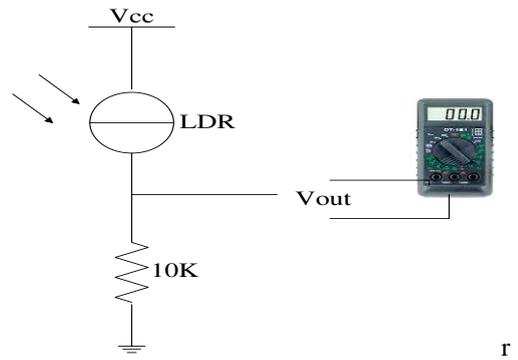
- Melepaskan kontroler integral dan diferensial dengan memberikan nilai Ki = 0 dan Kd = 0.
- Mengatur nilai Kp hingga didapatkan respon transien yang cepat, dengan mengabaikan *offset*.
- Naikkan nilai Ki untuk mengurangi *error steady state*.
- Menambah nilai dari Kd untuk memberikan efek redaman agar sistem tidak berisolasi
- Dengan menggunakan metode *hand tuning* nilai parameter PID perlu diubah-ubah secara *trial* dan *error* agar respon yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan.

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

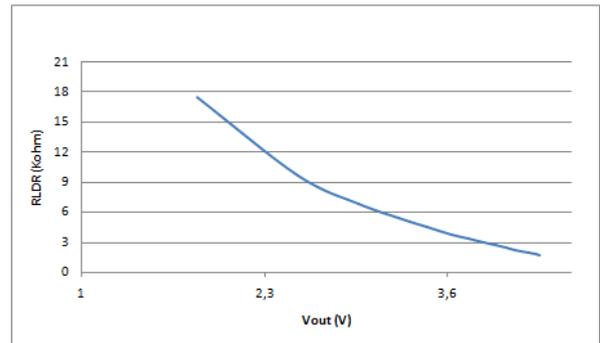
A. Pengujian sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik sensor *Light Dependent Resistor* (LDR).

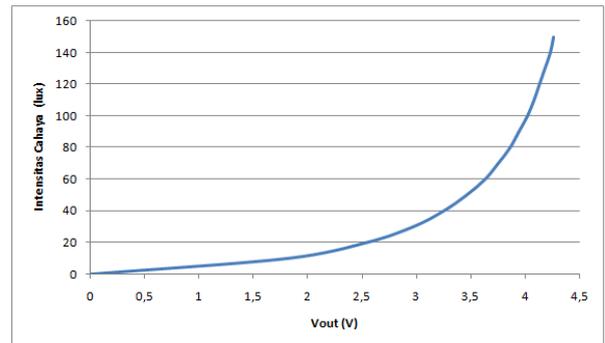
Prosedur pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkaian seperti Gambar 9. Menambah intensitas cahaya yang menyinari sensor LDR dengan lampu. Intensitas cahaya diukur dengan menggunakan luxmeter. Setiap kenaikan intensitas cahaya 10 lux, tegangan keluaran LDR tersebut dicatat. Grafik hubungan antara resistansi LDR dengan tegangan keluaran LDR dapat dilihat pada Gambar 10. Hubungan tegangan keluaran LDR dengan intensitas cahaya dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 9. Pengujian *Light Dependent Resistor*



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Tegangan Keluaran Dengan Resistansi LDR



Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Tegangan Keluaran Dengan Intensitas Cahaya

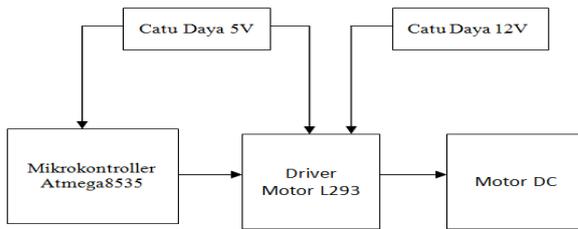
B. Pengujian *Range* Minimum dan Maksimum Intensitas Cahaya Lampu DC Pada Rumah Kaca

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui *range* intensitas cahaya pada rumah kaca pada saat sirip rumah kaca tertutup penuh dan pada saat sirip rumah kaca terbuka penuh dengan intensitas cahaya lampu DC yang konstan. Pengujian ini dilakukan di tempat yang gelap yang sumber cahaya hanya berasal dari lampu DC.

Dari hasil pengujian di dapatkan intensitas cahaya pada rumah kaca ketika sirip rumah kaca tertutup penuh adalah 0 lux dan ketika sirip rumah kaca terbuka penuh adalah 250 lux.

C. Pengujian *Driver Motor* L293

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui output *driver* motor apabila diberi input yang berbeda-beda. Blok diagram pengujian *driver* motor DC dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Diagram Blok Pengujian Driver Motor DC

Hasil Pengujian dapat dilihat apada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Driver Motor DC

No	IN1	IN2	OUT1	OUT2	Arah Putaran Motor DC
1	1	0	1	0	Motor Berputar Searah Jarum Jam
2	0	1	0	1	Motor Berputar Berlawanan Arah Jarum Jam
3	0	0	0	0	Diam
4	0	0	1	1	Pengereman/Diam
5	1	1	0	0	Pengereman/Diam

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa motor dc akan berputar searah jarum jam ketika Input1 dan Output1 on, dan apabila Input2 dan Output2 on maka motor akan berputar berlawanan arah jarum jam. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rangkaian driver motor dc ini dapat berjalan dengan baik pada sistem yang direncanakan.

D. Pengujian Kecepatan Motor DC

Pengujian kecepatan motor DC ini untuk mengetahui kecepatan motor dengan memberikan nilai PWM yang berbeda-beda.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pulse Width Modulation (PWM)

No	Dalam Persen (%)	PWM	Vout Driver (v)	RPM (Tachometer)
1	0	0	0	0
2	10	102	0,99	3,45
3	20	204	2,33	6,93
4	30	306	3,49	10,4
5	40	408	4,66	13,9
6	50	510	5,83	17,3
7	60	612	6,99	20,8
8	70	714	8,16	24,3
9	80	816	9,33	27,8
10	90	918	10,49	31,3
11	100	1023	11,7	34,9

Dari pengujian Tabel 2 dapat dilihat jika nilai PWM semakin besar maka Vout driver akan semakin besar dan RPM motor juga akan meningkat.

E. Pengujian Tuning nilai Kp

Dalam pengujian menentukan nilai Kp dilakukan dengan melihat respon motor pada sirip rumah kaca. Pengujian nilai Kp dilakukan ketika Set Point sistem adalah 100 lux (4,02 volt).

Pengujian ini dilakukan dengan cara menyinari sensor LDR dengan cahaya lampu dari sebelum diberi kontroler sampai dengan telah diberi kontroler dan lihat respon motor yang terjadi kemudian catat.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tuning Kp, Ki, Kd

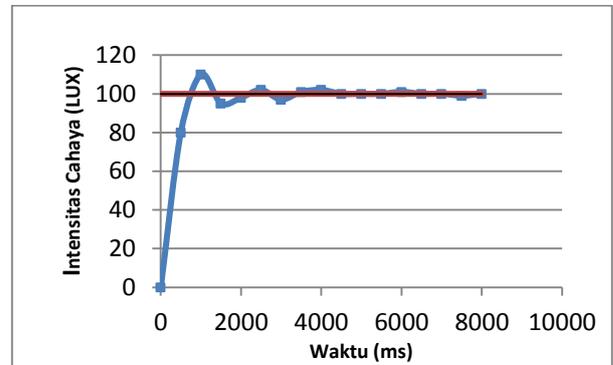
Pengujian Ke-	Kp	Ki	Kd	Tegangan Sensor (Vout)	Respon Motor
1	0	0	0	3,94-4,12	Berhenti
2	1	0	0	4,04	Berhenti
3	2	0	0	4,02	Berhenti

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada percobaan ke 6, motor dapat berhenti pada set point yang diinginkan. Oleh karena itu nilai-nilai parameter yang digunakan pada sistem yaitu Kp = 2.

F. Pengujian dan Analisa Tanggapan Sistem Pada Variasi Set Point

Pengujian tanggapan sistem dengan variasi Set Point ditunjukkan pada Gambar 13 sampai Gambar 15.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana hasil respon terhadap Set Point yang bervariasi.



Gambar 13. Grafik Tanggapan Sistem dengan Set point 4,02 V (100 lux)

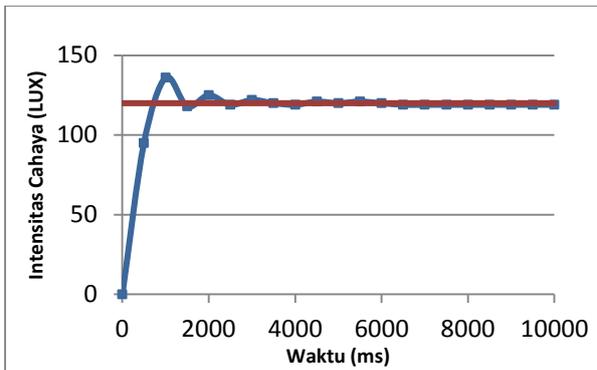
Dari Gambar 13 dapat dilihat nilai settling time (Ts), error steady state (Ess) dan maximum overshoot (Mp).

- Settling time (Ts) pada intensitas cahaya 100 lux (4,02 Volt) adalah Ts = 5 s
- Error steady state (Ess) didapatkan dari pengujian dengan set adalah :

$$\begin{aligned} \%Ess &= \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \left| \frac{\text{PresentValue}(i) - \text{SetPoint}}{\text{SetPoint}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{1}{8} \times 0,03 \times 100\% \\ &= 0,375\% \end{aligned}$$

- Maximum overshoot (Mp) merupakan nilai tertinggi dari grafik adalah 105 lux, maka :

$$Mp = \frac{105 - 100}{100} \times 100\% = 5\%$$



Gambar 14. Grafik Tanggapan Sistem dengan *Set point* 4,13 V (120 lux)

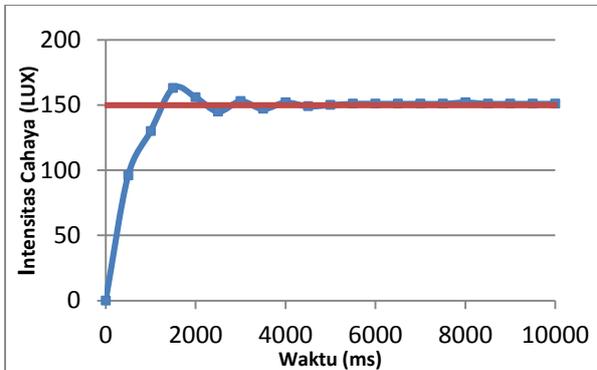
Dari Gambar 14 dapat dilihat nilai *settling time* (T_s), *error steady state* (E_{ss}) dan *maximum overshoot* (M_p).

- Settling time* (T_s) pada intensitas cahaya 120 lux (4,13 Volt) adalah $T_s = 5$ s
- Error steady state* (E_{ss}) didapatkan dari pengujian dengan set adalah :

$$\begin{aligned} \%E_{ss} &= \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \left| \frac{\text{PresentValue}(i) - \text{SetPoint}}{\text{SetPoint}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{1}{11} \times 0,083 \times 100\% \\ &= 0,757\% \end{aligned}$$

- Maximum overshoot* (M_p) merupakan nilai tertinggi dari grafik gambar adalah 125 lux, maka :

$$M_p = \frac{125 - 120}{120} \times 100\% = 4,16\%$$



Gambar 15. Grafik Tanggapan Sistem dengan *Set point* 4,26 V (150 lux)

Dari Gambar 15. dapat dilihat nilai *settling time* (T_s), *error steady state* (E_{ss}) dan *maximum overshoot* (M_p).

- Settling time* (T_s) pada intensitas cahaya 150 lux (4,26 Volt) adalah $T_s = 6$ s
- Error steady state* (E_{ss}) didapatkan dari pengujian dengan set adalah :

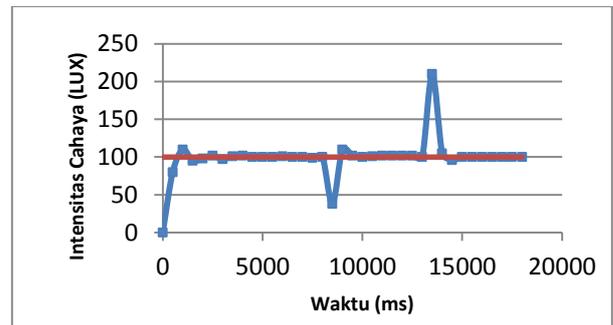
$$\begin{aligned} \%E_{ss} &= \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \left| \frac{\text{PresentValue}(i) - \text{SetPoint}}{\text{SetPoint}} \right| \times 100\% \\ &= \frac{1}{11} \times 0,083 \times 100\% \\ &= 0,6667\% \end{aligned}$$

- Maximum overshoot* (M_p) merupakan nilai tertinggi dari grafik adalah 157 lux, maka :

$$M_p = \frac{157 - 150}{150} \times 100\% = 4,667\%$$

G. Pengujian Tanggapan Sistem Terhadap Gangguan

Pada pengujian tanggapan sistem terhadap gangguan ini dilakukan pada *Set Point* 100 lux dan kemudian memberikan gangguan berupa penghalang cahaya yang berasal dari plastik putih pada detik ke 8 dan melepaskan kembali penghalang cahaya pada detik ke 13. Grafik Tanggapan sistem terhadap gangguan dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Tanggapan Sistem Terhadap Gangguan dengan *Set point* 4,02 V (100 lux)

Pada saat detik ke 8 gangguan diberikan dengan mendekatkan kertas di atas sirip rumah kaca, hasil yang terjadi adalah intensitas cahaya pada rumah kaca turun hingga 38 lux. Kemudian intensitas cahaya pada rumah kaca sensor normal kembali di detik 9,5. Pada saat kertas penghalang diambil saat detik ke 13 terjadi kenaikan intensitas cahaya hingga 210 lux dan intensitas cahaya pada rumah kaca akan kembali normal di detik ke 14,5.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

- Jangkauan Intensitas cahaya pada rumah kaca ini adalah 0-250 lux. Intensitas cahaya 0 lux terjadi saat sirip rumah kaca tertutup penuh dan intensitas cahaya 250 lux terjadi saat sirip rumah kaca terbuka penuh. Sumber cahaya hanya berasal dari lampu DC yang berada pada bagian atas miniatur rumah kaca.
- Penentuan parameter nilai K_p dilakukan dengan menggunakan metode *Hand Tuning*. Parameter yang digunakan pada sistem yaitu $K_p=2$.
- Hasil pengujian sistem dengan variasi *Set Point* mulai dari 100 lux, 120 lux dan 150 lux didapatkan rata-rata *settling Time* (T_s) = 5,33s, *error steady state* (E_{ss}) = $\pm 0,5995\%$, *Maximum Overshoot* (M_p) = 4,609%.
- Pada saat diberi gangguan luar berupa penghalang intensitas cahaya sistem membutuhkan waktu kurang dari 1,5s untuk kembali ke nilai referensi. Ketika penghalang intensitas cahaya diambil maka

sistem membutuhkan waktu 1,5s untuk kembali ke nilai referensi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Garber M, Thomas Paul, *Indoor Plants, Agricultural and Enviromental Sciences*, The University at Georgia.
- [2] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- [3] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*. Jakarta. Penerbit Erlangga
- [4] Atmel. 2006. *ATMEGA8535, 8-bit AVR with 8 Kbytes in System Programable Flash*. www.atmel.com/literatur