

**SISTEM PENGENDALI INTENSITAS CAHAYA
PADA TANAMAN ANGGREK
MENGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS ARDUINO MEGA 2560**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

CORNELIUS JOHAR S. M.

NIM. 105060300111002 - 63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

MALANG

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

**SISTEM PENGENDALI INTENSITAS CAHAYA
PADA TANAMAN ANGGREK
MENGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS ARDUINO MEGA 2560**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

**CORNELIUS JOHAR S. M.
NIM. 105060300111002 - 63**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing 1

Pembimbing 2

**Ir. Retnowati, MT.
NIP. 19511224 198203 2 001**

**Dr. Ir. Bambang Siswojo, MT.
NIP. 19621211 198802 1 001**

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM PENGENDALI INTENSITAS CAHAYA
PADA TANAMAN ANGGREK
MENGGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS ARDUINO MEGA 2560

SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh:

CORNELIUS JOHAR S. M.
NIM. 105060300111002 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 30 April 2015

MAJELIS PENGUJI

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D
NIP. 19741203 200012 1 001

Dipl.-Ing. Ir. Mochammad Rusli
NIP. 19630104 198701 1 001

Rahmadwati, ST., MT., Ph.D
NIP. 19771102 200604 2 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D
NIP. 19741203 200012 1 001



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat skripsi ini dengan judul “Sistem Pengendali Intensitas Cahaya Pada Tanaman Anggrek Menggunakan Kontroler PID Berbasis Arduino Mega 2560”.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dalam kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini.

Selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis hingga penyusunan skripsi ini selesai, terutama kepada:

- Keluarga tercinta, kedua orang tua Ayah Sigit Udjiana dan Ibu Maria Christina atas kasih sayang, perhatian dan kesabaran yang tak kenal lelah di dalam membesarkan dan mendidik penulis, Serta kakakku Vincentius Johar dan adikku Alfonsius Johar yang selalu memberikan dukungan.
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku KKDK Teknik Kontrol Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

- Ibu Ir. Retnowati, MT sebagai Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran, motivasi yang telah diberikan, serta waktu yang diluangkan untuk bimbingan.
- Bapak Dr. Ir. Bambang S, MT selaku Dosen Pembimbing II atas segala ilmu, bimbingan, nasehat, gagasan, ide, saran, motivasi dan bantuan yang telah diberikan,
- Bapak Ibu Dosen, karyawan, staf recording dan RBTE atas segala bantuan dan kemudahan.
- Saudari Stefani Yulita Sari yang banyak memberikan semangat, doa, dan dengan kesabarannya telah menemani penulis dalam suka dan duka sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
- Teman - teman “Magic” dan teman – teman mengerjakan skripsi, Mbah Hanip, Jepri, Tigor, Ahmadi, Sukil, Captain, Cino, Kadek, Lutfidi, Muchson, Randy, Dandy, Kibro, Dugal, Ulit, Genjik, Rochman, Dikma, Wahyu, Delip, dan teman-teman lain yang tidak bisa disebutkan satu-persatu terima kasih telah berbagi kesenangan, pelajaran hidup, serta canda dan tawa.
- Keluarga besar angkatan 2010 “MAGNET” atas doa, semangat, serta dukungan yang diberikan pada penulis.
- Keluarga besar Laboratorium Sistem Digital, terima kasih telah memberikan banyak bantuan serta pengalaman dan pengetahuan dalam belajar dan berkreasi.
- Semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung atas penyusunan skripsi ini.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih pada pihak yang membantu dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Malang, Maret 2015

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Anggrek.....	5
2.2 Arduino Mega 2560.....	8
2.2.1 Daya.....	9
2.2.2 Memori.....	9
2.2.3 <i>Input Dan Output</i>	9
2.2.4 Komunikasi.....	10
2.3 <i>Continous Rotation Servo Motor</i>	10
2.4 <i>Sensor Light Dependent Resistor (LDR)</i>	12
2.5 Kontroler.....	13
2.5.1 <i>Kontroler Proporsional</i>	14
2.5.2 <i>Kontroler Integral</i>	15
2.5.3 <i>Kontroler Diferensial</i>	16
2.5.4 <i>Kontroler Proporsional Integral Diferensial</i>	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Studi Literatur.....	18
3.2 Penentuan Spesifikasi Alat.....	18
3.3 Perancangan Sistem.....	18
3.4 Realisasi Pembuatan Sistem.....	19

3.4.1 Perangkat Keras.....	19
3.4.2 Perangkat Lunak	19
3.5 Pengujian Alat	19
3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	19
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	21
4.1 Diagram Blok Sistem.....	21
4.2 Prinsip Kerja Alat	22
4.3 Perancangan Perangkat Keras.....	22
4.3.1 Spesifikasi Alat.....	22
4.3.2 <i>Continous Rotation Servo Motor</i>	24
4.3.3 Sensor LDR	24
4.3.4 Modul Arduino Mega 2560.....	24
4.4 Perancangan Kontroler.....	26
4.4.1 <i>Hand Tuning</i> Kontroler PID.....	26
4.4.2 Tuning Eksperimen	26
4.5 Perancangan Perangkat Lunak	28
4.5.1 <i>Flowchart</i> Sistem Keseluruhan	28
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	29
5.1 Pengujian Sensor LDR	29
5.2 Pengujian Kecepatan <i>Continuous Rotation Servo Motor</i>	31
5.3 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	34
5.4 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Gangguan.....	36
BAB VI PENUTUP	38
6.1 Kesimpulan.....	38
6.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tanaman Anggrek.....	5
Gambar 2.2	Arduino Mega 2560	9
Gambar 2.3	<i>Continuous Rotation Servo Motor</i>	10
Gambar 2.4	Cara Kerja Motor DC	11
Gambar 2.5	<i>Light Dependent Resistor (LDR)</i>	12
Gambar 2.6	Grafik Hubungan Resistansi LDR dan Intensitas Cahaya	13
Gambar 2.7	Diagram Blok Kontroler <i>Propositional</i>	14
Gambar 2.8	Diagram Blok Kontroler <i>Integral</i>	15
Gambar 2.9	Diagram Blok Kontroler <i>Differensial</i>	16
Gambar 2.10	Diagram Blok Kontroler PID	17
Gambar 4.1	Blok Diagram Sistem	21
Gambar 4.2	Miniatur Tempat Pengembangbiakan	23
Gambar 4.3	Penempatan <i>Continuous Rotation Servo Motor</i>	23
Gambar 4.4	Penempatan Sensor LDR	24
Gambar 4.5	Desain Sistem Arduino Mega 2560	25
Gambar 4.6	<i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem	28
Gambar 5.1	Rangkaian Pengujian Sensor <i>Light Dependent Resistor</i>	30
Gambar 5.2	Grafik Hubungan Antara Intensitas Cahaya(lux) dan Analog Read Arduino	31
Gambar 5.3	Rangkaian Pengujian <i>Continuous Rotation Servo Motor</i>	32
Gambar 5.4	Grafik Hubungan PWM Dengan Kecepatan Motor	34
Gambar 5.5	Miniatur Alat Pengendali Intensitas Cahaya Pada Tanaman Anggrek.....	35
Gambar 5.6	Grafik Respon Sistem Keseluruhan	35
Gambar 5.7	Grafik Respon Sistem Keseluruhan Dengan Gangguan	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Intensitas Cahaya Tanaman Anggrek 8

Tabel 4.1 Fungsi Pin Arduino Mega 256025

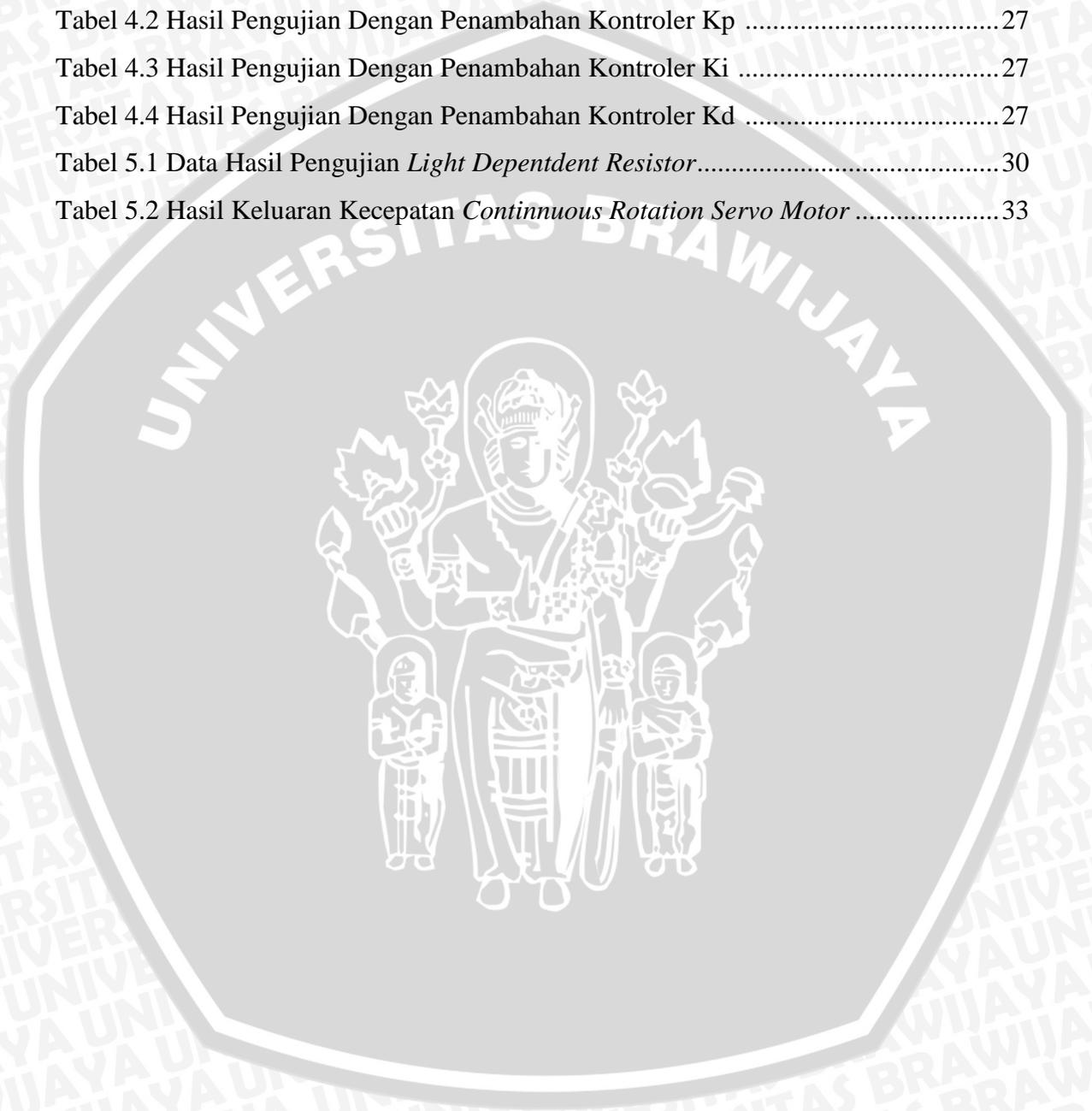
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Dengan Penambahan Kontroler Kp27

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Dengan Penambahan Kontroler Ki27

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Dengan Penambahan Kontroler Kd27

Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian *Light Dependent Resistor*.....30

Tabel 5.2 Hasil Keluaran Kecepatan *Continuous Rotation Servo Motor*33



ABSTRAK

Cornelius Johar S. M., Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Maret 2015, Sistem Pengendali Intensitas Cahaya Pada Tanaman Anggrek Menggunakan Kontroler PID Berbasis Arduino Mega 2560, Dosen Pembimbing: Ir. Retnowati. MT., Dr. Ir. Bambang S, MT.

Anggrek merupakan tanaman yang membutuhkan cahaya matahari dengan intensitas tertentu. Kekurangan intensitas cahaya matahari akan menyebabkan proses asimilasi berkurang, sedangkan terlalu banyak intensitas cahaya akan menyebabkan *fitodestruktif* pada tanaman. Oleh karena itu para pengembang biak tanaman anggrek mengambil solusi memberikan naungan pada tanamannya. Namun naungan ini hanya berfungsi mengurangi intensitas cahaya yang masuk sehingga dalam cuaca mendung jumlah intensitas cahaya matahari yang diterima oleh tanaman anggrek akan berkurang pula. Maka dalam penelitian ini dilakukan penyempurnaan dengan memberikan sirip sebagai pengganti naungan pada pengembangbiakan tanaman anggrek. Sirip ini dapat terbuka atau tertutup sehingga intensitas cahaya di dalam tempat pengembangbiakan dapat dikontrol. Sensor LDR digunakan untuk membaca intensitas cahaya yang masuk dan sirip digerakkan oleh *Continuous Rotation Servo Motor* dengan kontrol PID. *Setpoint* intensitas cahaya yang digunakan adalah 65 lux. Sensor LDR diletakkan di dalam tempat pengembangbiakan dan akan membaca intensitas cahaya, dimana apabila intensitas cahaya kurang dari *setpoint* maka sirip akan bergerak terbuka dan apabila lebih dari *setpoint* maka sirip akan bergerak menutup. Dari hasil perancangan dan pengujian alat yang telah dilakukan, didapatkan parameter PID dengan metode *hand tuning* yang paling baik yaitu $K_p=5,5$; $K_i=1,2$;dan $K_d=0$ dengan *settling time* selama 414 ms dan *error steady state* sebesar 0,839876%.

Kata kunci: Anggrek, PID, LDR, Intensitas Cahaya.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan pasar akan bunga hias anggrek terus meningkat. Khususnya dalam hal permintaan untuk keperluan dekorasi pada acara – acara tertentu maupun untuk hiasan di rumah. Hal ini membuat para petani tanaman hias berupaya membuat tempat pengembangbiakan tanaman anggrek ini. Tempat pengembangbiakan diupayakan sesuai dengan habitat alami anggrek. Salah satu parameter yang harus diperhatikan dalam pengembangbiakan tanaman anggrek adalah intensitas cahaya matahari. Bila cahaya matahari kurang, karena tanaman anggrek berada dalam keadaan terlalu teduh, maka proses asimilasi akan berkurang, sehingga hidrat arang sebagai hasil proses tersebut juga kurang jumlahnya yang akan menyebabkan tanaman anggrek tumbuh dengan lambat. Sedangkan intensitas cahaya yang semakin tinggi mengakibatkan lalu *fotosintesis* semakin tidak bertambah lagi walaupun intensitas cahaya terus bertambah. Batas ini disebut titik saturasi cahaya atau titik jenuh cahaya (*ligh saturation point*). Pada keadaan ini cahaya bukan sebagai sumber energi maupun sebagai bentuk, tetapi sebagai perusak (*photodestruktif*). Intensitas cahaya yang tinggi mengakibatkan temperatur daun meningkat, sebagai akibat menutupnya stomata, sehingga sebageian klorofil menjadi pecah dan rusak..

Solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memberikan naungan pada tempat pengembangbiakan tanaman anggrek. Naungan ini berfungsi mengurangi intensitas cahaya matahari yang menyinari tanaman anggrek. Tetapi naungan pada umumnya bersifat *statis* terhadap perubahan cuaca, adapun naungan yang bersifat *dinamis* membutuhkan bantuan manusia dalam mengurangi atau menambah intensitas di dalam tempat pengembangbiakan. Sehingga perbedaan pada tempat pengembangbiakan kali ini adalah mengganti naungan dengan sirip yang dapat membuka dan menutup secara otomatis sesuai dengan kondisi intensitas cahaya pada tempat pengembangbiakan. Penelitian skripsi ini adalah untuk mendesain dan membangun tempat pengembangbiakan tanaman anggrek yang intensitas cahayanya dapat dikontrol sampai dengan *set*

point yang diinginkan. Dengan mengatur intensitas cahaya tersebut, diharapkan dapat memberikan intensitas cahaya yang tepat untuk pertumbuhan tanaman anggrek yang optimal meskipun kondisi cuaca berubah - ubah.

Sistem kontrol yang digunakan pada laporan pengembangan ini adalah *Proporsional Integral Differential* (PID). PID adalah kontroler yang merupakan gabungan dari kontroler *proporsional*, kontroler *integral* dan kontroler *differensial*. Gabungan dari ketiga kontroler ini diharapkan agar mendapat keluaran sistem yang stabil karena bisa saling menutupi kekurangan. Keuntungan dari kontroler PID adalah merupakan sebuah sistem yang sederhana sehingga lebih cepat dalam mengambil sebuah keputusan. Diharapkan dengan menggunakan kontroler PID performa sistem yang didapatkan menjadi stabil, reaksi sistem yang di dapatkan menjadi lebih cepat, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar. Dengan menggunakan kontroler PID maka osilasi pada motor diharapkan dapat berkurang sehingga hasil sama seperti yang di inginkan, dan keunggulan dari laporan pengembangan ini adalah intensitas cahaya pada tanaman anggrek tersebut dapat dipertahankan sesuai dengan yang di inginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem pengaturan intensitas cahaya pada tanaman anggrek menggunakan controller PID ?
2. Bagaimana merancang *hardware* dan *software* sistem pengaturan intensitas cahaya pada tanaman anggrek menggunakan controller PID ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar tidak melebar nya masalah yang dibahas dalam pembuatan miniatur ini, maka penulis membatasi permasalahan yang dibahas, yaitu:

1. Sistem ini merupakan model miniatur pembiakan tanaman anggrek dengan desain sendiri.
2. *Setpoint* yang ditentukan sebesar 65 lux
3. Sensor yang digunakan adalah 1 sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

4. Digunakan 1 motor jenis *Continuous Rotation Servo Motor*.
5. Metode kontrol yang digunakan adalah dengan metode *hand tuning* PID.
6. Pembahasan ditekankan pada penggunaan kontroler PID pada sistem, untuk masalah elektrik dan sistematis tidak dibahas secara mendalam.

1.4 Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah untuk merancang sistem pengendalian intensitas cahaya pada tanaman anggrek menggunakan sensor cahaya LDR dengan kontrol PID berbasis Arduino Mega 2560, yang dapat menggerakkan *Continuous Rotation Servo Motor* untuk mengatur gerak sirip sehingga intensitas cahaya yang masuk dalam tempat pengembangbiakan sesuai dengan intensitas cahaya yang dibutuhkan tanaman anggrek.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dari penulisan skripsi ini adalah:

BAB I Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III Metodologi

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

BAB IV Perancangan Sistem

Perancangan alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan pembuatan alat.

BAB V Pengujian Alat

Membahas hasil pengujian sistem dan analisa data secara keseluruhan terhadap alat yang telah direalisasikan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Menjelaskan tentang pengambilan kesimpulan sesuai dengan hasil perancangan dan pengujian alat serta saran-saran yang diperlukan untuk melakukan pengembangan aplikasi selanjutnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan dari sistem yang dibuat, maka perlu adanya penjelasan dan uraian mengenai teori penunjang yang digunakan dalam skripsi ini. Teori penunjang yang akan dibahas dalam bab ini adalah:

- Anggrek
- Arduino Mega 2560
- *Continuous Rotation Servo Motor*
- Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)
- Kontroler *Proporsional Integral Differensial* (PID)

2.1 Anggrek

Tanaman anggrek dengan nama ilmiah *Orchidaceae* memiliki kurang lebih 700 genera yang mencakup sekitar 20.000 spesies dan bahkan ada yang menduga sampai 35.000 spesies. Di Indonesia sendiri dilaporkan terdapat kurang lebih 5.000 spesies. Penggemar tanaman hias menyukai anggrek karena bunganya yang indah dengan warna beragam mulai dari merah, kuning, biru, hijau, coklat, ungu dan masih banyak variasi warna yang lainnya. Selain itu bunga tanaman anggrek memiliki aroma yang harum dan dapat bertahan lama, untuk anggrek bulan (*Phalaenopsis*) contohnya, bunga dapat bertahan sampai dengan 5 bulan. Penampakan dari tanaman anggrek dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Tanaman Anggrek

Indonesia yang berada di garis katulistiwa dan beriklim tropis mempunyai ekologi yang beraneka ragam, dari iklim hangat seperti dekat pantai, iklim sedang seperti dikaki gunung hingga iklim sejuk dipuncak gunung. Hal ini memudahkan Indonesia dalam pembudidayaan beraneka ragam anggrek dari seluruh dunia, mulai dari anggrek iklim tropis sampai dengan iklim sub-tropis.

Terdapat banyak faktor lingkungan yang mempengaruhi tanaman anggrek sehingga dapat tumbuh secara optimal dan rajin berbunga. Faktor-faktor ini terbagi dalam dua bagian yakni faktor makro dan faktor mikro. Faktor makro meliputi Intensitas cahaya, suhu udara, dan kelembaban. Sedangkan faktor mikro meliputi unsur hara, tekstur tanah, struktur media, komposisi larutan, dan komposisi udara media terutama O₂ dan CO₂.

Anggrek untuk hidupnya mutlak membutuhkan cahaya matahari. Namun kebutuhan tanaman anggrek terhadap intensitas cahaya matahari berbeda-beda tergantung dari jenisnya, ada yang membutuhkan cahaya matahari yang banyak, tetapi ada pula jenis yang membutuhkan hanya sedikit.

Intensitas cahaya berpengaruh nyata terhadap sifat morfologi tanaman anggrek. Tanaman yang mendapatkan cahaya matahari dengan intensitas yang tinggi menyebabkan lilit batang tumbuh lebih cepat, susunan pembuluh kayu lebih sempurna, internodianya lebih pendek, daun lebih tebal, tetapi ukurannya lebih kecil dibanding dengan tanaman yang terlindung. Beberapa efek dari cahaya matahari yang melebihi kebutuhan optimum tanaman dapat menyebabkan tanaman menjadi layu, fotosintesis lambat, laju respirasi meningkat namun cenderung mempertinggi daya tahan tanaman.

Tanaman yang kurang mendapatkan cahaya matahari akan mempunyai akar yang pendek, proses asimiliasi akan berkurang, sehingga hidrat arang sebagai proses tersebut juga kurang jumlahnya. Hidrat arang ini akan diangkut melalui pembuluh tapis untuk menghasilkan energi. Bila tanaman kurang menghasilkan hidrat arang maka energipun hanya sedikit saja, sedangkan energi diperlukan akar untuk menyerap air dan zat hara dan mendorong kebagian yang lainnya

Dalam keadaan terlalu teduh tanaman membentuk sel yang besar tapi gembos, karena encernya protoplasma di dalam sel tanamannya. Tanaman akan

memiliki ruas-ruas yang panjang karena tanaman ingin mengejar matahari dengan cepat, tanaman anggrek akan terlihat pucat dan lemah. Tanaman akan lebih mudah menguapkan air karena kutikula (lapisan lilin) pada permukaan daun sangat tipis

Cahaya matahari dengan assimilasinya akan menyebabkan hidrat arang pada suatu waktu mencapai nilai ambang yang merupakan rangsangan untuk tanaman anggrek dapat berbunga. Dengan keteduhan yang berlebihan, maka nilai ambang ini tidak akan tercapai, sehingga bungapun tidak dihasilkan. Banyak pemilik tanaman anggrek mengeluh bahwa tanamannya telah dipelihara bertahun-tahun dengan sungguh-sungguh, tetapi tidak menghasilkan bunga yang memuaskan

Disamping itu intensitas cahaya matahari mempengaruhi kualitas bunga, Intensitas cahaya yang kurang mengakibatkan warna bunga tidak secerah bunga yang cukup cahaya matahari. Tekstur atau ketebalan bunga tidak seberapa sehingga bunga mudah sekali layu dan cepat gugur.

Dalam proses fotosintesis, cahaya berpengaruh melalui intensitas, kualitas dan lamanya penyinaran, tetapi yang terpenting adalah intensitasnya. Intensitas cahaya berpengaruh besar pada pembersihan dan differensiasi sel.

Sehubungan dengan laju fotosintesis, intensitas cahaya yang semakin tinggi mengakibatkan laju fotosintesis semakin tidak bertambah lagi walaupun intensitas cahaya terus bertambah. Batas ini disebut titik saturasi cahaya atau titik jenuh cahaya (*light saturation point*). Pada keadaan ini cahaya bukan sebagai sumber energi maupun sebagai bentuk energi, tetapi sebagai perusak pada tanaman (*photodestruktif*). Intensitas cahaya yang tinggi mengakibatkan temperatur daun meningkat sebagai akibat menutupnya stomata, sehingga sebageian klorofil menjadi pecah dan rusak. Sedangkan pada intensitas cahaya yang semakin menurun pada sampai batas tertentu jumlah O_2 yang dikeluarkan oleh proses fotosintesis sama dengan jumlah O_2 yang diperlukan oleh proses respirasi. Batas ini disebut titik kompensasi cahaya (*light compensation point*)

Pemberian naungan pada tanaman anggrek baik secara alami dan buatan, akan berarti mengurangi intensitas cahaya yang diterima oleh tanaman tersebut, hal ini akan mempengaruhi pertumbuhan maupun hasil tanaman. Secara garis

besar kriteria intensitas cahaya tanaman anggrek dibagi dalam 3 kategori seperti terlihat pada Tabel 2.1.

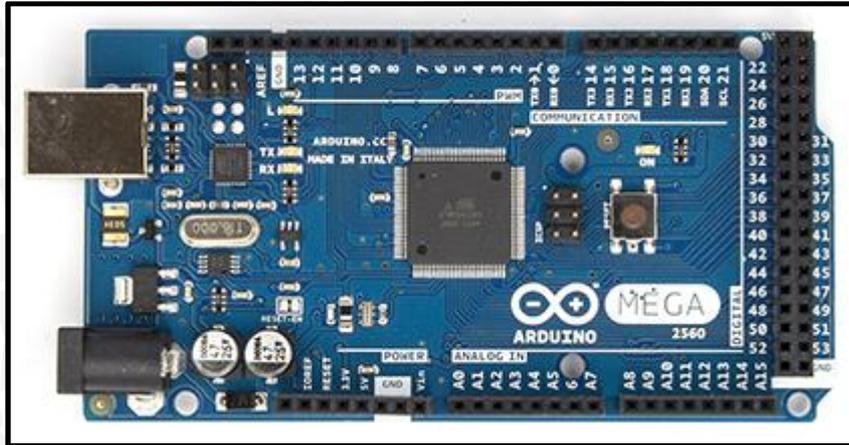
Tabel 2.1 Kriteria Intensitas Cahaya Tanaman Anggrek

<i>Light Intensity</i>	<i>Criteria</i>	<i>Luxmeter</i>
<i>heavy shade</i>	<i>low light intensity</i>	<35 lux
<i>open shade</i>	<i>medium light intensity</i>	35 - 70 lux
<i>open shade</i>	<i>hight light intensity</i>	>70 lux

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa anggrek pada kategori naungan berat (*heavy shade*) dengan kriteria intensitas cahaya rendah (*low light intensity*) membutuhkan intensitas cahaya kurang dari 35 lux agar dapat hidup dengan optimal, contoh dari anggrek jenis ini adalah *Paphiopedilum*. Pada kategori naungan terbuka (*open shade*) dengan kriteria intensitas cahaya sedang (*medium light intensity*) membutuhkan intensitas cahaya antara 35 - 70 lux agar dapat hidup dengan optimal, contoh dari anggrek jenis ini adalah *Aerides*, *Vanda*, *Phalaenopsis* dan *Cattleya*. Sedangkan anggrek pada kategori matahari penuh (*open shade*) dengan kriteria intensitas cahaya tinggi (*hight light intensity*) membutuhkan intensitas cahaya lebih dari 70 lux agar dapat hidup dengan optimal, contoh dari anggrek jenis ini adalah *Dendrobium* dan *Oncidium*.

2.2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah *board* Arduino Mega versi terbaru, yang merupakan perbaikan dari *board* terdahulunya yaitu arduino Mega 1280. Arduino Mega 2560 memiliki 54 digital *input / output* (dengan 14 pin yang dapat digunakan sebagai *output* PWM (*Pulse Width Modulation*)), 16 *input* analog, 4 UART (*Universal Asynchronous Receiver / Transmitter*), kristal 16 MHz osilator, koneksi USB, jack listrik, *header* ICSP (*in-circuit serial programming*), dan tombol reset. Bentuk Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Arduino Mega 2560

2.2.1 Daya

Arduino mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya akan dipilih secara otomatis. Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan sebuah 2.1 mm konektor pusat-positif ke colokan listrik *board*.

Modul dapat beroperasi pada pasokan eksternal 6 sampai 20 volt. Jika disertakan dengan kurang dari 7V, pin 5V dapat menyediakan kurang dari lima volt dan modul mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak modul. Kisaran yang disarankan adalah 7 sampai 12 volt.

2.2.2 Memori

Atmega 2560 memiliki 256 KB memori flash untuk menyimpan kode dengan 8 KB digunakan untuk bootloader, 8 KB SRAM (*Static Random Access Memory*) dan 4 KB EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*).

2.2.3 Input Dan Output

Masing-masing dari 54 digital pin pada Mega dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan *pinMode ()*, *digitalWrite ()*, dan *digitalRead ()*. Dengan 14 pin yang dapat digunakan sebagai output PWM (*Pulse Width Modulation*) menyediakan 8-bit PWM *output* dengan fungsi *analogWrite ()*.

2.2.4 Komunikasi

Arduino Mega 2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega2560 ini menyediakan empat UART *hardware* untuk komunikasi serial. LED (*Light-Emitting Diode*) akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui ATmega8U2/ATmega16U2 koneksi Chip dan USB ke komputer.

2.3 *Continous Rotation Servo Motor*

Berbeda dari Motor Servo Standar, *Continous Rotation Servo Motor* adalah motor servo yang mampu berputar melebihi sudut 180° . Servo ini mampu bekerja dua arah CW (*Clock Wise*) dan CCW (*Counter Clock Wise*) sebesar 360° . Di mana arah dan kecepatan pergerakan dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Gambar 2.3 menunjukkan gambar fisik *Continous Rotation Servo Motor*.



Gambar 2.3 *Continous Rotation Servo Motor*

Prinsip kerja *Continous Rotation Servo Motor* sama seperti prinsip kerja dari motor DC yaitu sesuai dengan hukum kemagnetan Lorentz, yaitu membangkitkan fungsi magnet pada suatu konduktor berarus dalam medan magnet sehingga timbul ggl induksi. Setiap arus yang mengalir melalui sebuah konduktor akan menimbulkan medan magnet. Arah medan magnet dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri.

Kaidah tangan kiri untuk motor menunjukkan arah arus yang mengalir didalam sebuah konduktor yang berada dalam medan magnet. Jari tengah menunjukkan arah arus yang mengalir pada konduktor, jari telunjuk menunjukkan

arah medan magnet dan ibu jari menunjukkan arah medan putar. Adapun besarnya gaya yang bekerja pada konduktor tersebut dapat dirumuskan dalam persamaan (2.1). Cara kerja motor DC ditunjukkan pada Gambar 2.4.

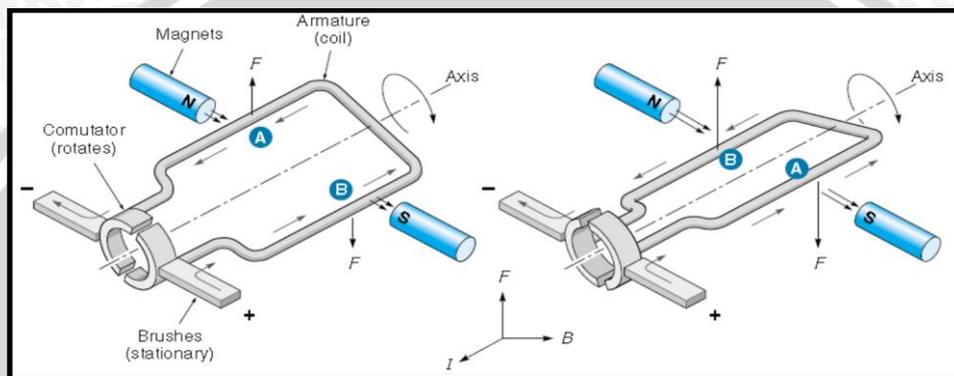
$$F = B \cdot I \cdot L \text{ (Newton)} \quad (2.1)$$

Di mana :

B = kerapatan fluks magnet (*weber*)

L = panjang konduktor (*meter*)

I = arus listrik (*ampere*)



Gambar 2.4 Cara Kerja Motor DC

Gambar 2.4 adalah ilustrasi cara kerja motor DC yang mempunyai satu lilit kawat a-b berada di dalam medan magnet. Lilitan ini dapat berputar dengan bebas, lilitan ini biasa disebut dengan jangkar (*armature*).

Pada jangkar diberikan arus yang berasal dari sumber yang terhubung dengan sikat (*brushes*). Sikat-sikat ini terpasang pada sebuah cincin yang terbelah dua, yang disebut cincin belah (*commutator*). Adapun tujuan dari konstruksi ini adalah agar lilitan kawat dapat berputar apabila ada arus listrik yang melewatinya.

Pada kawat yang berada di kanan arus mengalir dari depan ke belakang. Pada kawat yang berada di bagian kiri, arus mengalir dari belakang ke depan kawat a dan b secara bergantian berada di kiri dan kanan. Karena itu arah arus di a dan arah arus di b selalu bersifat bolak-balik. Pembalikan arah arus itu terjadi pada saat lilitan kawat melintasi posisi *vertical*.

Bagian *commutator* berfungsi sebagai penyearah mekanik. Fluksi magnet yang ditimbulkan magnet permanen disebut medan magnet motor. Dalam gambar 2.4 arah *fluks magnetic* adalah dari kiri ke kanan. Adapun gaya yang bekerja pada penghantar b adalah ke atas, sementara gaya yang bekerja pada penghantar a

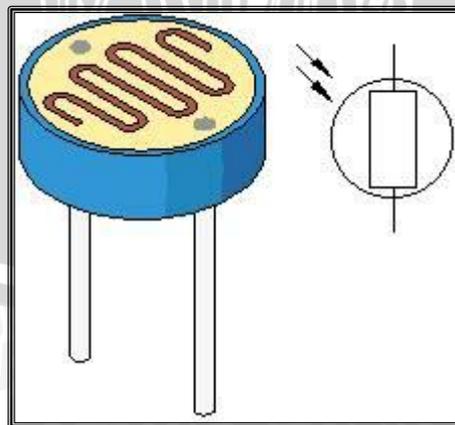
adalah ke bawah. Gaya-gaya yang bekerjasama kuatnya, sehingga terdapat kopel yang bekerja pada kawat sehingga lilitan jangkar dapat berputar. Setelah berputar 180° arah arus berbalik, pada saat itu penghantar a dan b bertukar tempat. Akibatnya arah gerak putaran tidak berubah.

2.4 Sensor *Light Dependent Resistor (LDR)*

Light Dependent Resistor (LDR) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung pada besar kecilnya intensitas cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. LDR sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya.

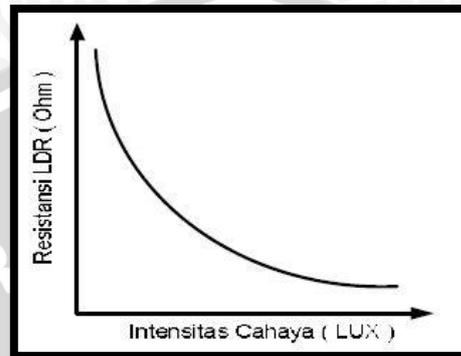
Biasanya LDR terbuat dari *cadmium sulfida* yaitu merupakan bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut banyanya intensitas cahaya yang mengenainya. Prinsip kerja LDR adalah jika ada cahaya yang mengenai bahan semikonduktor pada LDR maka cahaya tersebut akan memberikan energi pada semikonduktor yang akan diserap oleh ikatan elektron.

Energi ini memutuskan ikatan antara atom-atom sehingga elektron menjadi lepas dari ikatan dan bebas untuk bergerak dalam LDR. Hal ini mengakibatkan sejumlah arus besar mengalir dalam semikonduktor. Dengan demikian resistansi dari LDR akan berkurang dengan bertambahnya intensitas cahaya. Bentuk fisik dan simbol LDR dapat dilihat seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. *Light Dependent Resistor (LDR)*

LDR mempunyai karakteristik berupa nilai resistansi yang berubah-ubah sesuai dengan banyaknya cahaya yang jatuh padanya. Nilai resistansinya semakin tinggi ketika tidak terkena cahaya tetapi nilai resistansinya akan turun dengan drastis ketika LDR terkena cahaya. Grafik hubungan resistansi LDR terhadap intensitas cahaya ditunjukkan Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Grafik Hubungan Resistansi LDR Dengan Intensitas Cahaya

2.5 Kontroler

Sistem pengendalian dirancang untuk melakukan dan menyelesaikan tugas tertentu. Syarat utama sistem pengendalian adalah harus stabil. Di samping kestabilan mutlak, maka sistem harus memiliki kestabilan secara relatif, yakni tolak ukur kualitas kestabilan sistem dengan menganalisis sampai sejauh mana batas-batas kestabilan sistem tersebut jika dikenai gangguan (Ogata K.,1997). Selain itu analisis juga dilakukan untuk mengetahui bagaimana kecepatan sistem dalam merespon *input* dan peredamannya terhadap adanya lonjakan (*over shoot*).

Suatu sistem dikatakan stabil, jika diberi gangguan maka sistem tersebut akan kembali ke keadaan *steady state* yaitu *output* berada dalam keadaan tetap seperti tidak ada gangguan. Sistem dikatakan tidak stabil, jika *output* beresilasi terus menerus ketika dikenai suatu gangguan. Karena suatu sistem pengendalian biasanya melibatkan penyimpanan energi maka *output* sistem ketika diberi suatu *input*, tidak dapat mengikuti *input* secara serentak, tapi menunjukkan respons transien berupa suatu osilasi teredam sebelum mencapai *steady state*.

Dalam sistem pengendalian terdapat 2 macam *loop*:

1. Pengendalian dengan *loop* terbuka

Sistem kontrol *loop* terbuka adalah sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh pada aksi pengontrolan. Jadi pada sistem kontrol *loop* terbuka, keluaran tidak diukur atau diumpam balik untuk dibandingkan dengan masukan.

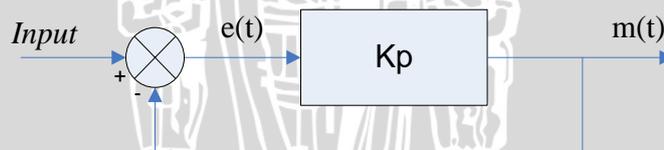
2. Pengendalian dengan *loop* tertutup

Sistem kontrol *loop* tertutup adalah sistem kontrol yang keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Disebut juga sistem kontrol yang menggunakan umpan balik untuk memperkecil kesalahan sistem.

2.5.1 Kontroler *Proporsional*

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

Pada Gambar 2.7 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara *input* (besaran referensi yang diinginkan), besaran aktual dengan besaran keluaran kontroler *proporsional*, dan besaran kesalahan (*error*). Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya.



Gambar 2.7 Diagram Blok Kontroler *Proporsional*

Pada pengendali proporsional hubungan antara keluaran kontroler $m(t)$ dan sinyal kesalahan $e(t)$ adalah

$$m(t) = K_p e(t) \quad (2.3)$$

dengan K_p adalah penguatan proporsional. Keluaran $m(t)$ hanya tergantung pada K_p dan *error*, semakin besar *error* maka semakin besar koreksi yang dilakukan. Penambahan K_p akan menaikkan penguatan sistem sehingga

dapat digunakan untuk memperbesar kecepatan respon dan mengurangi kesalahan keadaan mantap.

2.5.2 Kontroler Integral

Kontroler integral berfungsi mengurangi kesalahan keadaan mantap yang dihasilkan pada kontroler proporsional sebelumnya. Kalau sebuah plant tidak memiliki unsur integrator ($1/s$), kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol.

Kontroler *integral* memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroler ini merupakan jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Gambar 2.8 menunjukkan blok diagram kontroler integral.



Gambar 2.8 Diagram Blok Kontroler Integral

Nilai keluaran kontroler $m(t)$ sebanding dengan integral sinyal kesalahan $e(t)$,

Sehingga

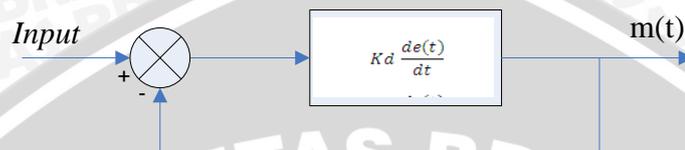
$$\frac{dm(t)}{dt} = Ki \cdot e(t) \quad (2.4)$$

$$m(i) = Ki \int_0^t e(t) dt \quad (2.5)$$

dengan Ki adalah konstanta integral. Jika sinyal kesalahan $e(t)=0$, maka laju perubahan sinyal kendali integral $\frac{dm(t)}{dt} = 0$ atau sinyal keluaran kendali akan tetap berada pada nilai yang dicapai sebelumnya. Aksi control integral digunakan untuk menghilangkan kesalahan posisi dalam keadaan mantap (*error steady state*) tanpa memperhitungkan kecepatan respon.

2.5.3 Kontroler *Differensial*

Kontroler *differensial* memiliki sifat seperti halnya suatu operasi *derivatif*. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 2.9 berikut menunjukkan blok diagram pada kontroler *differensial*.



Gambar 2.9 Blok Diagram Kontroler *Differensial*

Nilai keluaran kontroler $m(t)$ sebanding laju sinyal kesalahan $\frac{de(t)}{dt}$.

Hubungan ini dapat ditulis sebagai:

$$m(t) = Kd \frac{de(t)}{dt} \quad (2.6)$$

Kontroler diferensial akan memberikan sinyal kendali keluaran $m(t) = 0$, untuk sinyal kesalahan $e(t)$ yang konstan sehingga kontroler diferensial tidak mempengaruhi keadaan mantap. Kontroler diferensial digunakan untuk memperbaiki atau mempercepat respon transien sebuah sistem serta dapat meredam osilasi.

Berdasarkan karakteristik kontroler tersebut, kontroler diferensial umumnya dipakai untuk mempercepat respon awal suatu sistem, tetapi tidak memperkecil kesalahan pada keadaan tunaknya. Kerja kontroler diferensial hanyalah efek dari lingkup yang sempit, yaitu pada periode peralihan. Oleh sebab itu kontroler *differensial* tidak bisa digunakan tanpa ada kontroler lain.

2.5.4 Kontroler *Proporsional Integral Differensial* (PID)

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontroler proporsional integral differensial (PID). Elemen-elemen kontroler P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan *offset* dan menghasilkan perubahan awal yang besar (Gunterus, 1994, 8-10).

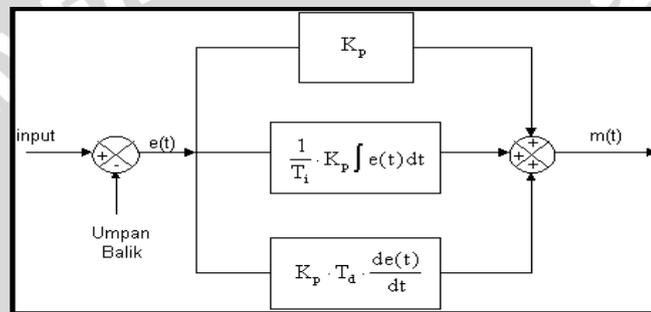
Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.7)$$

Dalam transformasi Laplace dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s \right) \quad (2.8)$$

Jenis kontroler ini digunakan untuk memperbaiki kecepatan respon, mencegah terjadinya kesalahan keadaan mantap serta mempertahankan kestabilan. Kontroler PID memiliki diagram kendali seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Diagram Blok Kontroler PID

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti. Sumber literatur diperoleh dari buku, jurnal, serta studi terhadap penelitian terdahulu yang terkait dengan topik utama dalam penelitian.

3.2 Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara umum ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut :

- Ukuran miniatur tempat pengembangbiakan tanaman anggrek dengan panjang 60 cm, tinggi 40 cm dan lebar 30 cm.
- Menggunakan satu buah *continuous rotation servo motor* sebagai penggerak.
- Menggunakan satu buah *light dependent resistor* sebagai sensor intensitas cahaya..
- Mikrokontroler yang digunakan Arduino Mega 2560.
- Kontroler yang digunakan adalah kontroler PID.

3.3 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan.

Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

1. Penentuan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan.
2. Kontroler PID dan rangkaian elektronik pendukung.
3. Perancangan program pada Mikrokontroler sebagai pusat pengontrol dengan kontroler PID.

3.4 Realisasi Pembuatan Sistem

3.4.1 Perangkat Keras

Komponen utama perangkat keras adalah desain miniatur tempat pengembangbiakan tanaman anggrek, *continuous rotation servo motor*, pendeteksi intensitas cahaya dalam tempat pengembangbiakan menggunakan *light dependent resistor* (LDR) dan Mikrokontroler Arduino Mega 2560.

3.4.2 Perangkat Lunak

Pembuatan perangkat lunak (*software*) dilakukan dengan pembuatan *flowchart* terlebih dahulu, kemudian dilakukan perancangan program pada software Arduino Mega 2560 sebagai pusat pengontrol dengan kontrol PID.

3.5 Pengujian Alat

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan diagram blok sistem yang telah dirancang dan perangkat lunak untuk mendukung sistem telah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa alat. Metode pengujian alat adalah sebagai berikut

1. Menguji pada tiap-tiap blok rangkaian.
2. Menggabungkan beberapa blok rangkaian menjadi sebuah sistem.
3. Mengadakan pengujian sistem secara keseluruhan.
4. Mengevaluasi hasil pengujian sistem secara keseluruhan

3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian sistem secara keseluruhan. Jika hasil yang didapatkan telah sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya, maka sistem kendali tersebut telah berhasil memenuhi harapan dan tentunya memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk penyempurnaan.

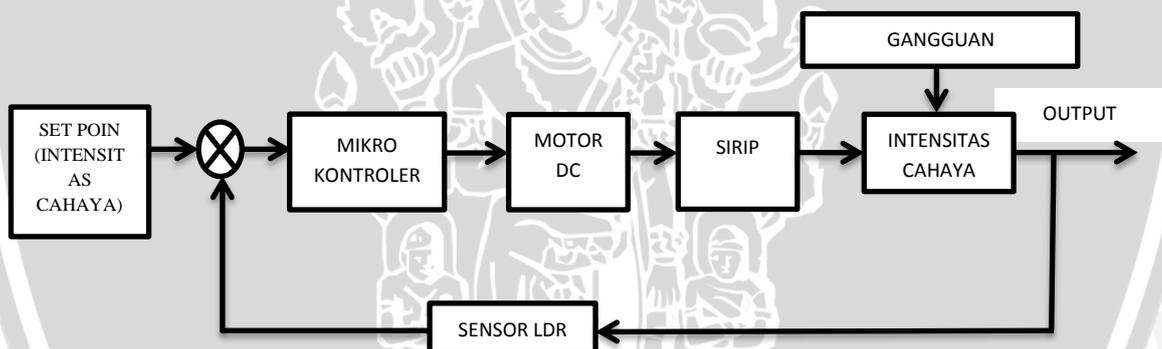


BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan dan pembuatan dalam skripsi ini bertujuan untuk merancang beberapa perangkat maupun alat secara keseluruhan. Perancangan perangkat tersebut meliputi perancangan perangkat keras maupun perancangan perangkat lunak. Sedangkan pembuatan bertujuan untuk menghasilkan semua perangkat pendukung maupun alat secara keseluruhan.

4.1 Diagram Blok Sistem

Pada perancangan alat diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja sesuai dengan rencana. Blok diagram tersebut dapat dilihat dari Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem

Keterangan dari blok diagram pada Gambar 4.1 adalah sebagai berikut :

- *Set point* sistem berupa intensitas cahaya dengan satuan lux.
- Sensor kecepatan yang digunakan berupa *Light Dependent Resistor* (LDR) yang berfungsi membaca intensitas cahaya yang masuk ke dalam tempat pengembangan dan akan memberikan masukan berupa data digital ke Arduino Mega 2560.
- Pusat pengendalian sistem menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang memberikan keluaran berupa *pulse width modulation* (PWM) kepada *Continuous Rotation Servo Motor*.

- Motor yang digunakan adalah *Continuous Rotation Servo Motor* yang bergerak secara linier dan berfungsi sebagai driver sirip pengendali intensitas cahaya.
- Sirip pengendali intensitas cahaya bergerak membuka atau menutup sesuai dengan kondisi intensitas cahaya di dalam tempat pengembangbiakan dan berfungsi sebagai aktuator

4.2 Prinsip Kerja Alat

Cara kerja alat adalah sebagai berikut :

- Port komunikasi antara Arduino Mega 2560 dan PC menggunakan perantara kabel USB dengan kecepatan transfer data sebesar 9600 bps.
- *Light Dependent Resistor* (LDR) sebagai sensor intensitas cahaya pada tempat pengembangbiakan. Sensor LDR akan memberikan keluaran berupa data analog yang berubah-ubah sesuai dengan perubahan intensitas cahaya.
- Data analog yang masuk ke dalam mikrokontroler dikonversi ke dalam data digital kemudian diproses menjadi sinyal control berupa PWM.
- Sinyal control dari mikrokontroler masuk ke *Continuous Rotation Servo Motor* yang berfungsi sebagai aktuator.
- *Continuous Rotation Servo Motor* yang menggerakkan sirip akan bergerak menutup atau membuka sirip agar cahaya yang masuk ke dalam tempat pengembangbiakan sesuai dengan set point yang ditetapkan.
- *Continuous Rotation Servo Motor* akan berhenti bergerak saat kuat cahaya mencapai setpoint yang diinginkan.

4.3 Perancangan Perangkat Keras

Berdasarkan diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perangkat keras meliputi miniatur tempat pengembangbiakan tanaman anggrek, *Continuous Rotation Servo Motor*, sensor LDR, modul Arduino Mega 2560. Di bawah ini adalah penjelasan masing-masing rangkaian penyusun keseluruhan alat.

4.3.1 Spesifikasi Alat

Spesifikasi miniatur tempat pengembangbiakan adalah sebagai berikut :

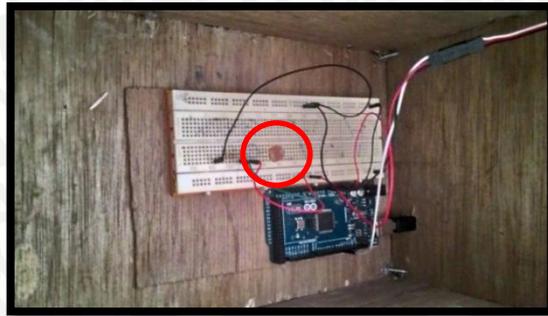
- Miniatur tempat pengembangbiakan berbentuk persegi panjang dengan panjang 50 cm, tinggi 30 cm dan lebar 20 cm. dengan desain sendiri. Dengan atap berbentuk trapesium segitiga siku2 dengan alas dan tinggi segitiga 50 cm dan 10 cm serta tinggi trapezium 20 cm.
- Menggunakan satu buah *Continuous Rotation Servo Motor* sebagai penggerak.
- Sensor kecepatan yang digunakan adalah sensor *Light Dependent Resistor (LDR)* yang dipasang tepat ditengah – tengah tempat pengembangbiakan.
- Model miniatur tempat pengembangbiakan dapat dilihat dalam Gambar 4.2, dan 4.3.
- Penempatan sensor LDR dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.2 Miniatur Tempat Pengembangbiakan



Gambar 4.3 Penempatan *Continuous Rotation Servo Motor*



Gambar 4.4 Penempatan Sensor LDR

4.3.2 *Continuous Rotation Servo Motor*

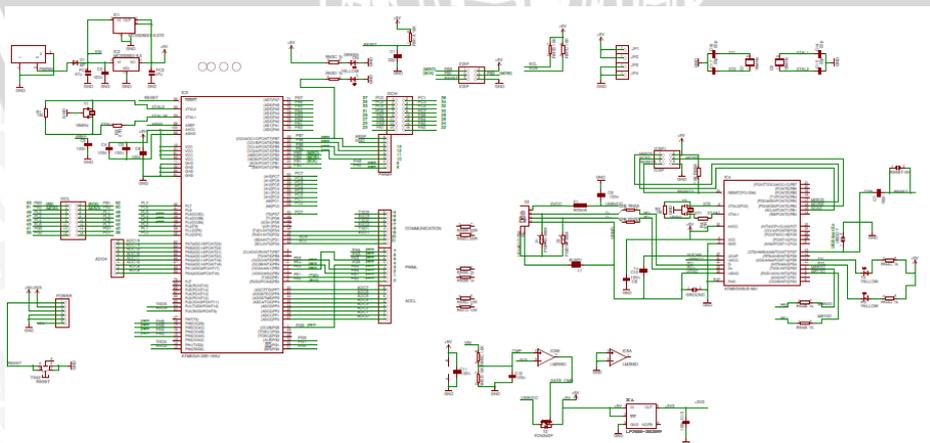
Pengendalian *Continuous Rotation Servo Motor* menggunakan rangkaian Arduino Mega 2560 sebagai pengolah dan memberikan data berupa *Pulse Width Modulation* (PWM) agar motor bergerak. *Continuous Rotation Servo Motor* akan menggerakkan sirip yang berfungsi sebagai aktuator pada sistem.

4.3.3 Sensor LDR

Sensor LDR pada perancangan ini berfungsi sebagai sensor pengukur intensitas cahaya. Keluaran dari sensor LDR ini digunakan sebagai masukan untuk perhitungan algoritma PID yang dirancang. Sensor LDR mampu melakukan pembacaan pada rentang 0-5 volt.

4.3.4 Modul Arduino Mega 2560

Pada miniatur tempat pengembangbiakan ini digunakan Arduino Mega 2560 sebagai pengolah dalam proses pengaturan intensitas cahaya. Konfigurasi kaki I/O dari Arduino Mega 2560 ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Desain Sistem Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah merupakan *board* mikrokontroler berbasis ATmega 2560. Modul ini memiliki 54 digital *input/output* di mana 14 digunakan untuk *output* PWM dan 16 digunakan sebagai analog *input*, 4 untuk UART, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *power jack*, *ICSP Header*, dan tombol reset.

Modul ini memiliki segalanya yang dibutuhkan untuk memprogram mikrokontroler seperti kabel USB dan sumber daya melalui Adaptor ataupun baterai. Pin masukan dan keluaran Arduino Mega 2560 pada perancangan ini akan difungsikan sesuai Tabel 4.1

Tabel 4.1 Fungsi Pin Arduino Mega 2560

No	Pin	Fungsi
1	A0	Masukan LDR
2	PWM 8	Masukan <i>Continuous Rotation Servo Motor</i>
3	GND	Jalur masukan GND seluruh sistem
4	Vin	Jalur masukan 5V seluruh sistem

4.4 Perancangan Kontroler

4.4.1 Hand Tuning Kontroler PID

Kontroler PID dapat di *tuning* dalam beberapa cara, antara lain *ziegler-nichols tuning*, *loop shaping*, metode analitis, optimasi, *pole placement*, *auto tuning* dan *hand tuning* (Smith,1997; Astrom & Hagglund,2004). Pada penelitian kali ini digunakan cara *hand tuning* untuk menentukan besar Kp, Ki dan Kd. Ini dilakukan karena ada kendala untuk melakukan cara lain yang disebutkan di atas. 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 $K_i = 0$ dan $K_d = 0$.
- Mengatur nilai Kp hingga didapatkan respon transient yang cepat, dengan mengabaikan *offset*.
- Naikkan nilai dari Ki untuk mengurangi *error steady state*.
- Naikkan nilai dari Kd untuk mempercepat respon transient.

Dengan menggunakan metode hand *tuning* nilai parameter PID perlu diubah - ubah secara trial dan error agar respon yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan.

4.4.2 *Tuning* Eksperimen

Tuning eksperimen adalah proses yang dilakukan untuk mendapatkan hasil kontroler yang optimal dengan cara suatu percobaan. Inti dari *tuning* eksperimen adalah menentukan nilai dari tiga buah parameter yang terdapat pada kontroler PID yaitu konstanta proporsional (K_p), konstanta integral (K_i) dan konstanta diferensial (K_d).

Dalam menentukan nilai PID dilakukan pengujian pada sistem dengan melihat respon motor yang menggerakkan sirip pada perubahan intensitas cahaya di dalam tempat pengembangbiakan tanaman anggrek, pengujian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Persiapkan minimum sistem yang telah tersambung dengan sensor LDR, motor dan catu daya.
2. Berkas cahaya yang digunakan berasal cahaya langsung matahari.
3. Menentukan set point sistem yakni sebesar 65 lux.
4. Lakukan pengujian dengan cara mengubah – ubah dan mengamati respon sistem terhadap perubahan parameter K_p , K_i , dan K_d .

Hasil dari proses pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian dengan menambahkan kontroler K_p

Pengujian ke	K_p	K_i	K_d	Settling Time	%Ess
1	1	0	0	190 ms	2,0989%
2	3	0	0	182 ms	2,1398%
3	5	0	0	144 ms	2,1306%
4	5,5	0	0	132 ms	2,0715%

Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa pada setiap pengujian waktu yang dibutuhkan system untuk mencapai keadaan *steady* (*settling time*) berbeda beda *Settling time* tercepat didapatkan ketika memberikan K_p sebesar 5,5 pada sistem. Namun *Error steady state* masih diatas 2%, oleh karena itu ditambahkan nilai

parameter K_i untuk mengurangi *Error steady state*. Hasil pengujian dengan menambahkan K_i dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian dengan menambahkan kontroler K_i

Pengujian ke	K_p	K_i	K_d	Settling Time	%Ess
1	5,5	1	0	347 ms	1,2764%
2	5,5	1,2	0	414 ms	0,8398%

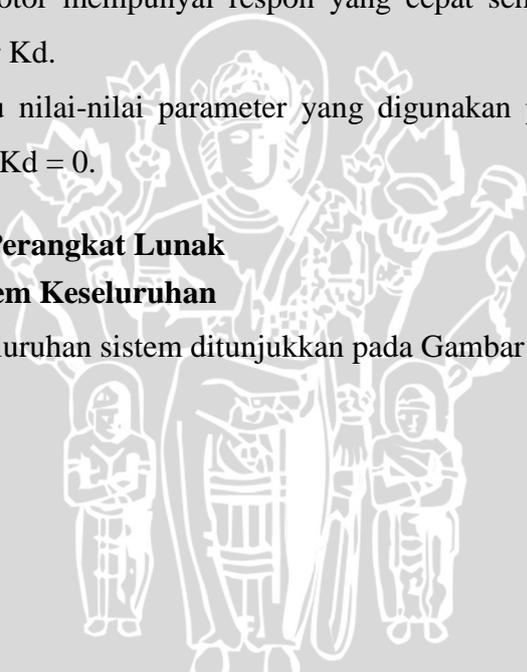
Pada Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa dengan menambahkan K_i dapat mengurangi %Ess pada sistem dan Ess paling kecil didapatkan ketika memberikan K_i sebesar 1,2 pada sistem. Setelah melakukan beberapa kali percobaan pemberian parameter K_d membuat pengaruh yang tidak baik terhadap sistem, hal ini dikarenakan motor mempunyai respon yang cepat sehingga tidak perlu ditambahkan parameter K_d .

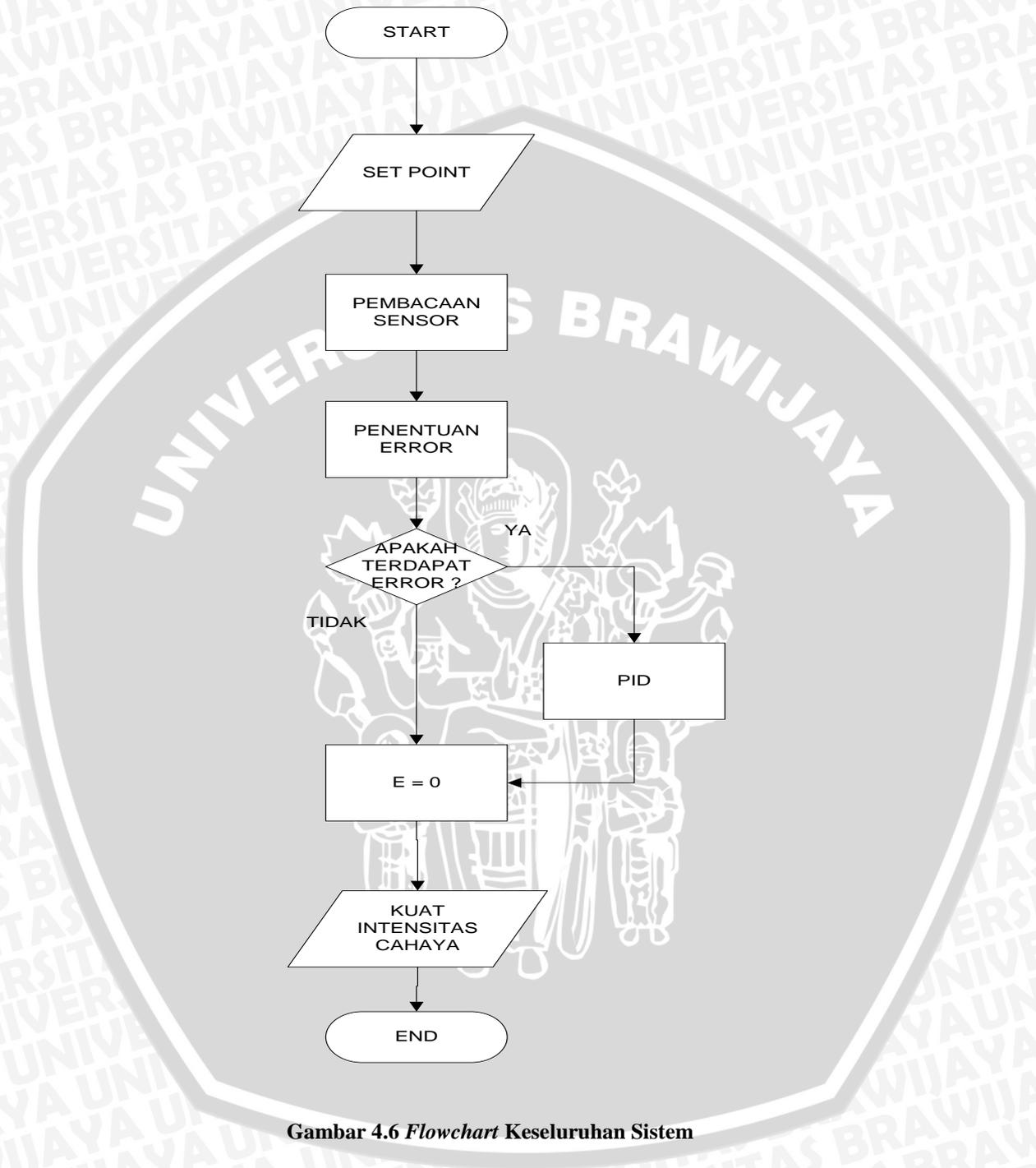
Oleh karena itu nilai-nilai parameter yang digunakan pada sistem yaitu $K_p = 5,5$; $K_i = 1,2$; dan $K_d = 0$.

4.5 Perancangan Perangkat Lunak

4.5.1 Flowchart Sistem Keseluruhan

Flowchart keseluruhan sistem ditunjukkan pada Gambar 4.6.





Gambar 4.6 Flowchart Keseluruhan Sistem

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan.

1. Pengujian sensor LDR
2. Pengujian kecepatan *Continuous Rotation Servo Motor*
3. Pengujian sistem secara keseluruhan
4. Pengujian sistem secara keseluruhan dengan gangguan

a. Pengujian Sensor LDR

Pengujian sensor LDR dilakukan untuk mengetahui intensitas cahaya yang terbaca pada sensor intensitas cahaya *Light Dependent Resistor*(LDR) telah sesuai dengan yang diinginkan.

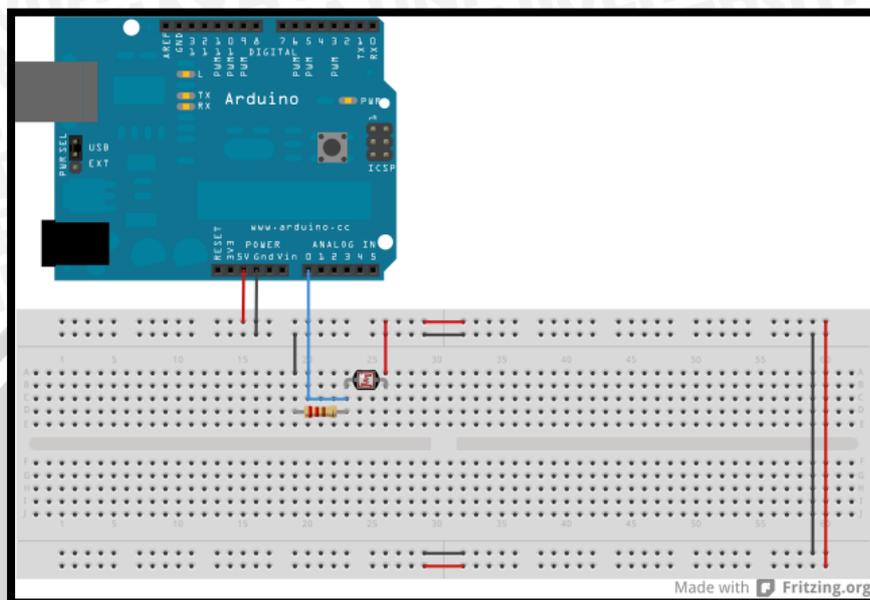
• Peralatan yang digunakan

1. Catu daya 5V
2. *Sensor Light Dependent Resistor (LDR)*
3. Resistor 10 K Ω
4. Luxmeter Krisbow KW06-288.
5. Program dan *software* Arduino

• Prosedur Pengujian

1. Merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.1.
2. Program intensitas cahaya berupa pembacaan data analog dari sensor yang dimasukkan ke dalam Arduino.
3. Mengaktifkan catu daya 5V.
4. Luxmeter sebagai alat ukur untuk mendeteksi besar cahaya.

5. Mencatat data intensitas cahaya yang diperoleh dari pembacaan serial monitor setiap perubahan 10 lux.
6. Mengulangi pengujian sampai 4 kali untuk menghasilkan data yang presisi.



Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Sensor *Light Dependent Resistor*

- **Hasil Pengujian**

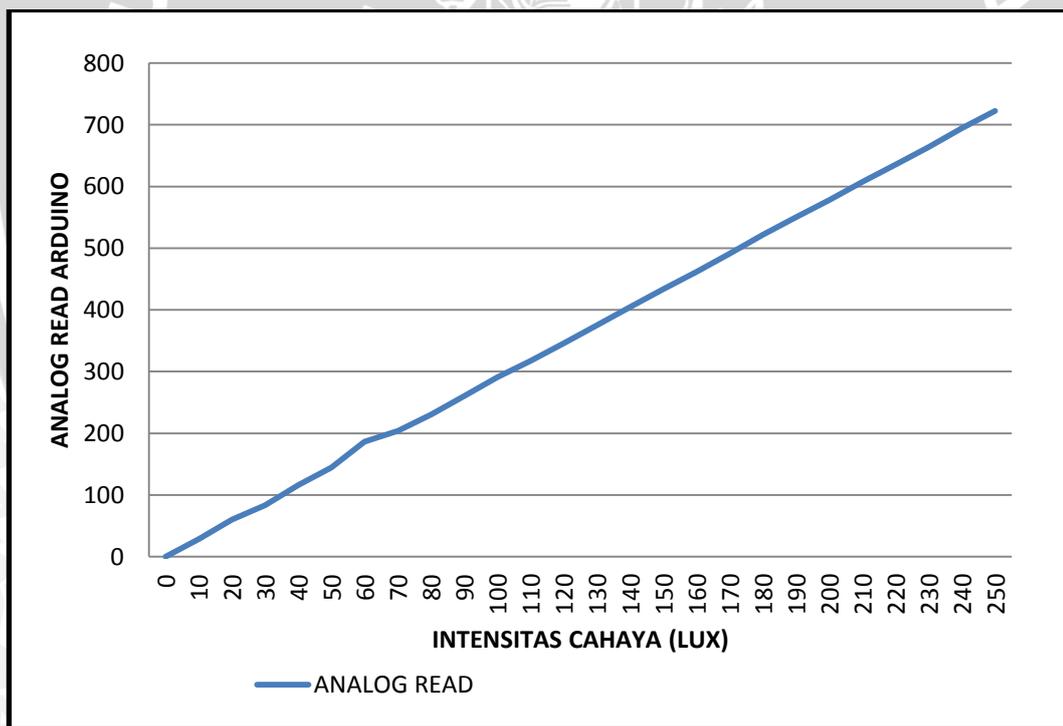
Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan data hasil pengujian sensor LDR. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian *Light Dependent Resistor*

NO	LUX	PENGUJIAN SENSOR LDR KE-					RATA - RATA
		1	2	3	4		
1	0	0	0	0	0	0	
2	10	28	28	30	29	28,75	
3	20	61	60	61	59	60,25	
4	30	82	84	84	84	83,5	
5	40	117	117	115	116	116,25	
6	50	144	145	144	146	144,75	
7	60	185	188	186	187	186,5	
8	70	203	205	203	206	204,25	
9	80	229	232	229	231	230,25	
10	90	259	262	260	261	260,5	
11	100	291	291	290	291	290,75	
12	110	318	316	318	317	317,25	

13	120	345	345	347	347	346
14	130	375	375	375	376	375,25
15	140	405	407	406	402	405
16	150	434	433	433	434	433,5
17	160	462	461	463	460	461,5
18	170	492	490	492	491	491,25
19	180	522	522	522	521	521,75
20	190	551	549	550	550	550
21	200	578	578	577	579	578
22	210	607	608	607	608	607,5
23	220	636	635	634	638	635,75
24	230	664	664	663	665	664
25	240	694	696	694	694	694,5
26	250	723	722	721	723	722,25

Dari Tabel 5.1 diperoleh grafik hubungan antara intensitas cahaya (lux) dan pembacaan data analog arduino seperti pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Antara Intensitas Cahaya (lux) dan Pembacaan Data Analog Arduino

Dari Tabel 5.1 dan Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa semakin bertambah intensitas cahaya maka data digital arduino semakin bertambah pula secara linier.

b. **Pengujian Kecepatan *Continuous Rotation Servo Motor***

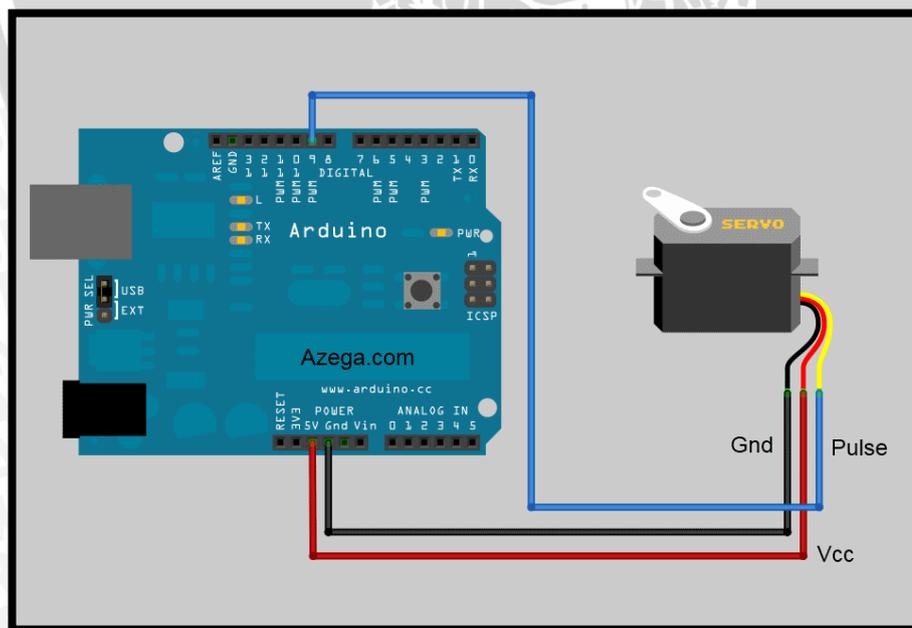
Pengujian kecepatan *Continuous Rotation Servo Motor* dilakukan untuk mengetahui hubungan PWM dengan kecepatan motor.

- **Peralatan yang digunakan**

1. Catu daya 5 V
2. Tachometer
3. *Continuous Rotation Servo Motor*
4. Program dan *software* Arduino

- **Prosedur Pengujian**

1. Merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.3
2. Mengunduh program kecepatan berupa *Pulse Width Modulation* (PWM) dimasukkan ke dalam Arduino.
3. Mengaktifkan catu daya 5 V.
4. Mencari titik netral *Continuous Rotation Servo Motor* dimana motor tidak bergerak CW atau CCW
5. Mencatat data kecepatan yang diperoleh dari pembacaan Tachometer setiap perubahan 10 PWM dari titik netral.
6. Mengulangi pengujian sampai 4 kali untuk menghasilkan data yang presisi.



Gambar 5.3 Rangkaian Pengujian *Continuous Rotation Servo Motor*

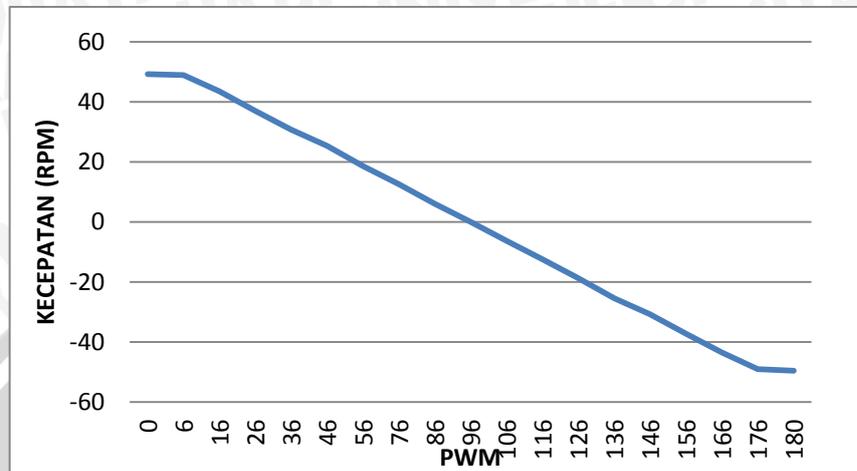
- **Hasil Pengujian**

Setelah melakukan prosedur pengujian, didapatkan titik netral dimana *Continuous Rotation Servo Motor* tidak bergerak CW maupun CCW adalah ketika diberikan PWM 96, oleh karena itu data pengujian didapatkan dengan merubah PWM setiap perubahan 10 dari titik netral. Data hasil pengujian *Continuous Rotation Servo Motor* dengan nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) sebesar 0-180 mendapatkan respon kecepatan motor yang ditunjukkan pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Keluaran Kecepatan *Continuous Rotation Servo Motor*

NO	PWM	ARAH PUTARAN	KECEPATAN(RPM) PENGUJIAN KE				RATA - RATA
			1	2	3	4	
1	0	<i>Clockwise</i>	49,3	49,2	49,2	49,4	49,275
2	6	<i>Clockwise</i>	48,9	48,9	48,9	49	48,925
3	16	<i>Clockwise</i>	43,5	43,4	43,5	43,6	43,5
4	26	<i>Clockwise</i>	37,2	36,9	37	37,1	37,05
5	36	<i>Clockwise</i>	30,7	30,9	30,8	30,8	30,8
6	46	<i>Clockwise</i>	25,3	25,2	25,3	25,4	25,3
7	56	<i>Clockwise</i>	18,7	18,6	18,5	18,6	18,6
8	76	<i>Clockwise</i>	12,6	12,6	12,4	12,6	12,55
9	86	<i>Clockwise</i>	6,2	6,2	6	6,1	6,125
10	96	<i>Neutral</i>	0	0	0	0	0
11	106	<i>Counter-clockwise</i>	-6,3	-6,2	-6,3	-6,1	-6,225
12	116	<i>Counter-clockwise</i>	-12,4	-12,4	-12,3	-12,5	-12,4
13	126	<i>Counter-clockwise</i>	-18,6	-18,7	-18,8	-18,6	-18,675
14	136	<i>Counter-clockwise</i>	-25,5	-25,3	-25,5	-25,5	-25,45
15	146	<i>Counter-clockwise</i>	-30,6	-30,7	-30,8	-30,8	-30,725
16	156	<i>Counter-clockwise</i>	-37,2	-37,4	-37,1	-37,3	-37,25
17	166	<i>Counter-clockwise</i>	-43,4	-43,5	-43,5	-43,5	-43,475
18	176	<i>Counter-clockwise</i>	-49	-49,1	-48,9	-49,2	-49,05
19	180	<i>Counter-clockwise</i>	-49,7	-49,6	-49,5	-49,6	-49,6

Dari Tabel 5.2 diperoleh grafik hubungan kecepatan *Continuous Rotation Servo Motor* dengan masukan *Pulse Width Modulation* (PWM) seperti pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Grafik Hubungan PWM Dengan Kecepatan Motor

Dari Tabel 5.2 dan Gambar 5.4 dapat disimpulkan bahwa motor berhenti bergerak ketika diberi sinyal PWM 96. Motor akan mulai bergerak searah jarum jam (CW) apabila diberi sinyal PWM kurang dari 96 dan bergerak berlawanan jarum jam (CCW) apabila diberi sinyal PWM lebih dari 96. Semakin jauh pemberian nilai PWM pada motor dari titik netralnya (96) maka semakin cepat motor akan bergerak dan akan berhenti bertambah cepat pada pemberian PWM 0 dan 180 yang merupakan batas kecepatan motor yang dipakai saat ini.

5.3. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon keseluruhan sistem pengendalian intensitas cahaya pada tanaman anggrek dapat bekerja dengan baik sesuai dengan *setpoint* yang diharapkan.

- **Peralatan yang digunakan**

1. Miniatur tempat pengembangbiakan tanaman anggrek
2. Catu daya 5 V
3. Sensor intensitas cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR)
4. *Continuous Rotation Servo Motor*
5. Program dan *software* Arduino

- **Prosedur Pengujian**

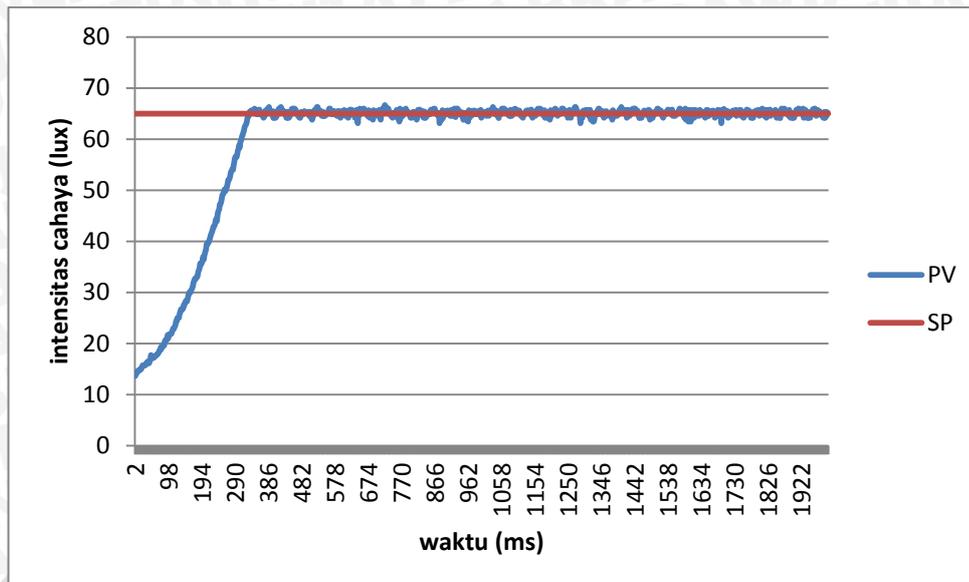
Pengujian alat ini dilakukan dengan cara menjalankan alat pengendali intensitas cahaya dengan cara memasukkan nilai *set point* intensitas cahaya sebesar 65 lux dengan parameter PID yang dicari menggunakan metode *Hand Tuning* sebesar $K_p = 5,5$; $K_i = 1,2$; dan $K_d = 0$ pada *software* arduino. Setelah itu mengamati hasil keluaran berupa nilai intensitas cahaya(lux) yang terbaca kemudian membuat grafik intensitas cahaya terhadap waktu yang menampilkan data setiap 2ms. Pengujian pada sistem di lakukan dengan menggunakan sinar matahari secara langsung. Langkah terakhir mencatat *error* yang menjadi hasil pembacaan sensor dengan *setpoint* yang diinginkan. Penyusunannya seperti yang ditunjukkan gambar 5.5.



Gambar 5.5 Miniatur Alat Pengendali Intensitas Cahaya Pada Tanaman Anggrek

- **Hasil Pengujian**

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan data hasil respon keluaran sistem keseluruhan dengan kontroler PID. Hasil dapat dilihat pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Respon Sistem Keseluruhan

Dari grafik Gambar 5.6 dapat dilihat nilai *settling time* (T_s) dan *error steady state* (E_{ss}):

- a. *Settling time* (T_s) adalah $T_s = 414$ ms
- b. *Error steady state* (E_{ss}) yang didapatkan dari pengujian adalah :

$$\begin{aligned}
 \% E_{ss} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{1}{794} \times 666,8615 \% \\
 &= 0,839876 \%
 \end{aligned}$$

5.4. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Gangguan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana daya tahan sistem terhadap gangguan luar.

- **Peralatan yang digunakan**

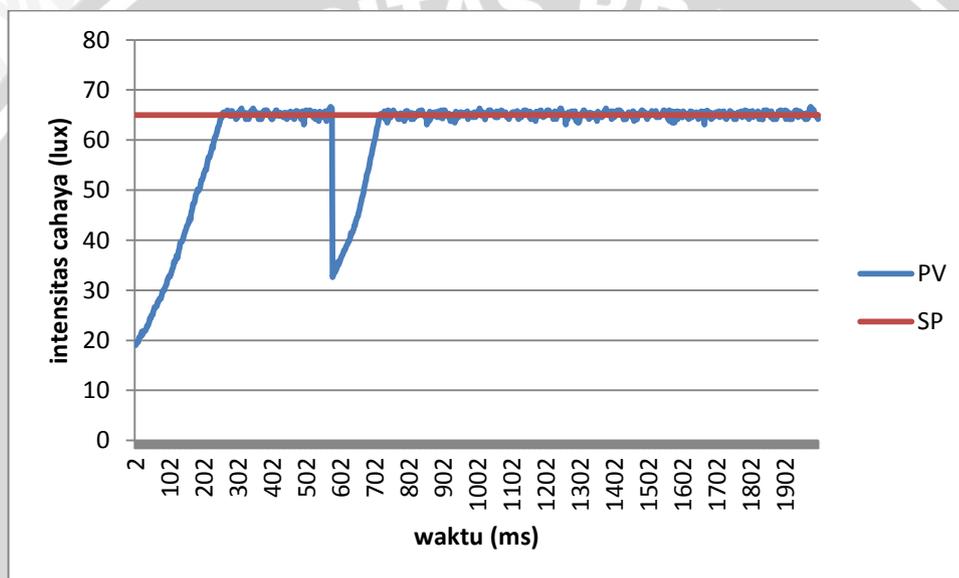
1. Miniatur tempat pengembangbiakan tanaman anggrek
2. Catu daya 5 V
3. Sensor intensitas cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR)
4. *Continuous Rotation Servo Motor*
5. Program dan *software* Arduino

- **Prosedur Pengujian**

Pengujian alat ini dilakukan dengan cara menjalankan alat pengendali intensitas cahaya seperti pada pengujian sistem secara keseluruhan sebelumnya, namun sistem diberikan gangguan berupa penghalang cahaya pada atas tempat pengembangbiakan, kemudian respon sistem diamati melalui *serial monitor*.

- **Hasil Pengujian**

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan data hasil respon keluaran sistem keseluruhan dengan kontroler PID. Hasil dapat dilihat pada gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik Respon Sistem Keseluruhan Dengan Gangguan

Pada saat alat telah berjalan selama 580 ms diberikan gangguan dengan mendekatkan kertas di atas sirip intensitas cahaya, hasil yang terjadi adalah intensitas cahaya pada tempat pengembangbiakan turun hingga 32,62 lux. Kemudian intensitas cahaya dapat kembali menuju setpoint pada waktu 720 ms. Dengan demikian sistem telah bekerja dengan seperti yang diharapkan yaitu dapat mengatasi gangguan dengan waktu 140 ms.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari perancangan, pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan pada penelitian sistem pengendalian kecepatan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan data respon sistem yang diperoleh dari pengujian dengan menggunakan metode *Hand Tuning*, maka parameter kontroler PID dapat ditentukan dengan gain $K_p = 5,5$; $K_i = 1,2$; dan $K_d = 0$.
2. Hasil pengujian terhadap sistem pengendalian intensitas cahaya pada tanaman anggrek menunjukkan bahwa respon sistem memiliki *error steady state* sebesar 0,839876% dan mengalami *settling time* selama 414 ms. Sedangkan hasil pengujian terhadap sistem pengendalian intensitas cahaya pada tanaman anggrek ketika diberikan gangguan menunjukkan sistem mampu kembali pada keadaan *steady* dengan waktu 140 ms.

6.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kekurangan. Untuk memperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan:

1. Disarankan untuk menambahkan parameter control lain seperti suhu dan kelembaban.
2. Disarankan untuk menggunakan sensor yang lebih baik dan penambahan jumlah sensor untuk hasil yang lebih presisi.
3. Disarankan untuk melakukan pengontrolan dengan metode selain PID.

DAFTAR PUSTAKA

- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik Jilid 2*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Iswanto, Hadi. 2002. *Petunjuk Perawatan Anggrek*. Jakarta. Penerbit Agromedia Pustaka
- Lestari DA, Santoso W 2011. *Inventory and habitat study of orchids species in Lamedai Nature Reserve Kolaka, Southeast Sulawesi*. Volume 12, Number 1, January 2011 Pages 28-33 Purwodadi, Purwodadi Botanic Garden – Indonesian Institute of Sciences (LIPI).
- Muhaimin. 2001. *Teknologi Pencahayaan Bandung*. Penerbit Refika Aditama



LAMPIRAN 1

Foto Alat

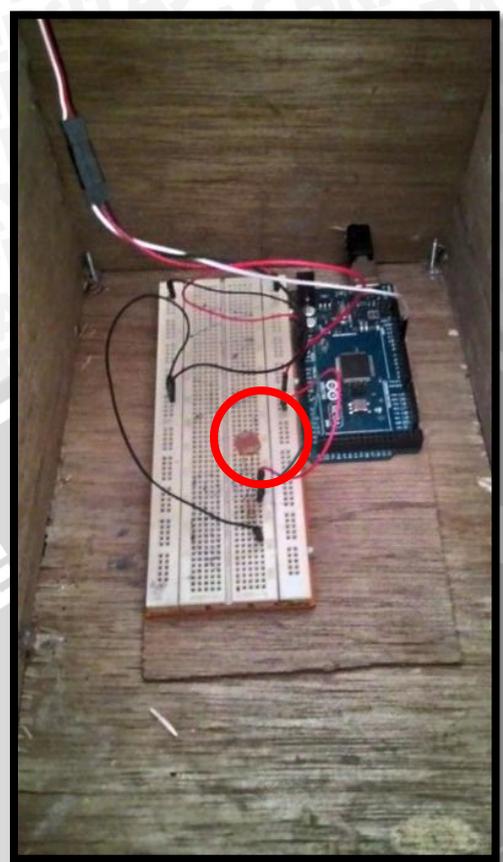




Alat tampak depan



Alat tampak samping



Penempatan sensor LDR



Penempatan *Continuous Rotation Servo Motor*

LAMPIRAN 2

Listing Program



```
#include <Servo.h> //library servo di arduino
```

```
Servo Servo1; //pendeklarasian objek servo
```

```
float error, last1_error, last2_error, P, I, D, Kp=5.5, Ki=1.2, Kd=0, MV, angleTemp;
```

```
unsigned char angle_1 = 0;
```

```
int angleStill = 96; //posisi servo tidak bergerak
```

```
int angle; //posisi servo
```

```
int trim = 0;
```

```
int servoPin = 8; //Arduino pin untuk servo
```

```
int cw = 94;
```

```
int ccw = 98;
```

```
int LDR = 0;
```

```
float LDRValue = 0;
```

```
float setpoint = 65.00;
```

```
float pembagi = 2.79;
```

```
void setup(){
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
Servo1.attach(servoPin); //attaches servo on pin x to servo object
```

```
Servo1.write(96);
```



```
delay(5000);
}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  LDRValue = analogRead(LDR) / pembagi;
  Serial.println(LDRValue);
  delay(5);
```

```
error = setpoint - LDRValue;
P = Kp * error;
I = (Ki * (error + last1_error))/2;
D = (Kd * (error - 2*last1_error + last2_error));
```

```
MV = P + I + D;
angleTemp = angle_1+MV;
```

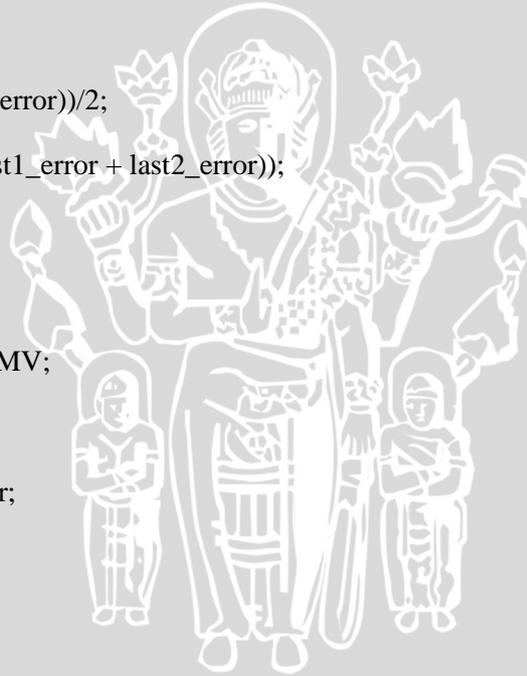
```
last2_error = last1_error;
last1_error = error;
```

```
if (angleTemp > 0)
```

```
{
  angle = cw;
```

```
else if (angleTemp < 0)
```

```
{
```



```
angle = ccw;
}
else if (angleTemp = 0)
{
angle = angleStill;
}
delay(5);
//Serial.println(error);

//Serial.println(P);

//Serial.println(I);

//Serial.println(D);

//Serial.println(angle);

Servo1.write(angle);
delay(5);
//Servo1.write(96);
//delay(5);
//Servo1.write(angleStill+trim);
}
```



LAMPIRAN 3

Datasheet

