SISTEM KONTROL UNTUK LAMPU HEMAT LISTRIK PADA *AQUASCAPE* DENGAN *RULE BASED SYSTEM* DAN PID

PRIMUS MARIO ANDAKA GINTING
H1051211073

SKRIPSI

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

SISTEM KONTROL UNTUK LAMPU HEMAT LISTRIK PADA *AQUASCAPE* DENGAN *RULE BASED SYSTEM* DAN PID

PRIMUS MARIO ANDAKA GINTING
H1051211073

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Rekayasa Sistem Komputer

PROGRAM STUDI REKAYASA SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Sistem Kontrol Untuk Lampu Hemat Listrik pada *Aquascape* dengan *Rule Based System* dan PID
Nama Mahasiswa	: Primus Mario Andaka Ginting
NIM	: H1051211073
Jurusan/Program Studi	: Rekayasa Sistem Komputer
Tanggal Lulus	: 29 Juli 2025
SK Pembimbing	: No. 929/UN22.8/TD.06/2025/19 Maret 2025
SK Penguji	: No. 2442/UN22.8/TD.06/2025/25 Juli 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Suhardi, S.T., M.Eng	Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs
NIP. 198606182020121006	NIP. 198607202015042001

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Irma Nirmala, S.T., M.T	Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs.
NIP. 198404052019032015	NIP. 198609222014041002

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Suhardi, S.T., M.Eng	Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs
NIP. 198606182020121006	NIP. 198607202015042001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP. 197108022000031001

ii

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Primus Mario Andaka Ginting
NIM	: H1051211073
Program Studi/ Jurusan	: Rekayasa Sistem Komputer
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 29 Juli 2025

Materai Rp.10.000,-
Primus Mario Andaka Ginting
H1051211073

Sistem Kontrol untuk Lampu Hemat Listrik pada *Aquascape* dengan *Rule Based System* dan PID

Abstrak

Energi listrik memiliki peran vital dalam mendukung aktivitas masyarakat, namun konsumsi yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan dan membebani biaya rumah tangga. Lampu sebagai salah satu perangkat rumah tangga sering kali menjadi sumber konsumsi energi yang tinggi, terutama jika digunakan secara tidak efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol otomatis lampu hemat listrik berbasis sensor LDR dan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang diterapkan pada *aquascape*. Sistem ini menggunakan logika *Rule Based System* dan pendekatan kontrol PID untuk menyesuaikan intensitas pencahayaan secara otomatis berdasarkan kondisi cahaya lingkungan. Pada penelitian ini, nilai-nilai K_p, K_i, dan K_d pada PID ditentukan menggunakan dua metode, yaitu *Ziegler Nichols Open Loop* dan *Closed Loop*. Nilai yang digunakan pada sistem merupakan hasil dari metode yang memberikan kinerja paling optimal di antara keduanya. Hasil dari perbandingan menunjukkan bahwa metode *Ziegler Nichols Closed Loop* memberikan kinerja yang lebih optimal dibandingkan metode *Open Loop*. Hal ini karena nilai K_p, K_i, dan K_d yang diperoleh dari metode *Open Loop* relatif kecil dengan nilai $K_p = 0{,}0525$ $K_i = 0{,}00328$ $K_d = 0{,}21$, sehingga menyebabkan sistem memiliki respons yang lambat dalam mencapai target. Sebaliknya, metode *Closed Loop* menghasilkan sistem yang lebih cepat, dan mampu mengoreksi *error* dengan lebih optimal, nilai yang didapat dari *Closed Loop* adalah $K_p = 0{,}72, K_i = 0{,}48,$ dan $K_d = 0{,}28$.

Kata Kunci: , Lampu LED, *Rule Based System*, PID, *Aquascape*, LDR.

Control System for Energy Efficient Lighting in Aquascape Using Rule Based System and PID

Abstract

Electric energy plays a vital role in supporting societal activities; however, inefficient consumption can lead to waste and increase household expenses. Lamps, as one of the common household devices, often become a major source of energy consumption, especially when used inefficiently. This study aims to develop an automatic energy-saving lighting control system based on an LDR sensor and NodeMCU ESP32 microcontroller, applied to an aquarium. The system utilizes a Rule-Based System logic and a PID control approach to automatically adjust lighting intensity based on environmental light conditions. In this study, the PID parameters $K_p, K_i, and\ K_d$ *were determined using two methods: the Ziegler-Nichols Open Loop and Closed Loop methods. The values used in the system were selected based on the method that provided the most optimal performance between the two. The comparison results show that the Ziegler-Nichols Closed Loop method delivered more optimal performance compared to the Open Loop method. This is because the values of* $K_p = 0.0525, K_i = 0.00328, and\ K_d = 0.21$ *obtained from the Open Loop method were relatively small, causing the system to respond slowly in reaching the target. In contrast, the Closed Loop method resulted in a system that is faster, more responsive, and able to correct errors more efficiently. The values obtained from the Closed Loop method were* $K_p = 0.72, K_i = 0.48, and\ K_d = 0.28.$

Keywords: *LED lamp*, *Rule Based System*, PID, *Aquascape*, LDR.

PRAKATA

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul "Sistem Kontrol untuk Lampu Hemat Listrik pada *Aquascape* dengan *Rule Based System* dan PID" sebagai syarat bagi penulis untuk mendapatkan gelar Sarjana Komputer (S. Kom) pada Jurusan Rekayasa Sistem Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Semua hasil yang diperoleh ini tidak terlepas dari segala dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang tidak pernah berhenti mendorong penulis agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Sebagai penghargaan dari penulis, izinkanlah penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada orang tua yang selalu memberikan dukungan, doa, motivasi, dan kasih sayang tanpa henti sepanjang perjalanan penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.
3. Bapak Tedy Rismawan, S.Kom., M.Cs., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Sistem Komputer FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak dan sebagai dosen penguji kedua yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing, memberikan nasehat serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi.
4. Bapak Uray Ristian, S.Kom., M.Kom selaku dosen pembimbing akademik yang sudah membimbing dan memberikan saran selama pelaksanaan perkuliahan berlangsung.
5. Bapak Suhardi, S.T., M.Eng., sebagai dosen pembimbing pertama yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penulisan skripsi.
6. Ibu Rahmi Hidayati, S.Kom., M.Cs., sebagai dosen pembimbing kedua yang telah banyak memberikan masukan dan saran dalam penulisan skripsi.
7. Ibu Irma Nirmala, S.T., M.T., sebagai dosen penguji pertama yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing, memberikan nasehat serta motivasi dalam menyelesaikan skripsi.

8. Kepada Muthiara Anantha Simanjuntak atas kesabaran, dukungan, semangat, dan bantuannya dalam berbagai hal yang tak ternilai dari awal perkuliahan dimulai sampai masa menyelesaikan perkuliahan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
9. Kepada Shabran Tri Mulyansah, Dwifikus Jero, Dendi, Irvando Aldy Renaldy, Naufal Raihan Elriza, dan Syarif Alif Irfan Wirdyan Al-Qadrie senantiasa menemani, memberi semangat, dan selalu hadir saat dibutuhkan.
10. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam proses perkuliahan.
11. Semua pihak yang terlibat langsung maupun yang tidak langsung dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih memiliki kekurangan dan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca.

Pontianak, 29 Juli 2025

Primus Mario Andaka Ginting
NIM. H1051211073

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK ..... **iii**
Abstrak ..... **iv**
Abstract ..... **v**
PRAKATA ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
DAFTAR KODE PROGRAM ..... **xiv**
BAB 1 PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Sistematika Penulisan 4
BAB 2 LANDASAN TEORI **6**
2.1 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu 6
2.2 NodeMCU ESP32 7
2.3 Modul Relay 8
2.4 Lampu LED 9
2.5 Sensor LDR 10
2.6 *Rule Based System* 11
2.7 PID (*Proportional Integral Derivative*) 12
2.8 Arduino IDE 17
2.9 *Website* 18
2.10 Visual Studio Code 19
BAB 3 METODE PENELITIAN **20**
3.1 Studi Literatur 20
3.2 Pengumpulan Data 21

3.3 Analisis Kebutuhan 21
3.4 Perancangan Sistem 21
3.5 Implementasi 22
3.6 Pengujian Sistem 22
3.7 Kesimpulan dan saran 23
BAB 4 PERANCANGAN 24
4.1 Deskripsi Sistem 24
4.2 Perancangan Arsitektur Sistem 24
4.3 Perancangan Perangkat Keras 25
4.4 Perancangan Perangkat Lunak 26
4.4.1 Perancangan Perangkat Lunak pada NodeMCU ESP32 27
4.4.2 Perancangan Antarmuka *Website* 27
4.4.3 Antarmuka Halaman *Dashboard* 28
4.5 Perancangan Basis Data 28
4.5.1 Tabel *Monitoring* 29
4.6 Perancangan *Rule Based System* 30
4.6.1 Tabel Logika *Rule Based System* 30
4.7 Perancangan PID 33
4.7.1 Metode *Ziegler Nichols Open Loop* 33
4.7.2 Metode *Ziegler Nichols Closed Loop* 34
BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN 45
5.1 Implementasi Sistem 45
5.2 Implementasi Perangkat Keras 45
5.3 Implementasi Perangkat Lunak 46
5.3.1 Implementasi Antarmuka Halaman *Website* 46
5.4 Kode Program 46
5.4.1 NodeMCU ESP32 46
5.4.2 Visual Studio Code 50
5.5 Pengujian 52
5.5.1 Pengujian metode Ziegler Nichols *Open Loop* 52
5.5.2 Pengujian metode Ziegler Nichols *Closed Loop* 54
5.5.3 Perbandingan metode *Open loop* dan *Closed loop* 56

5.5.4 Pengujian metode *Closed Loop* dengan *Rule Based System* 57
5.5.5 Pengujian metode *Closed Loop* dengan *website*..... 65
5.6 Pembahasan..... 70
BAB 6 PENUTUP..... 72
6.1 Kesimpulan..... 72
6.2 Saran..... 72
DAFTAR PUSTAKA..... 73
LAMPIRAN..... 77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 NodeMCU ESP32 8
Gambar 2.2 Modul Relay 9
Gambar 2.3 Lampu LED 10
Gambar 2.4 Sensor LDR. 10
Gambar 2.5 Diagram Alir PID. 13
Gambar 2.6 Kurva Respon. 15
Gambar 3.1 Diagram Metode Penelitian 20
Gambar 4.1 Rancangan Arsitektur Sistem 25
Gambar 4.2 Perancangan Lampu Hemat Listrik Berbasis Sensor LDR 26
Gambar 4.3 Diagram Alir NodeMCU ESP32 27
Gambar 4.4 Antarmuka Halaman *Dashboard* 28
Gambar 4.5 *Value* 1 $Kp = 0{,}5$ 35
Gambar 4.6 *Value* 2 $Kp = 0{,}5$ 36
Gambar 4.7 *Value* 3 $Kp = 0{,}5$ 36
Gambar 4.8 *Value* 4 $Kp = 0{,}5$ 37
Gambar 4.9 *Value* 5 $Kp = 0{,}5$ 37
Gambar 4.10 Semua *value* $Kp = 1$ 38
Gambar 4.11 *Value* 2 $Kp = 1$ 38
Gambar 4.12 *Value* 3 $Kp = 1$ 39
Gambar 4.13 *Value* 4 $Kp = 1$ 39
Gambar 4.14 *Value* 5 $Kp = 1$ 40
Gambar 4.15 Semua *value* $Kp = 1{,}2$ 41
Gambar 4.16 *Value* 2 $Kp = 1{,}2$ 41
Gambar 4.17 *Value* 3 $Kp = 1{,}2$ 42
Gambar 4.18 *Value 4* $Kp = 1{,}2$ 42
Gambar 4.19 *Value 5* $Kp = 1{,}2$ 43
Gambar 5.1 Implementasi perangkat keras 45
Gambar 5.2 Implementasi *Website* 46
Gambar 5.3 Semua *value* 52
Gambar 5.4 *Value* 2 53

Gambar 5.5 *Value* 3 53
Gambar 5.6 *Value* 4 53
Gambar 5.7 *Value* 5 54
Gambar 5.8 Semua *value* 54
Gambar 5.9 *Value* 2 55
Gambar 5.10 *Value* 3 55
Gambar 5.11 *Value* 4 55
Gambar 5.12 *Value* 5 56
Gambar 5.13 Perbandingan *Value* 4 *Open loop* dan *closed loop* 57
Gambar 5.14 Perbandingan *Value* 5 *Open loop* dan *closed loop* 57
Gambar 5.15 Semua *value* dan *setpoint* 0 58
Gambar 5.16 *Value* 2 dan *setpoint* 0 58
Gambar 5.17 *Value* 3 dan *setpoint* 0 59
Gambar 5.18 *Value* 4 dan *setpoint* 0 59
Gambar 5.19 *Value* 5 dan *setpoint* 0 59
Gambar 5.20 Semua *value* dan *setpoint* 32 60
Gambar 5.21 *Value* 2 dan *setpoint* 32 60
Gambar 5.22 *Value* 3 dan *setpoint* 32 60
Gambar 5.23 *Value* 4 dan *setpoint* 32 61
Gambar 5.24 *Value* 5 dan *setpoint* 32 61
Gambar 5.25 Semua *value* pada *setpoint* 64 62
Gambar 5.26 *Value* 2 pada *setpoint* 64 62
Gambar 5.27 *Value* 3 pada *setpoint* 64 62
Gambar 5.28 *Value* 4 pada *setpoint* 64 63
Gambar 5.29 *Value* 5 pada *setpoint* 64 63
Gambar 5.30 Semua *value* pada *setpoint* 128 64
Gambar 5.31 *Value* 2 pada *setpoint* 128 64
Gambar 5.32 *Value* 3 pada *setpoint* 128 64
Gambar 5.33 *Value* 4 pada *setpoint* 128 65
Gambar 5.34 *Value* 5 pada *setpoint* 128 65
Gambar 5.35 Perubahan intensitas cahaya .....**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan dengan Penelitian 6
Tabel 2.2 Parameter PID *Ziegler Nichols Open Loop*..... 14
Tabel 2.3 Parameter PID *Ziegler Nichols Closed Loop*. 17
Tabel 4.1 Koneksi Pin NodeMCU ESP32 dan Sensor LDR..... 26
Tabel 4.2 Tabel *Monitoring*..... 29
Tabel 4.3 Logika awal *Rule Based System*..... 31
Tabel 4.4 Logika Dasar Hubungan Nilai LDR dan Nilai Lampu..... 31
Tabel 4.5 Tabel logika *Rule Based System*..... 33
Tabel 4.6 Tabel nilai L dan T 34
Tabel 4.7 Tabel nilai *value* 34
Tabel 4.8 Tabel *brightness, error,* dan waktu 43
Tabel 4.9 Tabel nilai Ku dan Pu..... 44
Tabel 5.2 Tabel Data Siang Hari 67
Tabel 5.3 Tabel Data Sore Hari..... 68
Tabel 5.4 Tabel Data Malam Hari..... 69

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 5.1 *Serial monitor* 47
Kode Program 5.2 *Serial plotter* 48
Kode Program 5.3 Visual Studio Code 50

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika. Energi listrik menjadi bagian penting dari kehidupan *modern* karena perannya yang tak tergantikan dalam menunjang aktivitas masyarakat. Namun, pentingnya energi listrik juga membawa tantangan berupa krisis energi yang harus dicegah untuk menjamin keberlangsungan hidup yang nyaman dan produktif. Salah satu langkah untuk mengatasi masalah ini adalah meningkatkan kesadaran masyarakat akan penggunaan energi listrik yang bijak, seperti mematikan perangkat listrik yang tidak digunakan dan menggunakan peralatan hemat energi (Muhazir & Sihombing, 2021).

Selain itu, biaya energi listrik yang tinggi sering menjadi beban bagi masyarakat. Salah satu perangkat rumah tangga yang menyumbang konsumsi listrik tinggi adalah lampu, terutama ketika penggunaannya tidak efisien, seperti membiarkan lampu menyala pada siang hari. Dalam konteks modernisasi, lampu menjadi teknologi yang sangat penting. Berbagai jenis lampu seperti pijar, neon, hingga LED telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Lampu LED menjadi salah satu inovasi yang signifikan karena lebih hemat energi, memiliki masa pakai yang lebih lama, dan lebih efisien dibandingkan jenis lampu lainnya. Inovasi ini menunjukkan bagaimana teknologi pencahayaan terus beradaptasi dengan kebutuhan manusia dalam aspek efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan (Asmaleni et al., 2020).

Selain penggunaannya dalam rumah tangga, lampu juga memiliki peran penting dalam bidang lain, seperti seni tata *aquascape* atau *aquascape*. *Aquascape* adalah seni menata elemen seperti tanaman air, kayu, bebatuan, pasir, dan benda-benda lain untuk menciptakan pemandangan estetis di dalam *aquascape*, sehingga menghasilkan tampilan yang lebih menarik. Berbeda dari *aquascape* biasa, *aquascape* juga berfungsi sebagai habitat bagi tanaman air dan ikan untuk hidup dan berkembang. Agar biota dalam *aquascape* tetap sehat, diperlukan sistem

pencahayaan buatan yang dapat menyesuaikan intensitasnya secara otomatis. Hal ini penting karena kekurangan cahaya dapat memengaruhi kesehatan fauna, sedangkan kelebihan cahaya seperti paparan sinar matahari langsung atau lampu yang menyala terus menerus dapat memicu pertumbuhan alga berlebihan yang merusak keindahan *aquascape* (Kusumo et al., 2022).

Berdasarkan acuan pada penelitian sebelumnya, dikembangkan sistem kontrol pencahayaan otomatis menggunakan lampu LED yang dikontrol oleh mikrokontroler NodeMCU ESP32. Sistem ini memanfaatkan logika *Rule Based System* dan pendekatan PID, serta sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya sekitar. Lampu LED dipilih karena lebih efisien, mendukung tanaman air dan ikan, dan menambah nilai estetika pada *aquascape*.

NodeMCU ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler yang terhubung dengan modul relay untuk mengontrol lampu. Modul ini juga memungkinkan kontrol sistem secara otomatis melalui koneksi internet menggunakan Arduino IDE sebagai *software* pemrograman. Dengan algoritma *Rule Based System* berbasis logika *IF-THEN*, sistem dapat menyesuaikan pencahayaan menjadi menyala penuh, sedang, redup, atau mati sesuai kondisi intensitas cahaya.

Pendekatan PID diterapkan untuk memastikan kontrol yang stabil dan responsif, dengan mengurangi *overshoot* atau kondisi dimana respon sistem terhadap perubahan *input* melebihi level *output* yang diinginkan dan mempercepat waktu respon sistem. Data hasil pengukuran, seperti intensitas cahaya yang terjadi, ditampilkan pada *website* yang terhubung dengan sistem, sehingga pengguna dapat memonitor secara *real-time*. Penggunaan pendekatan ini diharapkan mampu memberikan hasil optimal dengan rancangan sistem yang sederhana.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem kontrol lampu hemat listrik berbasis sensor LDR dan mikrokontroler NodeMCU ESP32. Dengan sistem ini, pengguna dapat mengendalikan pencahayaan tanpa kontak fisik dengan saklar manual dan lebih teratur karena menggunakan sensor LDR untuk mendeteksi cahaya sektiar. Selain itu, sistem ini juga bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi listrik berlebihan, memastikan lampu hanya menyala saat diperlukan, dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dari penelitian ini, rumusan masalah yang diperoleh yaitu:

1. Bagaimana implementasi metode *Rule Based System* dengan pendekatan PID untuk mengatur intensitas lampu LED secara otomatis?
2. Bagaimana perbandingan Metode *Ziegler Nichols Open Loop* dan *Closed Loop*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Implementasi metode *Rule Based System* dengan pendekatan PID untuk mengatur intensitas lampu LED secara otomatis.
2. Membandingkan Metode *Ziegler Nichols Open Loop* dan *Closed Loop* guna menemukan solusi yang lebih optimal untuk kebutuhan sistem.

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hanya membahas tentang sistem yang bekerja secara otomatis melalui sensor LDR.
2. Menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai pengendali yang terpasang pada sistem.
3. Sistem kontrol Lampu Hemat Listrik (LHL) hanya dirancang untuk mengatur intensitas cahaya lampu LED pada *aquascape.*
4. Perancangan dan implementasi sistem terbatas pada skala *aquascape* berukuran 45 x 75 cm.
5. Fokus pada pengoptimalan konsumsi energi lampu LED, tanpa mencakup analisis energi untuk seluruh sistem pendukung *aquascape,* seperti pompa air atau filter.
6. Pengaruh faktor luar seperti suhu air, kelembaban udara, atau tingkat kekeruhan air tidak menjadi bagian dari lingkup penelitian ini.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan solusi nyata bagi pengguna *aquascape* untuk mengurangi konsumsi listrik yang berlebihan dengan cara mengintegrasikan sensor LDR dan lampu hanya menyala ketika dibutuhkan, dan penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dengan menyajikan sebuah model sistem kontrol yang efektif, di mana *Rule Based System* untuk logika adaptif terhadap lingkungan diintegrasikan dengan kontroler PID untuk optimasi kecepatan respon dan stabilitas sistem.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dibagi menjadi 6 bab agar permasalahan dapat dijelaskan dan diuraikan untuk menyelesaikan penelitian ini. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan tentang beberapa teori pendukung yang digunakan sebagai landasan untuk menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan tugas akhir ini. Adapun teori tersebut yaitu teori terkait NodeMCU ESP32, sensor LDR, *Rule Based System*, PID, *website*, dan arduino IDE.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan uraian yang lebih rinci tentang metode penelitian dalam studi literatur, pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan kesimpulan.

BAB 4 PERANCANGAN

Bab ini berisikan tentang tahap perancangan dari sistem yang akan dibangun. Dalam perancangan sistem terdapat deskripsi sistem, perancangan arsitektur sistem, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, perancangan *Rule Based System*, dan perancangan PID.

BAB 5 IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang proses implementasi sistem yang telah dirancang pada tahap sebelumnya. Tahapan ini terdiri dari implementasi sistem, implementasi perangkat keras, implementasi perangkat lunak, kode program, pengujian, dan pembahasan dari sistem yang telah dibuat.

BAB 6 PENUTUP

Bab penutup merupakan bab yang membahas tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran terhadap masalah yang belum terselesaikan untuk dapat diperbaiki dan dikembangkan pada penelitian berikutnya.