

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU AIR KOLAM BENIH
LOBSTER DENGAN PENGENDALI PID BERBASIS
MIKROKONTROLER ESP32**

(Skripsi)

Oleh :

**ILHAM KHOLID MUBAROK
NPM. 1915031026**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU AIR KOLAM BENIH LOBSTER DENGAN PENGENDALI PID BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32

Oleh

ILHAM KHOLID MUBAROK

Lobster air tawar merupakan jenis krustasea yang memiliki bentuk mirip dengan lobster air laut. Pada dunia perikanan khususnya tambak lobster, proses pembenihan lobster sangatlah penting untuk meningkatkan produksi lobster tersebut. Kondisi kolam tambak yang dipakai akan sangat berperan penting dalam proses pembenihan lobster tersebut, terutama kondisi suhu pada kolam tambak tersebut harus stabil. Proses pengendalian suhu air kolam benih lobster sebelumnya belum dilakukan secara optimal karena belum adanya perangkat yang memadai, sehingga dapat menurunkan tingkat pertumbuhan dan sintasan benih lobster yang berpengaruh besar pada lobster yang dihasilkan. Pada penelitian ini dilakukan dengan merancang sistem kendali suhu untuk air kolam benih lobster menggunakan pengendali PID dengan mikrokontroler ESP32, sensor DS18B20, dan perangkat peltier. Penelitian ini dilakukan pada akuarium dengan volume air 15—25 liter yang dikondisikan pada suhu ruangan. Hasil rata-rata nilai eror pada pengujian sensor sebesar $0,18^{\circ}\text{C}$, kemudian untuk proses pengamatan data dilakukan melalui internet setiap 30 menit sekali. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa alat mampu menjaga suhu tetap stabil pada nilai *set point* $25,5^{\circ}\text{C}$ yaitu $25,50^{\circ}\text{C}$. Dalam pembuatan sistem ini didapatkan nilai parameter PID yang ideal, yaitu $K_p = 8,0$, $K_i = 0,6$ dan $K_d = 0,6$.

Kata Kunci : Lobster, Benih lobster, Suhu, PID, ESP32, DS18B20.

ABSTRACT

DESIGN A LOBSTER SEED POND WATER TEMPERATURE CONTROL SYSTEM WITH ESP32 MICROCONTROLLER-BASED PID CONTROLLER

By

ILHAM KHOLID MUBAROK

Freshwater lobster is a type of crustacean that has a similar appearance to marine lobsters. In the world of fisheries, particularly in lobster farming, the lobster hatchery process is crucial for increasing lobster production. The conditions of the used lobster pond play a significant role in the lobster hatchery process, especially the temperature stability of the pond. The control of water temperature in the lobster seed pond has not been optimally executed due to the lack of adequate devices, potentially decreasing the growth and survival rates of lobster seeds, which significantly impacts the resulting lobsters. In this study, a temperature control system for the lobster seed pond was designed using a PID controller with an ESP32 microcontroller, DS18B20 sensor, and Peltier device. The research was conducted in an aquarium with a water volume of 15–25 liters, conditioned at room temperature. The average error value in sensor testing was 0.18°C. Data observation was performed through the internet every 30 minutes. The results of this study indicate that the device is capable of maintaining a stable temperature at the set point of 25.5°C, specifically 25.50°C. In the development of this system, ideal PID parameters were obtained, which are $K_p = 8.0$, $K_i = 0.6$, and $K_d = 0.6$.

Keywords: Lobster, Lobster seed, Temperature, PID, ESP32, DS18B20.

**RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU AIR KOLAM BENIH
LOBSTER DENGAN PENGENDALI PID BERBASIS
MIKROKONTROLER ESP32**

Oleh :

ILHAM KHOLID MUBAROK

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU AIR KOLAM BENIH LOBSTER DENGAN PENGENDALI PID BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32

Nama Mahasiswa : Ilham Kholid Mubarak

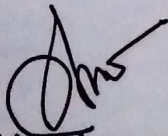
Nomor Pokok Mahasiswa : 1915031026

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

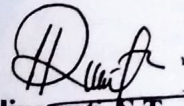
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Afri Yudamson, S.T., M.Eng.

NIP. 198904302019031011

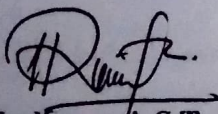


Herlinawati, S.T., M.T.

NIP. 197103141999032001

2. Mengetahui

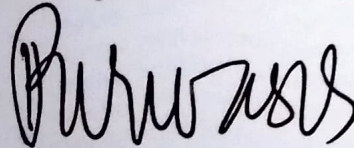
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Herlinawati, S.T., M.T.

NIP. 197103141999032001

Ketua Program Studi Teknik Elektro



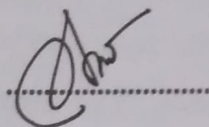
Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.

NIP. 197404222000122001

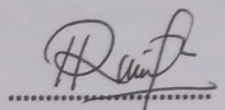
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

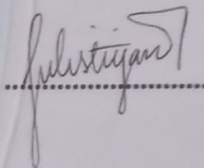
Ketua : Afri Yudamson, S.T., M.Eng.



Sekretaris : Herlinawati, S.T., M.T.



Penguji Utama : Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.

NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Oktober 2023

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa skripsi Saya yang berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI SUHU AIR KOLAM BENIH LOBSTER DENGAN PENGENDALI PID BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32” tidak terdapat karya orang lain dan sepanjang sepengetahuan Saya tidak pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu Saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh Saya sendiri.

Apabila pernyataan Saya tidak benar, maka Saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 November 2023



Ilham Kholid Mubarak
NPM. 1915031026

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Kebumen, pada tanggal 07 Juli 1999 sebagai anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Mukson dan Ibu Soimah. Penulis memulai pendidikan di SDN 1 Srikuncoro pada tahun 2005 hingga tahun 2011, dilanjutkan di SMPN 1 Semaka yang diselesaikan pada tahun 2014 dan SMK Muhammadiyah

Kutowinangun yang diselesaikan pada tahun 2017 serta diamanahkan menjadi Wakil Ketua Kepanduan Hizbul Wathan periode 2015/2016. Penulis sempat bekerja di PT Astra Honda Motor Plant 1 Sunter Head Office sebagai operator produksi pada Divisi Assembling Unit dari tahun 2017 hingga 2019. Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik elektro Universitas Lampung pada tahun 2019 melalui jalur masuk SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) Universitas Lampung dan tergabung pada Departemen Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi, Penulis juga menjadi asisten Laboratorium Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. Pada tahun 2022 penulis mengikuti program Kampus Merdeka yaitu Magang dan Studi Independen Bersertifikat (MSIB) *batch* 2 sebagai *Internship* di PT Great Giant Pineapple pada Departemen Research and Development Divisi Agritech Improvement tim Sensoring IoT dari bulan Februari—Juli tahun 2022. Kemudian pada MSIB *batch* 3 penulis menjadi *Internship* di PT INKA pada Divisi Perencanaan Operasi dan Penyedia Jasa dari bulan Agustus—Desember tahun 2022.

PERSEMBAHAN



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Ridho Allah SWT
Teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW Karya Tulis ini ku
persembahkan untuk:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Mukson dan Soimah

Serta Adikku Tersayang

Anisa Qurotul Aini

Terimakasih untuk semua dukungan dan doa selama ini Sehingga aku dapat
menyelesaikan hasil karyaku ini.



MOTTO



“Tidak ada bahu yang sekuat milik Ayah dan hati yang setegar milik Ibu”

“Rasa malas yang berlebihan merupakan suatu kejahatan”

“Kejujuran adalah mata uang yang berlaku di mana saja”



SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis, sehingga laporan skripsi ini yang berjudul **“RANCANG BANGUN KENDALI SUHU AIR KOLAM BENIH LOBSTER DENGAN PENGENDALI PID BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32”** dapat selesai tepat pada waktunya. Yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam, Nabi Muhammad SAW. sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari akhir zaman. Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayahanda Mukson dan Ibunda Soimah selaku orang tua yang senantiasa memberikan dukungan serta do'a kepada penulis.
2. Ibu Prof. Dr.Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung, serta dosen penguji utama yang telah memberikan banyak masukan dan dukungan kepada penulis.
4. Ibu Herlinawati,S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan juga sekaligus dosen pembimbing pedamping bagi penulis.
5. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih,S.T.,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dan telah memberikan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan studi.

6. Bapak Afri Yudamson, S.T., M.Eng. selaku pembimbing utama tugas akhir, yang telah membantu, membimbing memberi dukungan kepada penulis.
7. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T. selaku dosen penguji sekaligus Dosen yang telah memberikan topik penelitian bagi penulis.
8. Bapak Sumadi, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis selama menjalani kuliah.
9. Seluruh Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan
10. Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Teknik Elektronika yang telah memberikan banyak dukungan serta motivasi kepada penulis.
11. Kak Yudi Eka Putra, S.T.,M.T. selaku PLP Laboratorium Elektronika yang telah banyak membantu memberi arahan dan motivasi dalam mengerjakan skripsi ini.
12. Keluarga rekan-rekan BC19, Mail, Abyyu, Alwan, Ilham, Seno, Cesar, Nugraha, Khairan, Nuel, Adhi, Rivan, Sodik, Yusril, dan Adji yang senantiasa mengisi dan menemani hari-hari penulis
13. Keluarga rekan-rekan di Laboratorium Teknik elektronika, Raisya, Nanda, Lukita, Bagung, Ahlul, Mutia, Fadhil, Ryandi, Bagus, Ridwan, Adzom, Annisa, Rahmat, dan Andres yang selalu memberikan dukungan, hiburan, pertolongan, dalam setiap proses apapun selama menjadi asisten laboratorium teknik elektronika.
14. Keluarga besar ETERNITY Angkatan 2019, yang telah memberikan banyak motivasi, nilai-nilai sosial, dan bantuan dalam berbagai hal.
15. Keluarga besar HIMATRO UNILA, yang telah menjadi wadah dalam mengembangkan nilai-nilai organisasi bagi penulis.
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dan terlibat langsung maupun tidak langsung yang telah membantu penulis dalam pembuatan skripsi.

Semoga Allah SWT membalas semua perbuatan dan kebaikan yang telah diberikan kepada Penulis sampai dengan terselesaikannya Skripsi ini. Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari segi penyusunan maupun pemilihan kata. Maka dari itu penulis terbuka untuk menerima masukan kritik dan saran yang dapat membangun Penulis kedepannya. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, November 2023

Penulis,

Ilham Kholid Mubarak

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
LEMBAR PERSETUJUAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
PERSEMBAHAN	ix
SANWACANA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Hipotesis	3
1.7 Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5

2.2 Sistem Kendali Suhu.....	6
2.3 Pengendali PID	7
2.3.1 Kendali Proporsional.....	7
2.3.2 Kendali Integral.....	8
2.3.3 Kendali Derivatif.....	8
2.3.4 Kendali PID.....	9
2.5 ESP32	10
2.6 Sensor DS18B20	11
2.7 Driver motor BTS7960	12
2.8 <i>Thermoelectric cooler</i> atau peltier tipe TEC1 – 12706.....	13
2.9 Arduino IDE	14
III. METODE PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Tahapan Penelitian	17
3.3.1 Diagram Alir Penelitian	17
3.4 Perancangan Alat.....	19
3.4.1 Diagram skematik perancangan alat	19
3.4.2 Diagram blok perancangan alat.....	20
3.4.3 Diagram blok sistem kendali.....	21
3.5 Metode Pengujian.....	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Prinsip kerja alat.....	24
4.2 Hasil Pengujian Komponen.....	26

4.3 Hasil dan pengujian alat	38
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gambaran sederhana sistem kendali	6
Gambar 2.2	Diagram blok sistem kendali proporsional	7
Gambar 2.3	Diagram blok sistem kendali integral.....	8
Gambar 2.4	Diagram blok sistem kendali derivatif	9
Gambar 2.5	Diagram blok sistem kendali PID	10
Gambar 2.6	Mikrokontroler ESP32 dan pin keluarannya.....	10
Gambar 2.7	Sensor DS18B20	12
Gambar 2.8	<i>Driver</i> motor BTS7960	13
Gambar 2.9	<i>Thermoelectric cooler</i> atau peltier tipe TEC1 – 12706.....	24
Gambar 2.10	Tampilan aplikasi Arduino IDE.....	15
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3.2	Diagram skematik perancangan alat	19
Gambar 3.3	Diagram blok perancangan alat.....	20
Gambar 3.4	Diagram blok sistem kendali alat	21
Gambar 3.5	Diagram alir perancangan alat	22
Gambar 4.1	Boks panel mikrokontroler, LCD, dan <i>motor driver</i> BTS7960	25
Gambar 4.2	<i>Thermoelectric cooler</i> atau peltier yang sudah dirakit dengan <i>waterblock</i> dan kipas.....	25
Gambar 4.3	<i>Waterpump</i> DC untuk mengalirkan air melalui selang ke <i>waterblock</i> yang ada pada sisi dingin peltier	26
Gambar 4.4	Rangkaian pengujian dan kalibrasi sensor DS18B20	27
Gambar 4.5	Pengujian dan kalibrasi sensor DS18B20 dengan termometer	28

Gambar 4.6 Rangkaian pengujian <i>motor driver</i> BTS7960	29
Gambar 4.7 Pengujian <i>motor driver</i> BTS7960	30
Gambar 4.8 Rangkaian pengujian perangkat peltier	31
Gambar 4.9 Pengujian perangkat peltier	32
Gambar 4.10 Halaman login platform <i>thingspeak</i>	33
Gambar 4.11 Pengaturan <i>channel</i> pada platform <i>thingspeak</i>	33
Gambar 4.12 Tampilan data yang dikirim pada platform <i>thingspeak</i>	34
Gambar 4.13 Tampilan menu <i>export/import</i> pada platform <i>thingspeak</i>	35
Gambar 4.14 <i>Source code</i> pengiriman data ke platform <i>thingspeak</i> pada alat	36
Gambar 4.15 Proses <i>tuning</i> parameter PID pada aplikasi Arduino IDE.....	39
Gambar 4.16 Grafik perbedaan antara suhu air dan suhu ruangan pada saat nilai <i>set point</i> 28°C	41
Gambar 4.17 Pengujian keseluruhan sistem alat dengan nilai <i>set point</i> 28°C	41
Gambar 4.18 Grafik perbedaan antara suhu air dan suhu ruangan pada saat nilai <i>set point</i> 25,5°C	44
Gambar 4.19 Pengujian keseluruhan sistem alat dengan nilai <i>set point</i> 25,5°C ...	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Respon sistem kendali PID	9
Tabel 2.2 Spesifikasi mikrokontroler ESP32	11
Tabel 2.3 Spesifikasi sensor DS18B20	12
Tabel 2.4 Spesifikasi <i>motor driver</i> BTS7960	13
Tabel 2.5 Spesifikasi <i>Thermoelectric cooler</i> atau peltier tipe TEC1-12706	14
Tabel 4.1 Hasil pengujian dan kalibrasi sensor DS18B20	27
Tabel 4.2 Hasil pengujian <i>motor driver</i> BTS7960	29
Tabel 4.3 Hasil pengujian perangkat peltier	31
Tabel 4.4 Hasil pengujian pengiriman data pada platform <i>thingspeak</i>	37
Tabel 4.5 Pengujian nilai parameter PID menggunakan metode <i>trial and eror</i>	38
Tabel 4.6 Hasil percobaan pada nilai <i>set point</i> 28°C	40
Tabel 4.7 Hasil percobaan pada nilai <i>set point</i> 25,5°C	43

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lobster air tawar merupakan salah satu jenis krustase yang memiliki ukuran dan bentuk tubuh hampir sama dengan lobster air laut. Lobster ini memiliki keunggulan dibandingkan lobster air laut, diantaranya sudah dapat dibudidayakan dan teknik budidayanya lebih mudah dibanding udang windu dan udang galah. Lobster air tawar sudah banyak dikembangkan dalam skala akuarium atau kolam sebagai komoditi konsumsi dan hias [1].

Pada dunia perikanan khususnya tambak lobster, proses pembenihan lobster sangatlah penting untuk meningkatkan produksi lobster tersebut. Kondisi kolam tambak yang dipakai akan sangat berperan penting dalam proses pembenihan lobster tersebut, terutama kondisi suhu pada kolam tambak tersebut harus stabil untuk menjaga kualitas pertumbuhan benih lobster pada kolam tersebut. Lobster air tawar memiliki pertumbuhan dan tingkat sintasan yang baik pada suhu 24°C—30°C [2].

Pada umumnya sistem pengontrol suhu air masih menggunakan relay sebagai saklar untuk menghidupkan dan mematikan pemanas atau pendingin, namun cara ini tentunya masih kurang efektif, karena respon dari relay yang cenderung lama. Kemudian ketika relay yang berfungsi sebagai saklar mematikan atau memutus arus listrik pada pemanas, maka nantinya pemanas akan butuh waktu yang lama untuk mencapai titik panas yang diinginkan ketika relay menghidupkannya kembali.

Penggunaan sistem kendali PID atau *Proportional Integral Derivative* bertujuan untuk tetap menjaga suhu pada air kolam belah lobster tetap stabil agar pertumbuhan benih lobster tetap bagus dan tidak terhambat. Sehingga nantinya lobster yang dihasilkan akan memiliki kualitas dan kuantitas yang maksimal. Pada penelitian ini, penulis menggunakan mikrokontroler ESP32 karena dinilai lebih efisien karena hanya memerlukan tegangan masukan 3,3 V serta lebih mudah dalam proses

pengambilan data karena dalam *board*-nya sudah terdapat *Wi-Fi* serta *Bluetooth* sehingga dapat disambungkan dengan internet.

Pada tahun 2022 dilakukan penelitian oleh Shifa Anamika, Joni Warta, dan Prio Kustanto dengan judul “Sistem Monitoring pH, Suhu, dan Pakan Otomatis pada budidaya Lobster Air tawar Berbasis IoT Menggunakan Metode K–NN”. Perbedaan penelitian ini adalah pada parameter yang diukur, yaitu pH, suhu, pakan serta pada penelitian tersebut hanya untuk monitoring [3]. Pada tahun 2016 dilakukan penelitian oleh Ramadan Firdaus dan Wildan Zulfikar dengan judul “Pengontrol Suhu ruangan menggunakan Metode PID“. Perbedaan penelitian ini adalah sistem kendali PID digunakan untuk mengontrol suhu ruangan [4]. Pada tahun 2015 dilakukan penelitian oleh Adiel Megindo dan Eko Ariyanto dengan judul “Sistem Kontrol Suhu Air Menggunakan pengendali PID dan Volume Air pada Tangki Pemanas Air Berbasis ArduinoUno“. Perbedaan penelitian ini adalah sistem kendali PID digunakan untuk mengontrol volume air serta mikrokontroler yang digunakan Arduino Uno [5]. Pada tahun 2020 dilakukan penelitian oleh M Komarudin, H D Septama, T Yuliyanti, A Yudamson, J Hendri, dan M A D Arafat dengan judul “*Multi Node Sensors for Water Quality Monitoring Towards Precision Aquulture*“. Perbedaan penelitian ini adalah parameter yang diukur berupa pH, suhu, salinitas serta bertujuan untuk monitoring [6].

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang sistem kendali suhu air kolam benih lobster dengan pengendali PID (*Proportional Integral Derivative*) menggunakan mikrokontroler ESP32.
2. Mengimplementasikan sistem kendali air kolam benih lobster dengan pengendali PID (*Proportional Integral Derivative*) menggunakan mikrokontroler ESP32.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengoptimalkan suhu air kolam benih lobster agar sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, sehingga membantu peternak lobster dalam mengontrol suhu air pada kolam tambak serta membantu meningkatkan kualitas dan kuantitas lobster.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem yang dapat mengontrol suhu air kolam benih lobster dengan efisien?
2. Bagaimana menentukan indikator nilai PID yang tepat untuk mengontrol suhu air kolam benih lobster dengan efisien?

1.5 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat hanya untuk mengontrol suhu air kolam tambak lobster.
2. Alat tidak membantu monitoring suhu air kolam tambak lobster.
3. Penelitian hanya berfokus pada sistem kontrolnya.
4. Penelitian tidak membahas saat listrik padam.

1.6 Hipotesis

Alat yang dibuat menggunakan sistem kendali PID untuk mengontrol suhu air pada kolam benih lobster yang akan menyesuaikan suhu air apabila ada perubahan dari nilai suhu yang telah ditetapkan. Alat yang dibuat akan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai intergrator dalam mengendalikan *input* dan *output*. Alat akan membantu peternak tambak lobster dalam mengontrol suhu air kolam tambak lobster, sehingga diharapkan akan meningkatkan produktivitas lobster yang dihasilkan.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan dan pemahaman mengenai materi tugas akhir ini, maka tugas akhir ini dibagi menjadi 5 bab sebagai berikut.

BAB I. PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, tujuan, manfaat, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori – teori yang mendukung sistem yang mengontrol suhu air kolam tambak lobster dengan kendali PID berbasis mikrokontroler ESP – 32.

BAB III. METODE PENELITIAN

Berisi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, garis besar metode yang diusulkan, serta diagram alir metode yang diusulkan.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Memuat penjelasan hasil penelitian, pembahasan, dan perhitungan kinerja metode yang diusulkan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, dan saran – saran untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada tahun 2015 dilakukan penelitian oleh Adiel Megindo dan Eko Ariyanto dengan judul “Sistem Kontrol Suhu Air Menggunakan pengendali PID dan Volume Air pada Tangki Pemanas Air Berbasis ArduinoUno“. Perbedaan penelitian ini adalah sistem kendali PID digunakan untuk mengontrol volume air serta mikrokontroler yang digunakan berupa Arduino Uno [5].

Pada tahun 2016 dilakukan penelitian oleh Ramadan Firdaus dan Wildan Zulfikar dengan judul “Pengontrol Suhu ruangan menggunakan Metode PID “. Perbedaan penelitian ini adalah sistem kendali PID digunakan untuk mengontrol suhu ruangan menggunakan sensor suhu LM35 dan menggunakan kipas (motor DC) pada pendinginnya [4].

Pada tahun 2020 dilakukan penelitian oleh M Komarudin, H D Septama, T Yuliyanti, A Yudamson, J Hendri, dan M A D Arafat dengan judul “*Multi Node Sensors for Water Quality Monitoring Towards Precision Aqualture* “. Perbedaan penelitian ini adalah parameter yang diukur berupa pH, suhu, salinitas serta bertujuan untuk monitoring dan untuk memudahkan tindakan setelahnya, kemudian dalam penelitian tersebut menggunakan sensor yang lebih banyak serta mikrokontroler NodeMCU V3 [6].

Pada tahun 2022 dilakukan penelitian oleh Shifa Anamika, Joni Warta, dan Prio Kustanto dengan judul “Sistem Monitoring pH, Suhu, dan Pakan Otomatis pada budidaya Lobster Air tawar Berbasis IoT Menggunakan Metode K-NN“. Perbedaan penelitian ini adalah pada parameter yang diukur, yaitu pH, suhu, pakan serta pada penelitian tersebut hanya untuk monitoring yang terkoneksi dengan internet untuk memudahkan monitoring namun tidak disertakan sistem kendali dari parameter yang diukur. Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini merupakan Arduino Uno [3].

Pada penelitian ini penulis menggunakan mikrokontroler ESP32 dengan hanya menggunakan sensor suhu DS18B20 untuk mengetahui suhu pada air kolam benih lobster. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengontrol suhu air dengan metode kendali PID atau *Proportional Integral Derivative* agar suhu air tetap stabil sesuai dengan nilai suhu (*set point*) yang ditentukan.

2.2 Sistem Kendali Suhu

Sistem kendali atau kadang juga disebut sebagai sistem kendali merupakan suatu alat atau perangkat yang tersusun dan terhubung dengan tujuan untuk mengendalikan suatu alat atau sistem lain agar bekerja sesuai dengan yang kita inginkan. Sistem kendali secara umum terdiri dari *input*, *process*, dan *output*.



Gambar 2.1 Gambaran sederhana sistem kendali

Sistem kendali suhu merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengontrol suhu yang menghitung perbedaan antara *setpoint* dan suhu yang diukur atau terdeteksi oleh sensor. *Input* diambil dari sensor suhu oleh kontroler dan memiliki output yang terhubung ke elemen kendali seperti pemanas atau kipas.

Sistem kendali suhu seringkali digunakan pada alat-alat elektronik seperti pendingin ruangan untuk menjaga suhu ruangan tetap pada angka yang ditentukan sehingga kenyamanan tetap terjaga, pada setrika untuk mencegah setrika mengalami kelebihan panas atau *overheat* sehingga mencegah potensi kebakaran, pada kulkas atau lemari pendingin untuk menjaga makanan tetap segar, dan masih banyak lagi. Selain digunakan pada pendingin udara dan benda padat seperti setrika, sistem kendali suhu juga digunakan untuk mengatur suhu air seperti pada air kolam tambak ikan atau tambak udang. Hal tersebut bertujuan agar pertumbuhan dan kesehatan ikan atau udang tetap terjaga secara optimal dengan adanya suhu yang stabil.

2.3 Pengendali PID

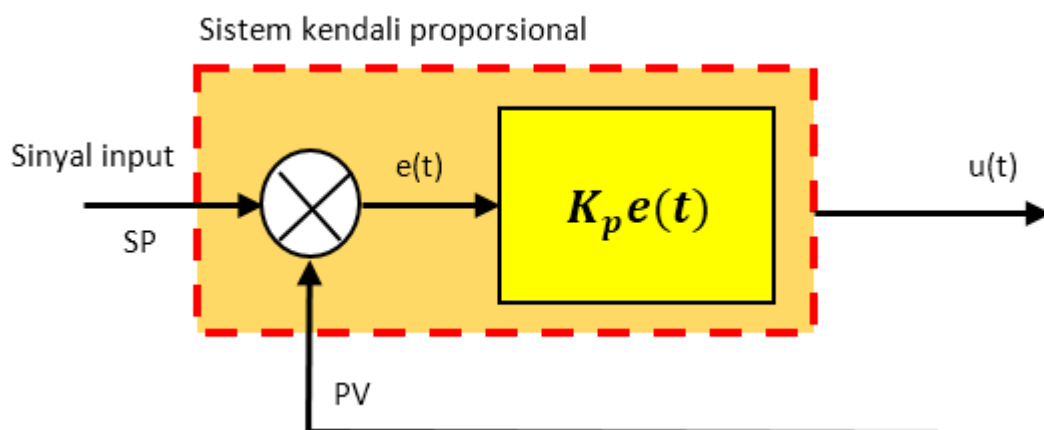
Pengendali PID (*Proportional Integral Derivative*) atau *PID controller* merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Pengendali PID merupakan pengontrol konvensional yang banyak digunakan pada dunia industri. Dalam sistem kendali PID terdapat beberapa macam aksi kendali diantaranya, yaitu aksi kendali proporsional, aksi kendali integral, dan aksi kendali derivatif. Masing-masing aksi kendali ini memiliki keunggulan tertentu, di mana aksi kendali proporsional mempunyai keunggulan *rise time* yang cepat, aksi kendali integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil error, dan aksi kendali derivatif mempunyai keunggulan untuk memperkecil error atau meredam *overshot/undershot*. Maka dari itu aksi kendali ini digabungkan menjadi satu yaitu aksi kendali proporsional integral derivative.

2.3.1 Kendali Proporsional

Sistem kendali proporsional pada dasarnya adalah penguat yang mempunyai penguatan konstan, dalam hal ini keluaran sistem kendali berbanding langsung dengan masukan. Masukan sebagai isyarat galat e merupakan sebuah fungsi waktu, jadi

$$\text{Keluaran} = K_p e \quad (1)$$

dengan K_p adalah suatu tetapan yang disebut penguatan proporsional [8].



Gambar 2.2 Diagram blok sistem kendali proporsional.

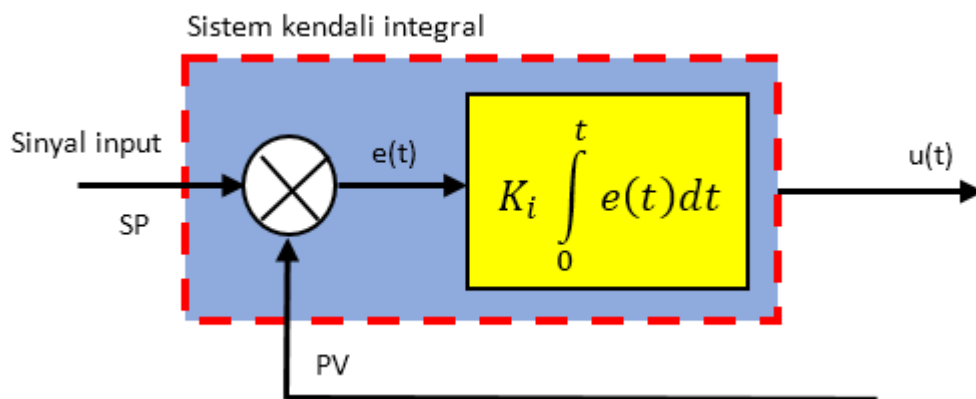
2.3.2 Kendali Integral

Sistem kendali integral merupakan sistem kendali yang memiliki keluaran integral yang sebanding dengan integral galat isyarat e terhadap waktu, yaitu

$$Keluaran = K_i \int_0^t e dt \quad (2)$$

Dalam hal ini K_i adalah suatu tetapan yang disebut penguatan integral (S^{-1}).

Kendali integral memiliki karakter akan menghilangkan kesalahan keadaan tunak, tetapi memperburuk respon transien [8].

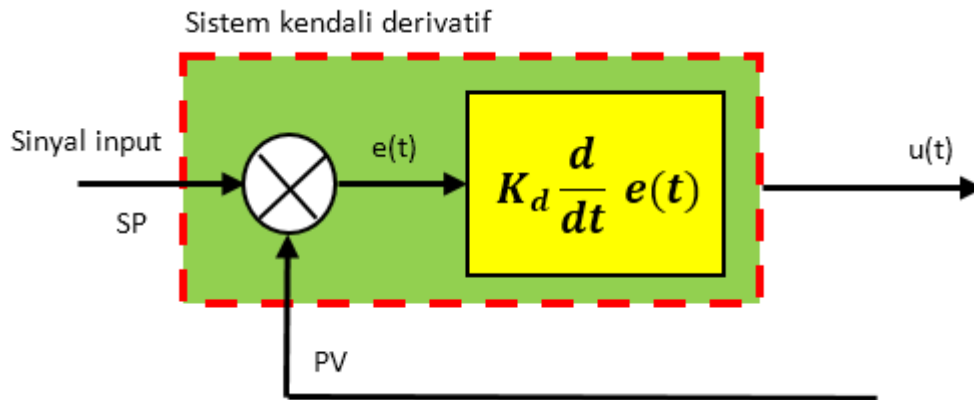


Gambar 2.3 Diagram blok sistem kendali integral.

2.3.3 Kendali Derivatif

Sistem kendali derivatif adalah sistem kendali yang memiliki karakter mampu meningkatkan stabilitas sistem, mengurangi *overshoot*, dan menaikkan respon transfer [8]. Sistem kendali derivatif mempunyai keluaran yang sebanding dengan galat e terhadap waktu, yaitu

$$Keluaran = K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (3)$$



Gambar 2.4 Diagram blok sistem kendali derivatif.

2.3.4 Kendali PID

Sistem kendali PID akan memiliki keluaran, yaitu

$$\text{Keluaran} = K_p e + K_i \int_0^t e \, dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (4)$$

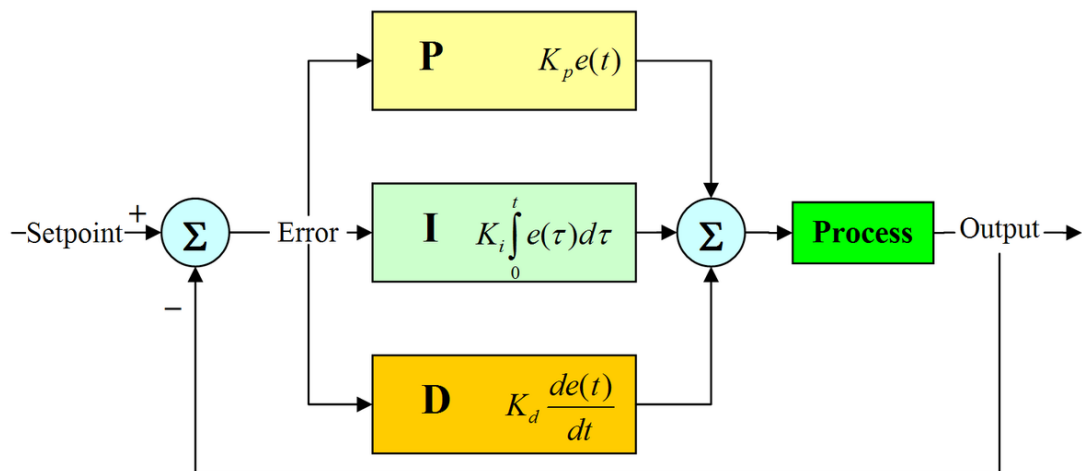
Kemudian terdapat juga fungsi alih $H(s)$ pada sistem kontrol PID yang merupakan besaran dengan nilai yang tergantung pada nilai konstanta dari P, I, dan D.

$$H(s) = \frac{K_D s^2 + K_P s + K_I}{s^2 + K_D s^2 + K_P s + K_I} \quad (5)$$

Dari sistem kendali PID akan menghasilkan respon sistem seperti pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Respon sistem kendali PID.

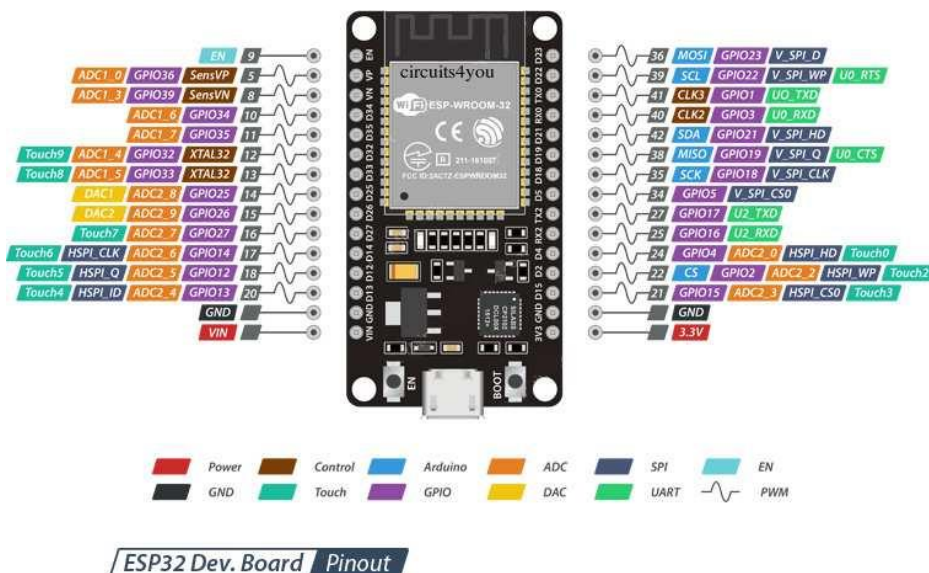
Tanggapan loop tertutup	Waktu naik	Overshoot	Waktu turun	Error steady state
Proporsional (K_P)	Menurun	Meningkat	Perubahan kecil	Menurun
Integral (K_I)	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
Derivatif (K_D)	Perubahan kecil	Menurun	Menurun	Perubahan kecil



Gambar 2.5 Diagram blok sistem kendali PID.

2.5 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif sebagai versi penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada papan mikrokontroler ESP32 sudah tersedia modul *Wi-Fi* dan juga modul *bluetooth* yang sangat mendukung untuk membuat alat dengan sistem IoT atau *Internet of Things*.



Gambar 2.6 Mikrokontroler ESP32 dan pin keluarannya.

ESP32 mampu bekerja andal di lingkungan industri, dengan suhu pengoperasian mulai dari -40°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$. Didukung oleh sistem kalibrasi canggih ESP32 dapat secara dinamis beradaptasi dengan perubahan eksternal. ESP32 mengkonsumsi daya yang rendah dan juga memiliki berbagai mode daya [9].

Tabel 2.2 spesifikasi mikrokontroler ESP32.

Chipset	ESPRESSIF-ESP32 240MHz Xtensa®single-/dual-core 32-bit LX6 microprocessor
FLASH	QSPI flash 4MB
SRAM	520 kB SRAM
On-board clock	40MHz crystal oscillator
Working voltage	2.7V—3.6V
Working current	80mA
Sleep current	0.26mA
Bluetooth	Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification NZIF receiver with -97 dBm sensitivity
Wi-Fi	802.11b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) Frequency range 2.4 GHz – 2.5 GHz
Working temperature range	-40°C — $+125^{\circ}\text{C}$
Power Supply	USB 5V/1A
Charging current	500mA
USB	Micro

2.6 Sensor DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sensor suhu atau temperatur yang memiliki keluaran digital yang bekerja dengan protokol komunikasi *one wire*. Sensor DS18B20 merupakan sensor yang tahan air serta memiliki 2 mode penggunaan, yaitu mode normal dan mode parasit. Mode normal biasanya digunakan ketika melibatkan sensor yang banyak dan membutuhkan jarak yang Panjang, sementara mode parasit digunakan ketika melibatkan sensor yang sedikit dan jarak yang pendek [10].



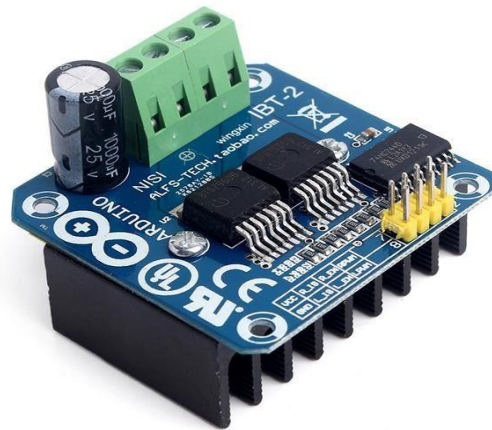
Gambar 2.7 Sensor DS18B20.

Tabel 2.3 Spesifikasi sensor DS18B20.

Tegangan operasi	3 V – 5 V
Arus	1 mA
Temperatur operasi	-55°C — +125°C
Akurasi	±0,5%
Resolusi	9—12 bit
Waktu konversi	<750 ms

2.7 Driver motor BTS7960

Driver motor BTS7960 merupakan modul kendali motor yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan dan arah putaran motor DC. Modul ini menggunakan IC BTS7960 dengan konstruksi rangkaian jembatan H [13]. Pengaturan kecepatan motor menggunakan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dimasukkan dari mikrokontroler melalui pin *enable* pada *driver* NTS7960 [12].



Gambar 2.8 *Driver* motor BTS7960.

Tabel 2.4 Spesifikasi *driver* motor BTS7960.

Tegangan input	5V—27V
Driver	Driver Motor BTS7960 Dual H Bridge DC
Catu daya	3.3V—5V
Mode kendali	PWM
Arus driver	Maksimum 43A

2.8 *Thermoelectric cooler* atau peltier tipe TEC1 – 12706

Thermoelectric cooler atau peltier merupakan perangkat termoelektrik yang dapat menyerap kalor dan melepaskan kalor pada kedua sisinya sesuai dengan arus yang diberikan. Ketika arus DC dialirkan pada perangkat peltier maka akan mengakibatkan salah satu sisi peltier menjadi dingin dan sisi lainnya menjadi panas. Peltier berbentuk padat, terdiri dari bahan semikonduktor tipis dilapisi dengan konduktor serta keramik pada sisi luarnya. *Thermoelectric cooler* atau peltier tipe TEC1 – 12706 memiliki tegangan kerja maksimal 12 Volt DC dan arus maksimal 6 Ampere.



Gambar 2.9 *Thermoelectric cooler* atau peltier tipe TEC1-12706.

Tabel 2.5 Spesifikasi *Thermoelectric cooler* atau peltier tipe TEC1-12706

Tegangan kerja	12V
Ukuran	4cm x 4cm
Jumlah thermocouple	127
Arus maksimum	6 A

2.9 Arduino IDE

Arduino IDE (*Intergrate Development Enviroment*) adalah *software* yang bersifat *open source* yang digunakan untuk membuat program, mengkompilasi, dan mengupload program ke dalam IC mikrokontroler. Arduino IDE menghasilkan file *hex* dari baris kode instruksi program yang menggunakan bahasa C yang dinamakan *sketch* setelah dilakukan *compile* dengan perintah *verify/compile*.



Gambar 2.10 Tampilan aplikasi Arduino IDE.

Arduino IDE tidak hanya digunakan untuk membuat program untuk *board* Arduino, namun juga dapat digunakan untuk *board* lainnya seperti ESP. Dalam penggunaannya hanya tinggal menambahkan *board* ESP ke dalam aplikasi Arduino IDE.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan pembuatan tugas akhir ini akan dilaksanakan mulai dari Maret—Oktober 2023, bertempat di Laboratorium Teknik Elektronika, Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa perangkat keras sebagai berikut :

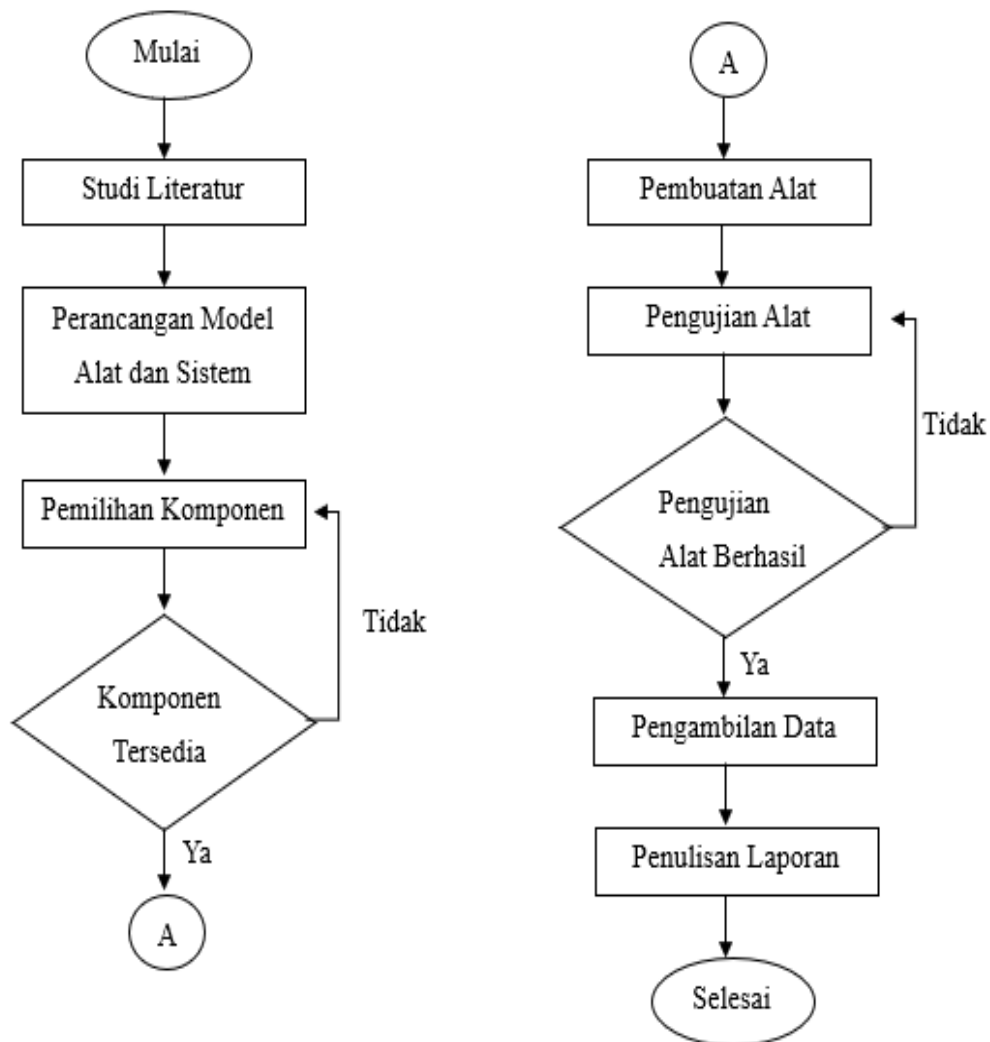
1. *Power supply* 12VDC sebagai sumber tegangan komponen.
2. ESP32 sebagai *control system*.
3. Sensor DS18B20 sebagai sensor pendeteksi suhu air kolam.
4. *Driver motor* BTS7960 sebagai kendali perangkat peltier melalui sinyal PWM dari mikrokontroler.
5. LCD 12C 20x4 untuk menampilkan suhu pada alat.
6. Sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu lingkungan.
7. Peltier kit tipe TEC1-12706 untuk mengatur suhu air kolam pada alat.
8. Laptop untuk memprogram alat.
9. Selang air diameter 1cm untuk mensirkulasikan air pada *waterblock dan* aquarium.
10. Aquarium untuk menampung air dan benih lobster.
11. *Waterpump* atau pompa air mini 12VDC untuk memompa air pada aquarium.
12. *Aerator microbubble* untuk memasok oksigen pada kolam/aquarium.
13. *Junction box* untuk wadah panel mikrokontroler, *driver motor*, dan LCD.
14. *Waterblock* untuk membuang sisi dingin atau panas peltier ke air.

3.3 Tahapan Penelitian

Adapun penelitian ini dilakukan dengan tahapan, sebagai berikut :

3.3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dituliskan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

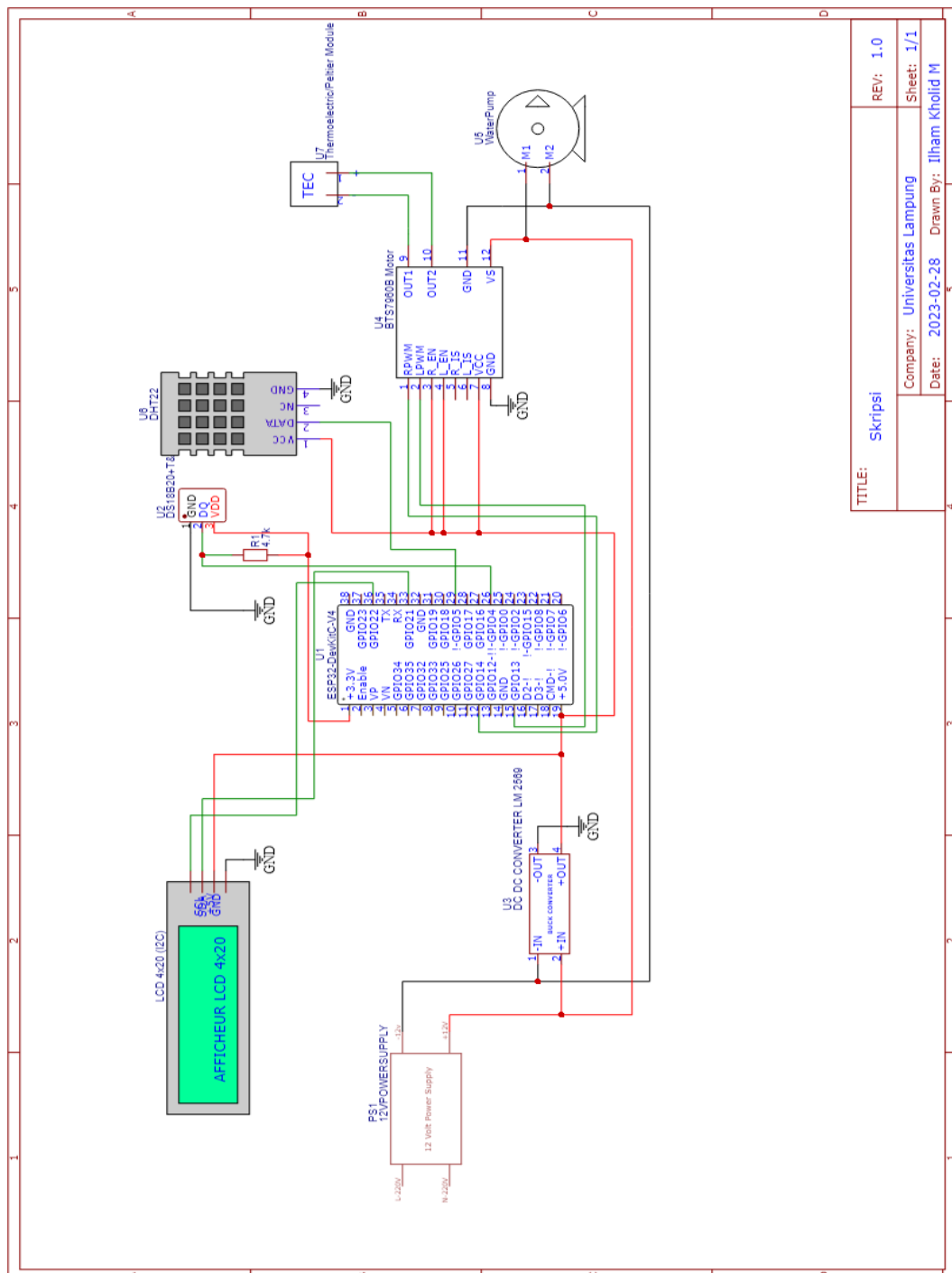
Berdasarkan Gambar 3.1 penelitian akan dimulai dari studi literatur, di mana penulis akan mencari referensi terkait dengan dengan penelitian yang akan dilakukan dari berbagai sumber seperti, buku, jurnal penelitian terkait, ataupun skripsi terdahulu. Kemudian akan dilanjutkan dengan perancangan model alat dan sistem mengenai akan seperti apa alat yang dibuat serta bagaimana cara kerjanya,

dilanjutkan dengan pemilihan komponen untuk pembuatan alat di mana apabila komponen tersedia maka penelitian akan dilanjutkan dan apabila belum tersedia maka akan dilakukan pemilihan komponen kembali. Selanjutnya dilanjutkan dengan pembuatan alat kemudian dilakukan pengujian alat, apabila dalam pengujian belum berhasil maka akan dilakukan pengujian kembali hingga berhasil lalu dilakukan pengambilan data. Kemudian apabila pengambilan data sudah dilakukan dan sudah memenuhi kriteria yang diharapkan maka akan dilakukan penulisan laporan berdasarkan data tersebut.

3.4 Perancangan Alat

3.4.1 Diagram skematik perancangan alat

Diagram skematik perancangan alat sebagai berikut.

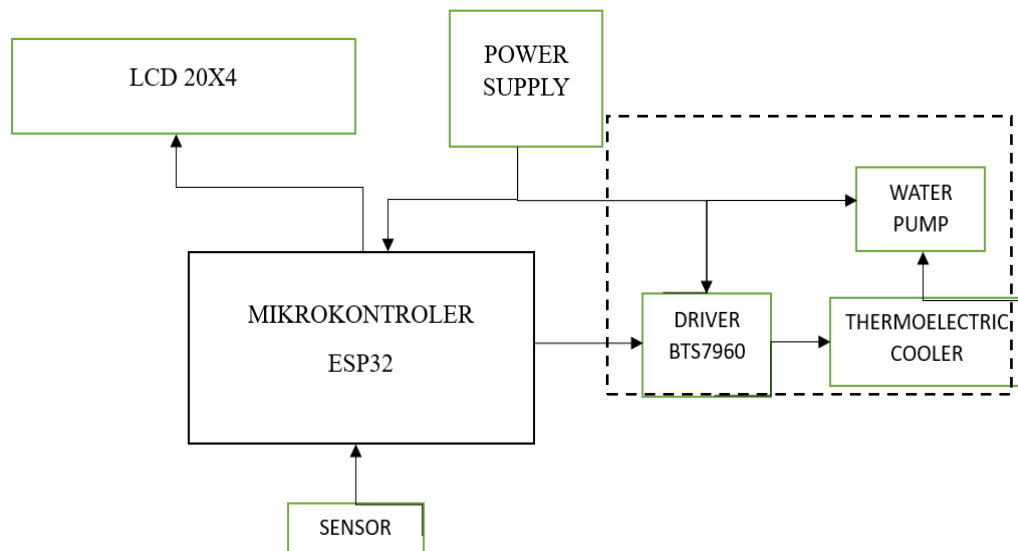


TITLE: Skripsi	REV: 1.0
Company: Universitas Lampung	Sheet: 1/1
Date: 2023-02-28	Drawn By: Ilham Kholid M

Gambar 3.2 Diagram skematik perancangan alat.

3.4.2 Diagram blok perancangan alat

Diagram blok perancangan alat adalah sebagai berikut

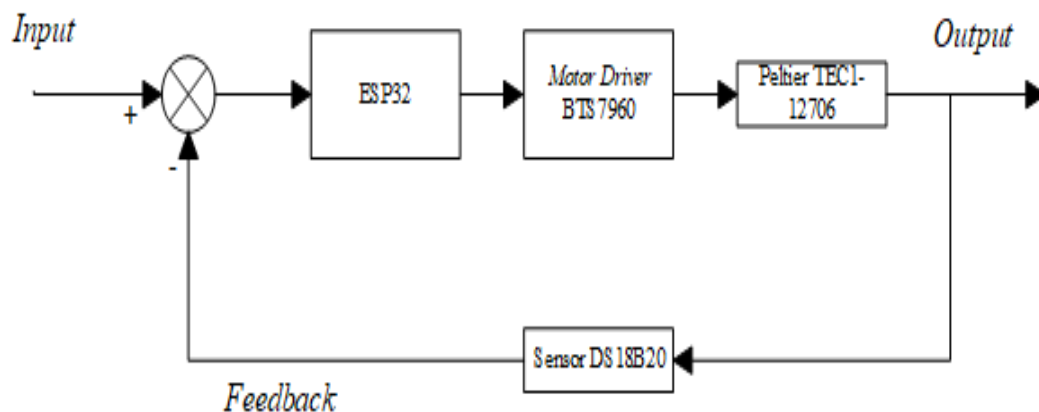


Gambar 3.3 Diagram blok perancangan alat

Perancangan alat dimulai setelah semua alat dan bahan tersedia dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Sistem terdiri dari mikrokontroler ESP32 sebagai integrator dan sebagai inti dari alat, kemudian sensor suhu DS18B20 untuk mendeteksi suhu pada air kolam. Terdapat juga *motor driver* BTS7960 sebagai pengatur tegangan pada heater dan juga kondensor berdasarkan nilai PWM, untuk *Driver* motor BTS7960 ini mendapatkan tegangan masukan sebesar 12 V DC dari *power supply*. Kemudian terdapat LCD 20x4 yang berfungsi untuk menampilkan nilai suhu air, nilai suhu lingkungan, nilai *set point*, dan nilai PWM. *Thermoelectric cooler* atau perangkat peltier berfungsi mengatur suhu air kolam ketika nilai suhu yang terdeteksi pada sensor berbeda dari nilai suhu *set point*. Cara kerja alat dapat dilihat pada Gambar 3.2 Diagram alir perancangan alat.

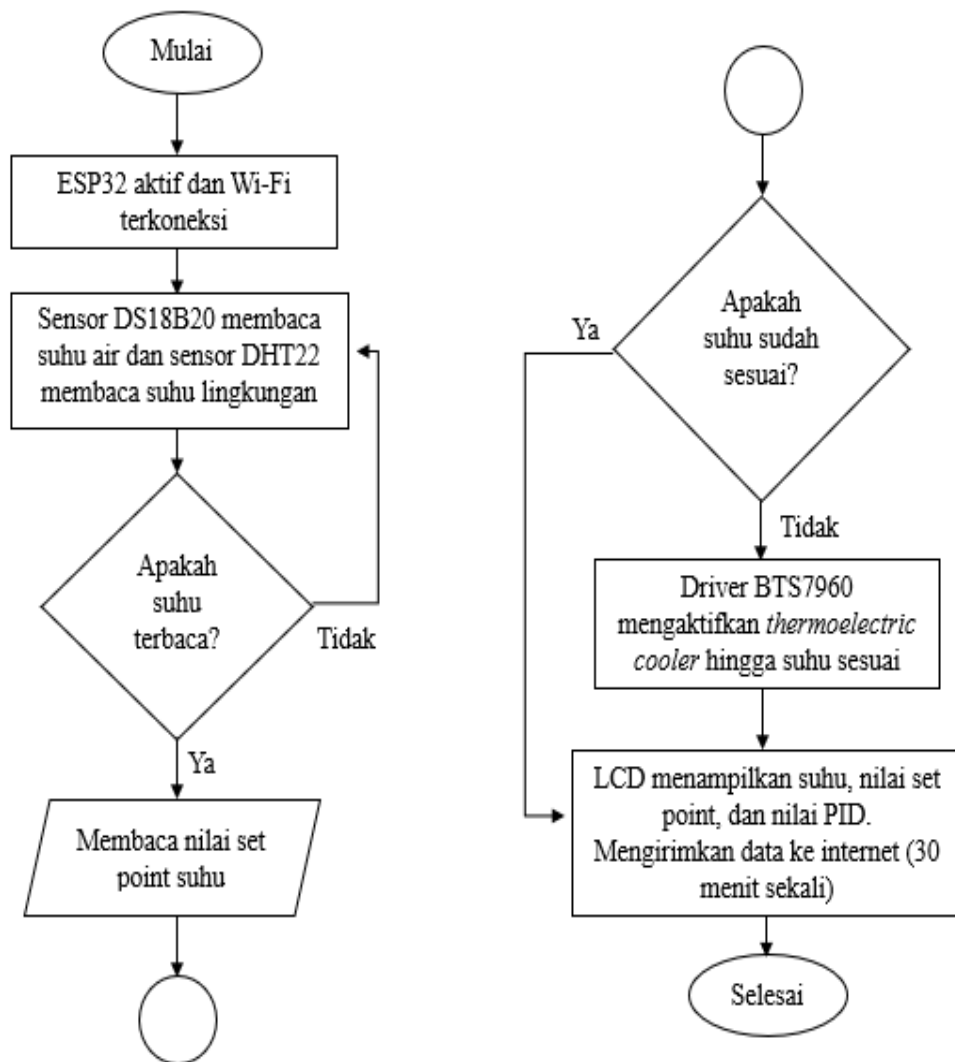
3.4.3 Diagram blok sistem kendali

Diagram blok sistem kendali adalah sebagai berikut



Gambar 3.4 Diagram blok sistem kendali alat

Berdasarkan Gambar 3.4 Diagram blok sistem terdiri dari mikrokontroler ESP32 sebagai elemen kendalinya, selanjutnya terdapat *motor driver* BTS7960 sebagai elemen koreksi atau aktuator yang menghasilkan perubahan pada proses atau *plant* dan peltier TEC1-12706 sebagai proses atau *plant*. Kemudian terdapat sensor DS18B20 sebagai *feedback* atau umpan balik yang merupakan elemen pengukuran untuk menentukan aksi apabila terjadi eror pada nilai yang diukur.



Gambar 3.5 Diagram alir perancangan alat

Berdasarkan Gambar 3.5 Diagram alir perancangan alat dimulai dengan mikrokontroler ESP32 aktif. Kemudian dilanjutkan dengan sensor akan membaca suhu air. Apabila suhu air terbaca oleh sensor maka akan dilanjutkan ke proses selanjutnya namun apabila tidak terbaca maka sensor akan membaca kembali. Selanjutnya dilanjutkan dengan sistem membaca nilai *set point* suhu yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian diteruskan dengan nilai suhu yang terdeteksi, apakah sudah sesuai dengan nilai *set point* yang telah dimasukkan, apabila sudah sesuai maka LCD akan menampilkan nilai suhu terdeteksi, nilai *set point*, dan nilai PID. Namun apabila belum sesuai maka *motor driver* BTS7960 akan mengaktifkan atau memberikan tegangan kepada pendingin/penghangat untuk menyesuaikan nilai suhu hingga sesuai dengan nilai *set point* yang telah dimasukkan.

3.5 Metode Pengujian

Adapun pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian sensor DS18B20, yaitu untuk mengetahui apakah sensor dapat membaca suhu air secara akurat atau tidak.
2. Pengujian *motor driver* BTS7960, yaitu untuk mengetahui apakah *driver* dapat berfungsi secara baik dalam menerima sinyal PWM dari mikrokontroler dan mengaktifkan *thermoelectric cooler*.
3. Pengujian perangkat peltier, untuk mengetahui apakah perangkat peltier dapat berfungsi dalam menurunkan suhu air.
4. Penentuan dan pengujian nilai parameter PID menggunakan metode *trial and error*, yaitu dengan memasukkan nilai PID ke dalam *source code* pada aplikasi Arduino IDE dan melihat responnya pada serial monitor hingga didapatkan nilai PID yang ideal.
5. Pengujian respon nilai parameter PID terhadap alat, yaitu untuk mengetahui respon alat terhadap nilai PID yang telah ditentukan sebelumnya menggunakan aplikasi. Nantinya nilai PID akan dimasukkan ke *source code* atau program pada mikrokontrolernya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah didapatkan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Telah terealisasi alat kendali suhu pada air kolam benih lobster dengan menggunakan metode PID berbasis mikrokontroler ESP32 dengan nilai rata-rata suhu pada nilai *set point* 25,5°C yaitu 25,50°C serta berdasarkan hasil pengujian dan kalibrasi sensor DS18B20 didapatkan nilai rata-rata eror dari sensor sebesar 0,18°C.
2. Dalam pembuatan sistem kendali didapatkan nilai parameter PID yang ideal dengan metode *trial and error* yaitu, nilai $K_p = 8,0$, $K_i = 0,6$ dan $K_d = 0,6$.

5.2 Saran

Adapun saran yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan *heatsink* dan kipas yang lebih besar pada perangkat peltier agar proses pendinginan lebih cepat.
2. Menggunakan metode *tuning* PID yang lain seperti Ziegler Nichols untuk mengurangi nilai *overshoot* dan mempercepat respon.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lengka, Kedis. Magdalena Kolopita., dan Siti Asma. 2013. Teknik Budidaya Lobster (*Cherax quadricarinatus*) Air Tawar di Balai Budidaya Air tawar (BBAT) Tatelu. *Budidaya Perairan*, Vol.1, No.1, 15 – 21.
- [2] Kusmini, Irin Iriana. Wartono Hadi., dan Elinda P Sianipar. 2006. Suhu Optimum Untuk Laju Pertumbuhan dan Sintasan Benih Lobster Air Tawar *Cherax quadricarinatus*. *Jurnal Riset Akuatur*, Vol.1, No.1.
- [3] Anamika, Shifa. Joni Warta., dan Prio Kustanto. 2022. Sistem Monitoring pH, Suhu, dan Pakan Otomatis pada Budidaya Lobster air Tawar Berbasis IoT Menggunakan Metode K-NN. *Jurnal Of Information and Information Security (JIFORTY)*, Vol.3, No.2.
- [4] Firdaus, Ramadan dan Wildan Zulfikar. 2016. Pengontrol Suhu Ruangan Menggunakan Metode PID. *Telekontran*, Vol.4, No.2.
- [5] Megido, A dan Ariyanto E. 2016. Sistem Kontrol Suhu Air Menggunakan Pengendali PID dan Volume Air Pada Tangki Pemanas Air Berbasis Arduino Uno. *Gema Teknologi*, Vol.8, No.4.
- [6] Komarudin, M dkk. 2020. *Multi Node sensors for Water Quality Monitoring Towards Precision Aquaulture*. IOP Conf. Series: Earth and environmental Science, 739 (2021) 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/739/1/012026>.
- [7] Tumembouw, S Sipriana. 2011. Kualitas Air Pada Kolam Lobster Air Tawar (*Cherax quadricarinatus*) di BBAT Tatelu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan tropis*, Vol.VII-3.
- [8] Setyawan, FX Arinto dkk. 2016. *Dasar Sistem Kendali*. Bandar Lampung: Anugerah Utama Raharja.

- [9] Espressif. 2015. ESP32. Diakses pada 5 Maret 2023, dari <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>.
- [10] Universitas Medan Area. 2021. Menggunakan Sensor Suhu DS18B20. Diakses pada 8 Maret 2023, dari <https://elektro.uma.ac.id/2021/03/10/10780/>.
- [11] Huda, Muhammad Bagus Roudlotul. 2022. Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino. JRM, Vol.7, No.2:18—23.
- [12] Andriansyah, Andi dan Oka Hidayatama. 2013. Rancang Bangun Prototipe Elevator Menggunakan *Microcontroller* Arduino Atmega 328P. Jurnal Teknologi Elektro Universitas Mercu Buana, Vol.4, No.3. ISSN:2086-9479.
- [13] L298N Motor Driver Module. 2021. Diakses pada 8 Maret 2023, dari <https://components101.com/modules/l293n-motor-driver-module>.
- [14] Lestari, Poppy Dwi dan Abdul Hadi. 2012. Desain PI *Controller* Menggunakan Ziegler Nichols *Tuning* pada Proses Nonlinier Multivariabel. Jurnal Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sultan Syarif Kasim Riau. ISSN:2085-9902.
- [15] Ernawati, E., Crisbiyantoro, C. 2017. Teknik Pembenihan Lobster Air Tawar *Red Claw (Cherax quadricarinatus)* di Unit Pembenihan Budidaya Air Tawar (UPBAT) Punten Kota Batu Jawa Timur. Agromix, Vol.4, No.3:65—71.