

SKRIPSI

**PENGUNAAN NEURAL NETWORK DALAM TUNING KONTROLER
PROPORTIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVE UNTUK MENGATUR SUHU DAN
KELEMBABAN DALAM INKUBATOR JAMUR TIRAM**

Disusun dan diajukan oleh

STEVE LUKIS
D42116006



DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGUNAAN NEURAL NETWORK DALAM TUNING KONTROLER PROPORTIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVE UNTUK MENGATUR SUHU DAN KELEMBABAN DALAM INKUBATOR JAMUR TIRAM

Disusun dan diajukan oleh:

STEVE LUKIS

D421 16 006

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas
Hasanuddin

pada tanggal 1 Februari 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

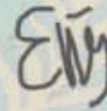
menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Ir. Christoforus Yohannes, M.T.
NIP. 19600716 198702 1 002



Elly Warni, S.T., M.T.
NIP. 19820216 200812 2 001



Ketua Program Studi,

Drs. Anil Ahmad Ilham, S.T., M.IT
NIP. 19731010 199802 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Steve Lukis
NIM : D421 16 006
Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

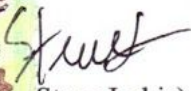
**PENGUNAAN NEURAL NETWORK DALAM TUNING KONTROLER
PROPORTIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVE UNTUK MENGATUR SUHU DAN
KELEMBABAN DALAM INKUBATOR JAMUR TIRAM**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 1 Februari 2021

Yang menyatakan,

 
Steve Lukis)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena kasih-Nya yang maha besar sehingga skripsi yang berjudul “PENGUNAAN NEURAL NETWORK DALAM TUNING KONTROLER PROPORTIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVE UNTUK MENGATUR SUHU DAN KELEMBABAN DALAM INKUBATOR JAMUR TIRAM” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Strata-1 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan laporan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan masa penyusunan skripsi. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tua penulis, Bapak Walus Lukis dan Ibu Meriani yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat serta selalu sabar dalam mendidik penulis sejak kecil.
2. Bapak Ir. Christoforus Yohannes, M.T., selaku pembimbing 1 dan Ibu Elly Warni, S.T., M.T., selaku pembimbing II yang selalu menyediakan waktu, tenaga, pikiran dan perhatian yang luar biasa untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Dr. Amil Ahmad Ilham, S.T., M.IT., selaku Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bimbingannya selama masa perkuliahan penulis.
4. Para sahabat dalam grup Salorant yang telah memberikan banyak bantuan selama proses penulisan laporan penelitian dan dukungan moral.
5. Teman-teman Igniter FT-UH atas dukungan dan semangat yang diberikan selama ini.

6. Segenap staf dan Dosen Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu penulis.
7. Orang-orang berpengaruh lainnya yang tanpa sadar telah menjadi inspirasi bagi penulis.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Pengasih berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah banyak membantu. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu.

Makassar, Januari 2021

ABSTRAK

Dalam rangka memenuhi kebutuhan akan pangan, manusia senantiasa berusaha mencari sumber bahan pangan baru. Salah satu tanaman yang dijadikan sebagai bahan pangan oleh manusia adalah jamur. Salah satu spesies jamur yang dikonsumsi manusia adalah *Pleurotus ostreatus* atau jamur tiram. Jamur tiram dipilih untuk dikonsumsi oleh manusia karena kandungan gizinya yang tinggi. Konsumsi jamur di Indonesia mencapai 50 ribu ton, sedangkan produksi jamur di Indonesia baru mencapai 37 ribu ton. Indonesia belum mampu memasok kebutuhan jamur domestik. Peluang untuk melakukan budidaya jamur tiram sangat besar. Salah satu alasan rendahnya produksi jamur tiram di Indonesia adalah karena faktor lingkungan. Jamur tiram membutuhkan suhu yang relatif lebih rendah dan kelembaban lebih tinggi dibanding keadaan di dataran rendah. Petani jamur tiram menyiasati hal ini dengan menyemprot air ke dalam kumbung secara manual. Oleh sebab itu, penelitian sistem pengatur suhu dan kelembaban dalam inkubator jamur tiram menggunakan kontrol PID yang di-*tuning* otomatis dengan *neural network* diusulkan. Sistem dari penelitian ini terdiri dari sistem perangkat keras dan sistem perangkat lunak. Penelitian sistem perangkat lunak terdiri dari dua tahapan, yakni tahap *training* dan *testing*. *Neural network* yang digunakan menerima 2 masukan berupa nilai keadaan awal dan nilai keadaan *setpoint* dan memberi 3 keluaran berupa parameter kontroler PID. Untuk mengoptimasi *neural network* digunakan algoritma genetika dengan fungsi fitness berdasarkan nilai *integral absolute time error*. Hasil dari penelitian ini untuk pengatur suhu adalah *rise time* selama 221 detik, *maximum overshoot* sebesar 27,12 derajat celsius, *peak time* selama 433 detik, dan *settling time* selama 642 detik, sedangkan untuk pengatur kelembaban adalah *rise time* selama 46 detik, *maximum overshoot* sebesar 84.4248%, *peak time* selama 107 detik, dan *settling time* selama 340 detik.

Kata kunci: jamur tiram, kontroler PID, *neural network*, algoritma genetika

ABSTRACT

In order to meet the need for food, humans are always trying to find new food sources. One of the plants used as food by humans is a fungus. One species of fungus that is consumed by humans is *Pleurotus ostreatus* or oyster mushrooms. Oyster mushrooms are chosen for human consumption because of their high nutritional content. Mushroom consumption in Indonesia has reached 50 thousand tons, while mushroom production in Indonesia has only reached 37 thousand tons. Indonesia has not been able to supply domestic mushroom needs. The opportunity to cultivate oyster mushrooms is very large. One of the reasons for the low production of oyster mushrooms in Indonesia is due to environmental factors. Oyster mushrooms require relatively lower temperatures and higher humidity than conditions in the lowlands. Oyster mushroom farmers get around this by spraying water into the kumbung manually. Therefore, research of temperature and humidity control systems in oyster mushroom incubators using PID controls tuned automatically with a neural network is proposed. The system of this research consists of hardware systems and software systems. Research on software systems consists of two stages, namely the training and testing stages. The neural network used accepts 2 inputs in the form of initial state values and setpoint state values and gives 3 outputs in the form of PID controller parameters. To optimize the neural network, a genetic algorithm is used with a fitness function based on the integral value of absolute time error. The results of this study for temperature control are a rise time of 221 seconds, a maximum overshoot of 27.12 degrees Celsius, a peak time of 433 seconds, and a settling time of 642 seconds, while for humidity control is a rise time of 46 seconds, a maximum overshoot of 84.4248%, peak time for 107 seconds, and settling time for 340 seconds.

Keywords: oyster mushroom, PID controller, neural network, genetic algorithm

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	1
ABSTRAK	3
ABSTRACT	4
DAFTAR ISI	5
DAFTAR GAMBAR	7
DAFTAR TABEL	10
BAB I	
PENDAHULUAN	11
Latar Belakang	11
Rumusan Masalah	13
Tujuan Penelitian	13
Manfaat Penelitian	14
Batasan Masalah Penelitian	14
Metode Penelitian	14
Sistematika Penulisan	16
BAB II	
TUJUAN PUSTAKA	17
Jamur Tiram	17
Elemen Peltier	18
Bottle Caps Humidifier	19
Sensor BME280	20
Modul MOSFET IRF520	21
NodeMCU	21
Kontroler Proportional-Integral-Derivative (PID)	22
Artificial Intelligence	25
Machine Learning	26
Reinforcement Learning	27
Artificial Neural Network	28
Algoritma Genetika	29
Penelitian Terkait	35
BAB III	
METODOLOGI PENELITIAN	38
Tahapan Penelitian	38

Waktu dan Lokasi Penelitian	39
Instrumen Penelitian	39
Teknik Pengambilan Data	40
Sistem Perangkat Keras	41
Sistem Perangkat Lunak	49
3.6.1 Input Step Response Data	51
3.6.2 Transfer Function Identification	52
3.6.3 Neural Network Optimization	53
3.6.4 Input Initial State	60
3.6.5 Auto-tuning PID Controller	61
3.6.6 PID Controller Running	61
3.6.7 Analisis Kinerja Sistem	63
BAB IV	
HASIL DAN PEMBAHASAN	64
Hasil Penelitian	64
Pembahasan	74
BAB V	
PENUTUP	78
Kesimpulan	78
Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80
LAMPIRAN	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jamur Tiram	18
Gambar 2.2 Peltier TEC 12705	19
Gambar 2.3 Bottle Caps Humidifier	20
Gambar 2.4 Sensor BME280	20
Gambar 2.5 Modul MOSFET IRF520	21
Gambar 2.6 Konfigurasi Pin NodeMCU	22
Gambar 2.7 Visualisasi Blok Diagram Kontroler PID	23
Gambar 2.8 Visualisasi Supervised Learning	26
Gambar 2.9 Visualisasi Unsupervised Learning	27
Gambar 2.10 Visualisasi Reinforcement Learning	28
Gambar 2.11 Arsitektur Single Layer Network	29
Gambar 2.12 Arsitektur Multi Layer Network	29
Gambar 2.13 Visualisasi Tournament Selection	32
Gambar 2.14 Visualisasi Proportional Roulette Wheel Selection	33
Gambar 2.15 Visualisasi Single-Point Crossover	34
Gambar 2.16 Visualisasi N-Point Crossover dengan $N=2$	34
Gambar 2.17 Visualisasi Mutasi pada Kromosom	34
Gambar 3.1 Diagram Tahapan Penelitian	38
Gambar 3.2 Diagram sistem perangkat keras	41
Gambar 3.3 Rangkaian skematik mikrokontroler	43
Gambar 3.4 Grafik hubungan besar tegangan terhadap suhu pada sisi dingin <i>peltier</i>	49
Gambar 3.5 Rancangan Sistem Perangkat Lunak	51

Gambar 3.6 Contoh data step response	52
Gambar 3.7 (a) Source code untuk mengimpor data csv sebagai larik dalam MATLAB. (b) Memasukkan data ke dalam MATLAB System Identification. (c) Proses estimasi transfer function.	52
Gambar 3.8 Visualisasi struktur neural network yang digunakan	54
Gambar 3.9 Alur kerja optimasi neural network dengan algoritma genetika	55
Gambar 3.10 Source code untuk menghasilkan populasi awal acak	56
Gambar 3.11 (a) Source code untuk komputasi neural network. (b) Source code untuk menggunakan output neural network sebagai parameter kontroler PID. (c) Source code untuk melakukan simulasi berdasarkan transfer function.	56
Gambar 3.12 Source untuk menghitung Integral Absolute Time Error	58
Gambar 3.13 Source code untuk melakukan selection menggunakan metode fitness proportionate selection	59
Gambar 3.14 (a) Ilustrasi proses crossover. (b) Source code untuk melakukan crossover antar kromosom.	59
Gambar 3.15 Source untuk melakukan mutasi pada kromosom	60
Gambar 3.16 Source code untuk membaca nilai suhu dan keadaan awal dalam inkubator	60
Gambar 3.17 Source code untuk tuning parameter kontroler PID menggunakan model neural network yang telah dilatih	61
Gambar 3.18 (a) Source code pada server untuk menerima nilai suhu dan kelembaban dari NodeMCU, melakukan komputasi kontroler PID, dan mengembalikan feedback dari kontroler PID. (b) Source pada NodeMCU untuk menerima hasil komputasi kontroler PID dan menulis hasilnya ke pin PWM untuk peltier dan humidifier	62

Gambar 4.1 (a) Kurva Respon Keadaan Suhu dengan Kontrol PID. (b) Kurva Respon Keadaan Kelembaban dengan Kontrol PID.	66
Gambar 4.2 (a) Grafik Nilai Fitness Training Neural Network untuk Kontroler PID Pengatur Suhu. (b) Grafik Nilai Fitness Training Neural Network untuk Kontroler PID Pengatur Kelembaban.	67
Gambar 4.3 (a) Kurva Respon Keadaan Suhu dengan algoritma <i>on/off</i> . (b) Kurva Respon Keadaan Kelembaban dengan algoritma <i>on/off</i> .	69
Gambar 4.4 (a) Kurva Respon Keadaan Suhu dengan kontroler PID tanpa tuning otomatis. (b) Kurva Respon Keadaan Kelembaban dengan kontroler PID tanpa tuning otomatis.	71
Gambar 4.5 (a) Kurva Respon Keadaan Suhu ketiga skenario. (b) Kurva Respon Keadaan Kelembaban ketiga skenario	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efek yang dihasilkan setiap parameter kontroler PID secara individu jika dinaikkan	24
Tabel 3.1 Hasil pengukuran perubahan nilai PWM terhadap besar tegangan yang dialirkan ke peltier dan suhu pada sisi dingin peltier	44
Tabel 4.1 Parameter training neural network untuk kontroler PID pengatur suhu	64
Tabel 4.2 Parameter training neural network untuk kontroler PID pengatur kelembaban	65
Tabel 4.3 (a) Analisis sistem pengatur suhu dengan kontroler PID. (b) Analisis sistem pengatur kelembaban dengan kontroler PID.	68
Tabel 4.4 (a) Analisis sistem pengatur suhu dengan algoritma <i>on/off</i> . (b) Analisis sistem pengatur kelembaban dengan algoritma <i>on/off</i> .	70
Tabel 4.5 (a) Analisis sistem pengatur suhu dengan algoritma <i>on/off</i> . (b) Analisis sistem pengatur kelembaban dengan algoritma <i>on/off</i> .	72
Tabel 4.6 (a) Analisis sistem pengatur suhu ketiga skenario. (b) Analisis sistem pengatur kelembaban ketiga skenario.	74

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk memenuhi kebutuhan pangan, manusia terus berusaha untuk meneliti dan mencari tahu sumber pangan baru. Salah satu tanaman liar yang dijadikan bahan pangan dan sumber nutrisi bagi manusia adalah jamur. Berbagai jenis jamur yang dapat dikonsumsi di antaranya jamur kuping (*Auricularia, Sp.*), jamur payung (*Lentinus edodes*), jamur champignon (*Agaricus bitorquis*) dan jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). (Hadi dan Rakhmad, 2015)

Jamur tiram adalah sebagai salah satu jamur kayu yang bisa dikonsumsi memiliki gizi dan nutrisi yang tinggi. Kandungan gizi yang dimiliki jamur tiram antara lain 27%, lemak 1,6%, karbohidrat 58%, serat 11,5%, dan kalor 265 kkal (Mufarrihah, 2009). Pribady, Azizah, dan Heddy (2018) mengemukakan bahwa tingginya kandungan gizi dari jamur tiram berpengaruh positif terhadap konsumsi jamur tiram di mana terjadi peningkatan rata-rata 20%-25% per tahun.

Berdasarkan data dari FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database) pada tahun 2017, konsumsi jamur di Indonesia mencapai 50 ribu ton, sedangkan produksi jamur baru mencapai 37 ribu ton. Jika dilihat dari data seluruh dunia, jumlah konsumsi jamur tiram mencapai 12,74 juta ton. Artinya, Indonesia baru memasok 0,3% kebutuhan jamur dunia. Ada peluang yang sangat besar untuk melakukan budidaya jamur tiram.

Salah satu alasan masih rendahnya budidaya jamur tiram adalah karena jamur tiram adalah tanaman yang sensitif terhadap faktor lingkungan. Jamur tiram dapat tumbuh dengan

baik pada rentang suhu 16-30°C dan kelembaban 80-95%. Jika suhu dan kelembaban lingkungan tumbuh jamur tiram berada di luar batas optimum, pertumbuhan jamur tiram akan melambat dan ketika tumbuh akan cepat menguning dan mati. Hal ini membuat jamur tiram sulit dibudidayakan di dataran rendah, karena pelaksana budidaya jamur tiram harus menyemprot air secara manual untuk mengendalikan suhu dan kelembaban dalam kumbung. (Waluyo, 2018).

Algoritma On/Off bekerja dengan menyalakan dan mematikan sistem ketika melewati sebuah threshold. Selain menghasilkan sistem yang tidak stabil, mengalirkan tegangan listrik penuh secara berulang terus menerus (thermal cycling) pada sistem pendingin dapat menyebabkan metal fatigue yang dapat memperpendek umur perangkat keras (Kuphaldt, 2019). Kontroler PID adalah jenis kontroler yang sudah lama digunakan dalam dunia industri karena termasuk mudah untuk dibangun dan dapat menghasilkan sistem yang stabil. Tetapi parameter dari kontroler PID agar menghasilkan output yang bagus dan proses tuning manual memakan waktu yang lama.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dalam penelitian ini akan dirancang sistem yang dapat mengatur suhu dan kelembaban menggunakan kontroler PID. Terdapat penelitian terkait penggunaan kontroler PID. Pada tahun 2018, Mokhamad Sholihul Hadi, dkk meneliti tentang sistem kendali otomatis penetas telur menggunakan kontroler PID yang di-*tuning* secara manual untuk menjaga suhu dalam sistem tetap hangat. Pada tahun 2019, Baran Hekimoğlu meneliti tentang *tuning* kontroler PID untuk mengontrol DC Motor menggunakan algoritma *atom search optimization*. Jose F. Amaral dkk pada tahun 2018 meneliti tentang *tuning* parameter kontroler PID secara otomatis menggunakan algoritma genetika. Selain penelitian terkait kontroler PID, terdapat juga penelitian terkait penggunaan *neural network*. Manoj Khandelwal, dkk pada tahun 2018 meneliti tentang penggunaan

neural network yang dioptimasi oleh algoritma genetika untuk memperkirakan kohesi dari batu kapur. Pada tahun 2018, Toby Exaudy Lumban Batu meneliti tentang pembuatan sistem pendingin pada helm menggunakan *peltier*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan diuraikan dalam skripsi ini antara lain:

- a. Bagaimana rancang bangun dari inkubator jamur tiram yang suhu dan kelembabannya diatur menggunakan kontroler *Proportional-Integral-Derivative* yang parameternya di-*tuning* otomatis menggunakan *neural network*?
- b. Bagaimana hasil *testing* dari sistem pengatur suhu dan kelembaban inkubator jamur tiram menggunakan kontroler *Proportional-Integral-Derivative* yang parameternya di-*tuning* otomatis menggunakan *neural network*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan akhir dari penelitian ini antara lain:

- a. Merancang perangkat keras dan perangkat lunak inkubator jamur tiram yang suhu dan kelembabannya diatur secara otomatis menggunakan kontroler *Proportional-Integral-Derivative* yang parameternya di-*tuning* otomatis menggunakan *neural network*.

- b. Untuk mengetahui hasil *testing* dari sistem pengatur suhu dan kelembaban inkubator jamur tiram menggunakan kontroler *Proportional-Integral-Derivative* yang parameternya di-*tuning* otomatis menggunakan *neural network*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan manfaat yang didapatkan antara lain:

- a. Bagi masyarakat, penelitian ini dapat digunakan sebagai solusi atas sulitnya melakukan budidaya jamur tiram di dataran rendah.
- b. Bagi peneliti, penelitian ini dapat digunakan untuk menambah pengetahuan dan kemampuan di bidang *reinforcement learning* untuk mengoptimasi parameter kontroler PID.
- c. Bagi institusi pendidikan, penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi ilmiah untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah Penelitian

Yang menjadi batasan masalah dalam skripsi ini adalah:

- a. Inkubator yang dibuat dalam penelitian ini berfungsi untuk menurunkan suhu dan melembabkan ruangan dalam inkubator.
- b. Nilai *setpoint* untuk suhu adalah 28°C dan untuk kelembaban adalah 80%.
- c. Rancangan sistem untuk auto-tuning parameter kontroler PID menggunakan *neural network* yang *connection weights*-nya dioptimasi menggunakan algoritma genetika.

1.6 Metode Penelitian

Terdapat beberapa metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan informasi yang terkait dengan penelitian ini dari berbagai sumber seperti buku, internet, dan sumber lainnya.

2. Analisa Permasalahan

Analisa permasalahan dilakukan untuk mengetahui dan menentukan batasan-batasan sistem sehingga dapat diperoleh metode paling efektif untuk penyelesaian masalah.

3. Perancangan Sistem

Setelah masalah dianalisis, selanjutnya dilakukan perancangan sistem dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak serta membuat diagram alur kerja sistem.

4. Implementasi Sistem

Sistem kemudian diimplementasi sesuai dengan hasil rancangan dan alur kerja yang telah dibuat.

5. Uji Coba Sistem

Uji coba sistem dilakukan untuk mencari kesalahan dari sistem yang telah diimplementasi dan memperbaikinya.

6. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan dengan membuat laporan dari penelitian yang dilakukan.

7. Diskusi dan Konsultasi

Diskusi dan konsultasi dilakukan dengan mengadakan tanya jawab secara langsung kepada dosen pembimbing dan pihak-pihak profesional lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran singkat mengenai isi tulisan secara keseluruhan, maka akan diuraikan beberapa tahapan dari penulisan secara sistematis, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan secara umum mengenai hal yang menyangkut latar belakang, perumusan masalah dan bahasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori tentang hal-hal yang berhubungan dengan jamur tiram, mikrokontroler, sensor, driver motor, kontroler PID, *machine learning*, *reinforcement learning*, dan metode yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tahap penelitian, instrumen penelitian, dan penerapan algoritma serta teknik pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dan pengolahan data serta pembahasan yang disertai tabel hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II

TUJUAN PUSTAKA

2.1 Jamur Tiram

Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) adalah salah satu jamur yang memiliki banyak nutrisi. Jamur tiram bisa merupakan jenis jamur yang tidak beracun sehingga bisa dijadikan bahan pangan. Dalam jamur tiram terkandung karbohidrat, lemak, protein, serat, vitamin B1 dan B2, niacin, kalsium dan mineral (Alex, 2011).

Protein yang terkandung dalam jamur berada dalam rentang 17,5% hingga 27% sedangkan lemak yang terkandung rendah dari 1,6% sampai dengan 8%. Jamur tiram juga memiliki kadar serat pangan dari rentang 8% - 11,5%. (Tjokrokusumo, 2015)

Jamur tiram termasuk salah satu bahan pangan yang dapat diolah menjadi berbagai macam menu makanan, di antaranya adalah sup, pepes, atau crispy. Hal ini membuat jamur tiram bisa dijadikan bisnis. (Darnetty, 2006).

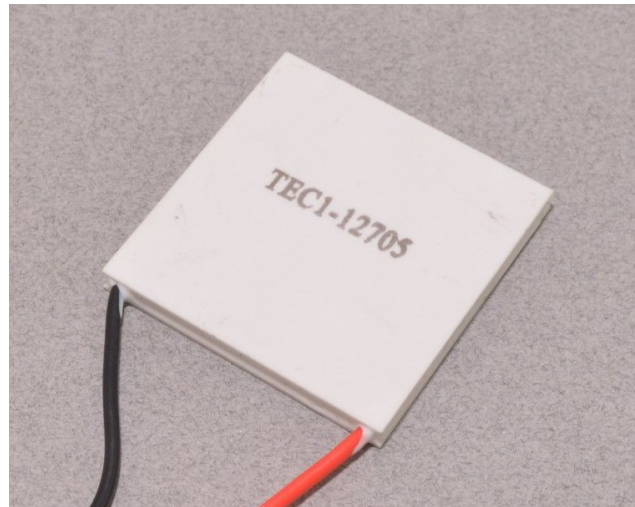
Jamur tiram juga memiliki khasiat untuk kesehatan dengan dapat mempercepat mengeringnya luka dan menghentikan pendarahan, mencegah penyempitan pembuluh darah, menurunkan kolesterol dalam darah, meningkatkan daya tahan tubuh, mencegah penyakit diabetes melitus, kanker, tumor, kelenjar gondok, influenza, dan memperlancar buang air besar (Djarajah dan djarijah,2001).



Gambar 2.1 Jamur Tiram

2.2 Elemen Peltier

Elemen Peltier adalah suatu komponen listrik yang dapat menghasilkan suhu dingin pada satu sisi dan suhu panas pada sisi lainnya bisa dialiri arus listrik. Elemen ini disebut juga *Thermoelectric Cooler (TEC)*. Peltier ditemukan oleh Jean Peltier pada tahun 1834 dan kemudian diperluas oleh Emil Lenz pada tahun 1838. Setelah melakukan beberapa percobaan, Lenz menyimpulkan bahwa panas yang dihasilkan atau diserap bergantung pada arah dari aliran arus listrik. Aplikasi yang sering digunakan oleh peltier adalah dengan memanfaatkan temperatur dingin yang dihasilkan yaitu sebagai pendingin processor, AC mini, kulkas pada dispenser, pendingin minuman dan pengatur suhu aquarium. Sedangkan suhu panasnya dapat dibuang dengan memasang *heatsink* dan kipas (Ferry, 2018).



Gambar 2.2 Peltier TEC 12705

2.3 Bottle Caps Humidifier

Bottle Caps Humidifier merupakan alat yang melembabkan ruangan dengan mengubah air menjadi uap. *Humidifier* jenis ini bekerja dengan tegangan 5 volt DC. Cara menggunakannya adalah dengan memasang *humidifier* ini pada kepala botol air mineral yang sudah diisi air sebelumnya. Alat ini menggunakan diafragma logam yang bergetar pada frekuensi ultrasonik untuk menghasilkan tetesan-tetesan air yang keluar dari mesin *humidifier* dalam bentuk kabut dingin. Selain itu, alat ini juga menggunakan *transduser piezoelectric* untuk membuat osilasi mekanik frekuensi tinggi dalam bentuk air dan membuat kabut halus yang dengan cepat menguap ke udara (Hadi & Faisal, 2015).



Gambar 2.3 Bottle Caps Humidifier

2.4 Sensor BME280

BME280 merupakan sensor suhu, kelembaban, dan tekanan udara. Sensor BME280 adalah sensor dari perusahaan Bosch Sensortec. Sensor ini memiliki *operating range* untuk suhu dari -40 derajat celcius sampai 85 derajat celcius, untuk kelembaban relatif 0% sampai 100%, dan untuk tekanan udara dari 300 hPa sampai 1100 hPa. Modul sensor ini dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler dengan protokol Inter-Integrated Circuit (I2C) dengan alamat piranti 0x76 atau 0x77 (Saptadi, 2020).

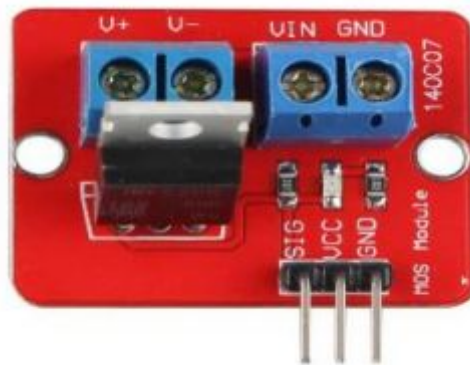


Gambar 2.4 Modul Sensor BME280

2.5 Modul MOSFET IRF520

Modul MOSFET IRF520 adalah modul untuk mempermudah penggunaan MOSFET IRF520. Driver ini memiliki *switching time* yang cepat, di mana perubahan keluaran daya dari *low* ke *high* dan sebaliknya terjadi dalam waktu yang singkat. Ini membuat modul MOSFET IRF520 banyak digunakan untuk kontrol daya menggunakan *pulse width modulation* (PWM) dari mikrokontroler seperti Arduino atau NodeMCU. Pada modul ini terdapat terminal yang berguna untuk memudahkan koneksi sumber daya eksternal dan beban yang dikendalikan. Selain itu, terdapat sebuah LED sebagai indikasi jika modul sedang dalam posisi *ON*. Spesifikasi dari modul MOSFET IRF520 adalah sebagai berikut:

- Ukuran: 33.5 x 25.5mm
- Maksimum arus keluar: 5A
- Tegangan masuk: 3,3V, 5V
- Tegangan keluar: 0-24V



Gambar 2.5 Modul MOSFET IRF520

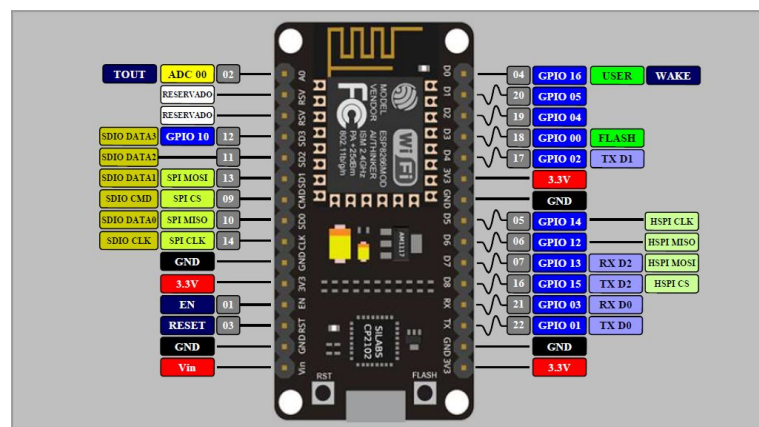
2.6 NodeMCU

NodeMCU merupakan board yang memiliki fungsi mikrokontroler dan dapat terhubung ke koneksi WiFi sehingga bisa terhubung ke internet. NodeMCU menggunakan chip ESP8266. Program dalam NodeMCU dapat diprogram menggunakan Arduino IDE. Pada

fisik dari NodeMCU, terdapat port mini USB sebagai sumber daya dan jalur pertukaran data. (Nurul Hidayati Lusita Dewi, dkk, 2019).

Spesifikasi dari NodeMCU adalah:

- Tegangan kerja : 3,3 V
- Flash memory : 16 MB
- Processor : LX6 32 bit
- Kecepatan : 80 – 160 Mhz
- Jumlah pin Digital I/O : 36



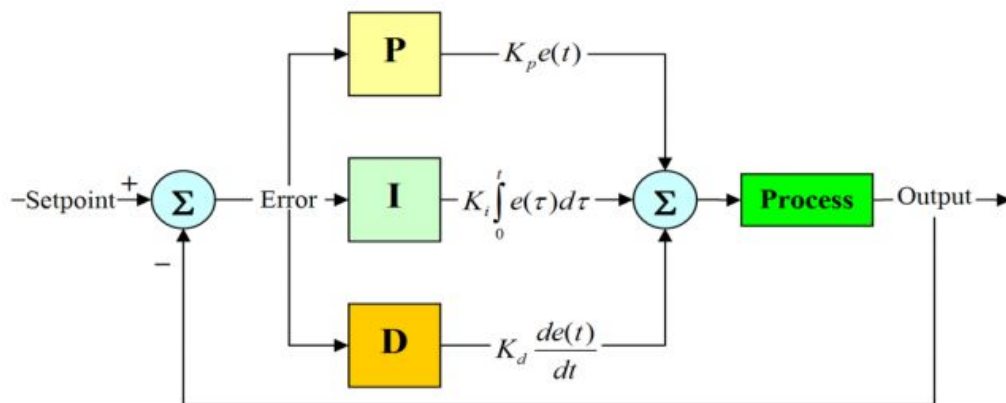
Gambar 2.6 Konfigurasi Pin NodeMCU

2.7 Kontroler Proportional-Integral-Derivative (PID)

Kontroler PID (*Proportional-Integral-Derivative*) adalah salah satu jenis kontroler yang paling banyak ditemukan dalam dunia industri untuk membuat sistem memberikan hasil yang stabil. Efektivitas dari Kontroler PID sangatlah bergantung dari hasil *tuning* parameternya. Walaupun ada metode tradisional yang sering digunakan untuk *tuning* parameter Kontroler PID seperti Ziegler-Nichols, penggunaan algoritma optimasi heuristik terus meningkat dalam beberapa tahun terakhir. (Hekimoğlu, 2020)

Pada sistem kontrol, masalah yang menjadi perhatian utama adalah (Nego, 2018):

- Delay time, t_d : waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai 50% dari nilai akhir ketika lonjakan pertama.
- Rise time, t_r : waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai nilai akhir.
- Settling time, t_s : waktu yang diperlukan sistem untuk stabil pada keadaan yang ditargetkan dalam rentang galat yang sudah ditentukan.
- Maximum overshoot, M_p : nilai puncak maksimum dari sistem.
- Peak time, t_p : waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai maximum overshoot.
- Steady state error : selisih dari nilai keadaan target dan nilai keadaan sebenarnya yang tak berubah pada waktu yang tak terhingga.



Gambar 2.7 Visualisasi Blok Diagram Kontroler PID

Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran dari Kontroler PID dirumuskan dalam persamaan:

$$() = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt}$$

di mana:

$u(t)$ = sinyal keluaran kontroler PID

K_p = Konstanta *proportional*

K_I = Konstanta *integral*

K_D = Konstanta *derivative*

Respon dari kontroler PID terhadap perubahan parameter-parameternya ditunjukkan pada tabel 2.1. (Julkifri, 2018):

Parameter yang dinaikkan	Rise Time	Overshoot	Settling time	Steady state error
K_p	Menurun	Meningkat	Perubahan kecil	Menurun
K_I	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang
K_D	Perubahan kecil	Menurun	Menurun	Perubahan kecil

Tabel 2.1 Efek yang dihasilkan setiap parameter kontroler PID secara individu jika dinaikkan

Salah satu metode tradisional yang digunakan untuk melakukan tuning kontroler PID adalah metode Ziegler-Nichols yang sifatnya heuristik. Metode ditemukan oleh John G. Ziegler dan Nathaniel B. Nichols pada tahun 1942. Langkah awal dari metode ini adalah dengan menyetel nilai K_p , K_I , dan K_D menjadi nol. Kemudian nilai K_p dinaikkan perlahan hingga mencapai K_U di mana respons sistem mencapai keadaan stabil dan osilasi dengan periode T_U . Setelah itu dapat dilakukan perhitungan parameter kontroler PID sebagai berikut:

$$K_P = 0.6 \times K_U$$

$$K_I = 1.2 \times \frac{K_U}{T_U}$$

$$K_D = 0.075 \times K_U \times T_U$$

2.8 Artificial Intelligence

Artificial intelligence atau kecerdasan buatan adalah cabang ilmu dari ilmu komputer yang bertujuan untuk membuat mesin menyelesaikan tugas seperti dan sebaik manusia. Kecerdasan buatan mensimulasikan kecerdasan manusia dalam mesin dan meniru tindakannya. Prinsip yang melandasi kecerdasan buatan adalah bahwa kecerdasan manusia dapat didefinisikan sehingga dapat ditiru oleh mesin untuk belajar dan bernalar. Beberapa jenis bidang yang memanfaatkan kecerdasan buatan adalah sistem pakar, permainan komputer, logika fuzzy, robotika, pengenalan pola, pengolahan bahasa, pengenalan suara (Wesley, 2019).

Rusell dan Norvig dalam (Wesley, 2019) mengemukakan bahwa ada empat macam pendekatan dalam kecerdasan buatan, yaitu:

1. *Thinking Humanly*, sistem menangkap pemikiran secara psikologis
2. *Thinking Rationally*, sistem melakukan pendekatan secara matematis
3. *Acting Humanly*, sistem meniru tingkah laku manusia
4. *Acting Rationally*, sistem bertindak untuk mencapai hasil yang terbaik

Lahirnya kecerdasan buatan diawali oleh merumuskan nalar secara formal dan matematis oleh ahli matematika dan filsuf. Ilmu logika matematika kemudian berlanjut ke teori komputasi oleh Alan Turing yang menyatakan bahwa mesin dapat menyelesaikan semua permasalahan matematika dengan kumpulan simbol “0” dan “1” (David Berlinski, 2000). Kemudian dengan adanya penemuan dalam bidang neurobiologi dan teori informasi, para peneliti menemukan ada peluang dibangunnya sebuah otak elektronik. Alan Turing kemudian mengubah pertanyaan dari apakah mesin pintar menjadi apakah mesin menunjukkan tindakan yang pintar. Penelitian tentang kecerdasan buatan sempat memuncak di awal tahun 1980-an

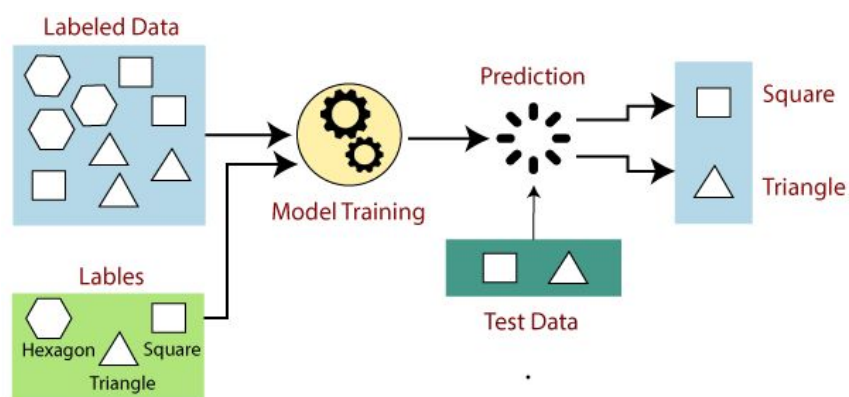
bersamaan dengan suksesnya sistem pakar secara komersial. Amerika Serikat dan Inggris memulihkan dana yang dialokasikan untuk penelitian akademis. Kemudian pada tahun 1987 penelitian tentang kecerdasan buatan sempat terhenti (Jack Copeland, 2013).

2.9 Machine Learning

Machine learning atau pembelajaran mesin adalah salah satu cabang dari kecerdasan buatan yang mempelajari perancangan dan pengembangan algoritma untuk berpikir dan bertindak berdasarkan data empiris. *Machine Learning* atau pembelajaran mesin juga dapat didefinisikan sebagai disiplin ilmu yang mempelajari metode menugaskan komputer agar belajar dan bertindak seperti manusia, dan meningkatkan kemampuan belajarnya dari waktu ke waktu dengan menyuplai data dan informasi dari dunia nyata (Wesley, 2019). *Machine learning* dapat dikategorikan menjadi 3 kategori utama, yaitu:

1. Supervised Learning

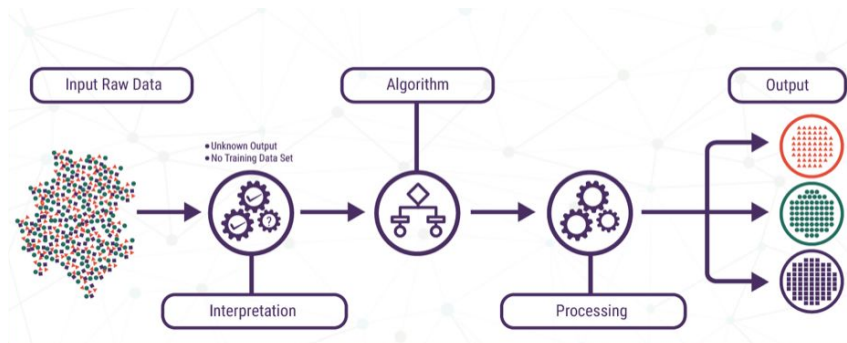
Supervised learning adalah suatu metode pembelajaran mesin di mana keluaran yang diharapkan sudah diketahui terlebih dahulu.



Gambar 2.8 Visualisasi Supervised Learning

2. Unsupervised Learning

Unsupervised learning adalah metode pembelajaran yang tidak memerlukan. Pada metode ini tidak dapat ditentukan seperti apa hasil yang diharapkan selama proses pelatihan. Tujuan metode *unsupervised learning* adalah untuk mengelompokkan unit-unit yang mirip dalam satu area tertentu. *Unsupervised learning* paling sering digunakan untuk klasifikasi pola.



Gambar 2.9 Visualisasi Unsupervised Learning

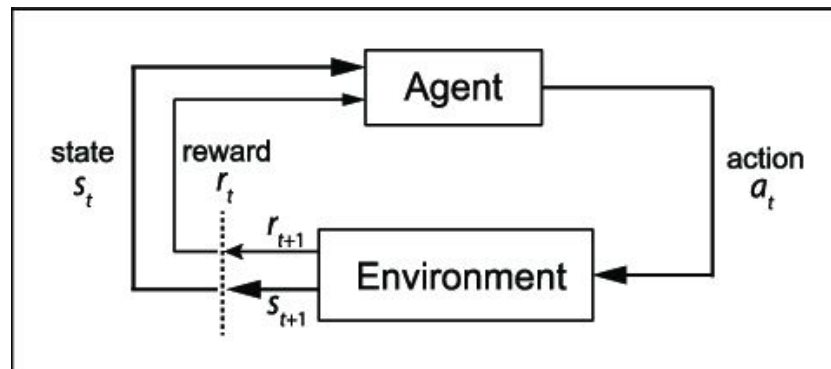
3. Reinforcement Learning

Reinforcement learning adalah metode pembelajaran yang bertujuan untuk melakukan optimasi dengan berinteraksi dengan lingkungan dan melakukan pengamatan untuk menentukan tindakan yang paling menguntungkan. Mesin belajar dari pengalamannya mengenai tindakan-tindakan yang paling menguntungkan dan menghindari tindakan-tindakan yang mengurangi keuntungan.

2.10 Reinforcement Learning

Reinforcement learning adalah salah satu bidang dalam pembelajaran mesin yang mempelajari tentang bagaimana mesin mengambil tindakan dalam lingkungan untuk menghasilkan keuntungan terbesar. *Reinforcement learning* berbeda dari *supervised learning* karena tidak perlu adanya label atau keluaran yang diharapkan. Biasanya *reinforcement learning* didefinisikan menggunakan *markov decision process* (MDP). *Reinforcement learning*

learning banyak diterapkan di berbagai bidang, diantaranya teori game, teori kontrol, riset operasional, sistem multi agen, statistika, dan optimasi simulasi.



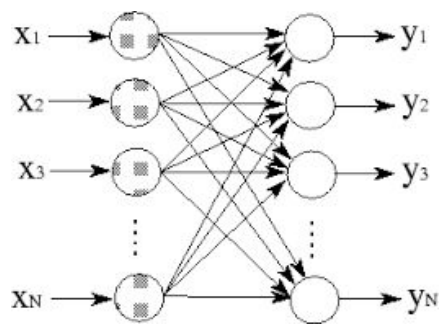
Gambar 2.10 Visualisasi Reinforcement Learning

2.11 Artificial Neural Network

Artificial neural network atau jaringan syaraf tiruan adalah metode pembelajaran mesin yang meniru pembelajaran organisme biologis. Pada sistem saraf manusia terdapat sel saraf yang disebut neuron. Mekanisme biologis ini disimulasikan dalam neural network berisi unit-unit komputasi yang disebut *neuron*. *Neuron-neuron* saling terhubung satu sama lain melalui penghubung berbobot yang berperan sebagai koneksi sinaptik dalam organisme biologis. Setiap masukan ke dalam *neuron* dikalkulasikan dengan bobot penghubung antar *neuron*. *Neural network* menghitung fungsi masukan dengan menyebarkan nilai yang dihitung dari *neuron* masukan ke *neuron* keluaran menggunakan bobot sebagai parameter perantara. Berdasarkan arsitekturnya, *neural network* terbagi atas dua, yaitu:

1. Single Layer Network

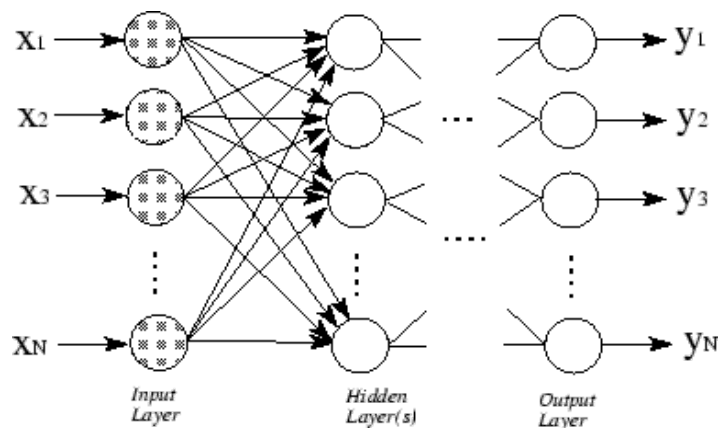
Pada *single layer network*, hanya terdapat satu *input layer* dan satu *output layer*. Setiap *neuron* dari *input layer* terhubung ke setiap *neuron* dari *output layer*. *Single layer network* menerima masukan dan langsung diolah menjadi keluaran.



Gambar 2.11 Arsitektur Single Layer Network

2. Multi Layer Network

Berbeda dengan *single layer network*, *multi layer network* memiliki lebih dari satu lapisan komputasional. Selain memiliki satu *input layer* dan satu *output layer*, terdapat lapisan komputasi tambahan di antaranya yang disebut *hidden layer*. Arsitektur dari *multi layer network* juga disebut *feed forward network* karena nilai dari *neuron* pada suatu lapisan berturut-turut dimasukkan ke *neuron* pada lapisan berikutnya sampai ke *output layer*.



Gambar 2.12 Arsitektur Multi Layer Network

2.12 Algoritma Genetika

Algoritma genetika adalah salah satu algoritma optimasi yang terinspirasi dari teori evolusi oleh Charles Darwin di mana spesies yang paling layak yang dapat bertahan hidup.

Teori evolusi ini menunjukkan bahwa spesies-spesies makhluk hidup akan tereliminasi oleh seleksi alam jika tak mampu beradaptasi, sedangkan yang dapat bertahan adalah spesies-spesies yang mampu beradaptasi terhadap lingkungan dan menghasilkan keturunan. Keturunan dari spesies-spesies makhluk hidup akan mewarisi sifat-sifat dari induknya. Sifat-sifat yang diwarisi ini adalah hasil kombinasi dari sifat-sifat induk-induknya serta adanya proses mutasi (Akbar, 2020).

Sudah banyak penerapan dari algoritma genetika untuk menyelesaikan berbagai masalah dalam banyak bidang, diantaranya optimasi, pembelajaran mesin, model ekonomi, dan model ekologis untuk memodelkan fenomena ekologis seperti simbiosis. (Sam'ani, 2012).

Menurut (Widodo, 2012) dalam (Akbar, 2020), kelebihan dari algoritma genetika untuk optimasi adalah:

1. Algoritma genetika tidak membutuhkan komputasi matematis banyak mengenai masalah optimasi.
2. Efektif dalam melakukan pencarian global.
3. Fleksibel untuk diimplementasikan dengan metode heuristik lain untuk menyelesaikan masalah-masalah khusus.

Sebelum mengimplementasikan algoritma genetika, ada langkah-langkah yang harus dilakukan sebelumnya (Napitulu, 2018), yaitu:

1. Menentukan bentuk representasi solusi dari masalah yang disebut kromosom.
2. Menentukan fungsi nilai fitness, sebuah nilai yang menjadi patokan baik-tidaknya solusi yang dihasilkan.
3. Membuat populasi awal, biasanya berupa nilai acak.
4. Menentukan teknik seleksi individu setiap generasi.

5. Menentukan perkawinan (*crossover*) antar individu.
6. Menentukan teknik mutasi gen.

Komponen-komponen yang perlu diperhatikan ketika mengimplementasikan algoritma genetika adalah:

1. Teknik Pengkodean

Pengkodean adalah metode untuk merepresentasikan gen kromosom yang akan menjadi solusi untuk masalah yang ingin diselesaikan. Gen dari kromosom dapat dilambangkan sebagai *bit*, bilangan *real*, *string*, permutasi, pohon, atau jenis representasi lainnya.

2. Membuat populasi awal

Populasi adalah sekumpulan individu-individu yang di awal dibangkitkan secara acak atau menggunakan metode tertentu. Individu adalah kumpulan gen. Gen-gen bersifat sebagai sifat yang dimiliki oleh individu dan diwariskan dari orang tua. Ketika membangkitkan populasi awal, yang perlu dilakukan terlebih dahulu adalah menentukan jumlah individu yang ada dalam satu populasi. Setelah jumlah individu dalam satu populasi sudah ditentukan, barulah populasi awal dibangkitkan. Pada penelitian ini, populasi awal dibangkitkan secara acak.

3. Fitness

Nilai *fitness* adalah nilai yang dihasilkan oleh suatu fungsi tertentu untuk menentukan ukuran performa dari suatu individu untuk memecahkan masalah. Nilai ini juga dijadikan patokan dalam memilih individu yang akan mewariskan sifat-sifatnya ke populasi pada generasi berikutnya.

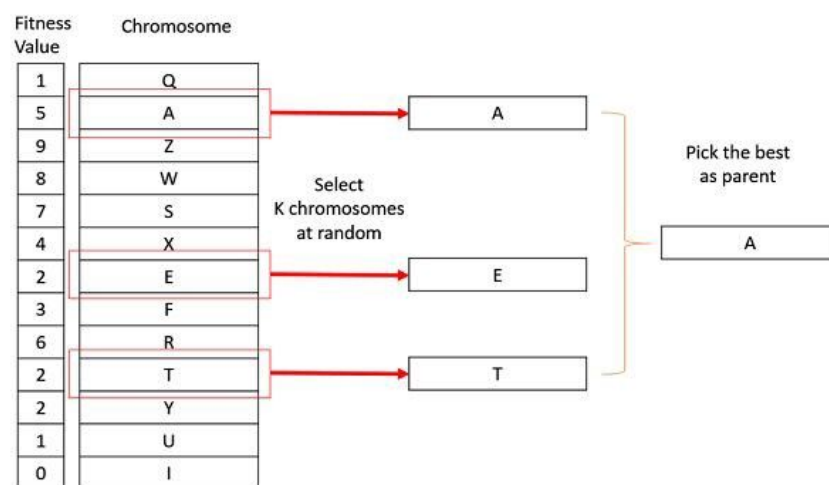
4. Seleksi

Individu-individu dalam suatu populasi akan diseleksi menggunakan nilai *fitness*-nya. Semakin besar nilai *fitness* yang dimiliki oleh individu, maka semakin

besar peluang individu untuk mewariskan sifat-sifatnya ke populasi generasi berikutnya. Contoh metode-metode yang digunakan pada metode seleksi adalah *tournament selection* dan *proportional roulette wheel selection*.

- Tournament Selection

Tournament selection melakukan seleksi dengan membandingkan nilai *fitness* antar individu yang dipilih secara acak dari populasi. Individu dengan nilai *fitness* yang lebih tinggi akan terpilih sebagai hasil dari *selection*.



Gambar 2.13 Visualisasi Tournament Selection

- Proportional Roulette Wheel Selection

Pada *proportional roulette wheel selection*, nilai *fitness* dari setiap individu dijadikan sebagai nilai peluang terpilih setiap individu sebagai hasil dari *selection*. Peluang terpilihnya setiap individu dapat dituliskan dalam persamaan matematika sebagai berikut:

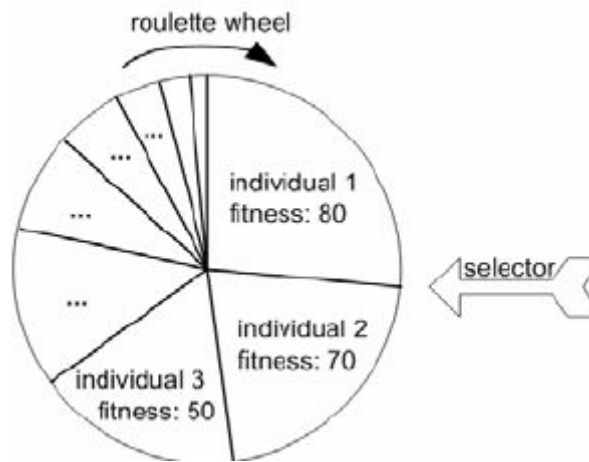
$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^N f_j}$$

di mana:

p_i = Peluang individu i untuk terpilih

f_i = Nilai fitness dari individu i

N = jumlah individu dalam satu populasi



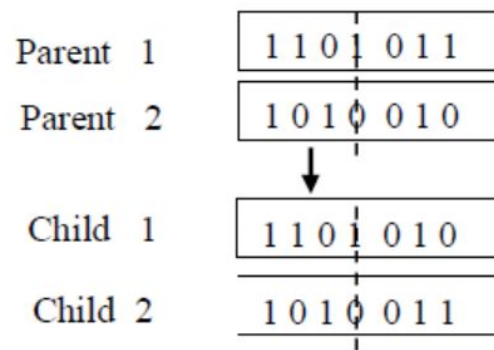
Gambar 2.14 Visualisasi Proportional Roulette Wheel Selection

5. Crossover

Crossover atau kawin silang adalah sebuah proses di mana terjadi rekombinasi gen dari dua buah individu untuk menghasilkan individu yang diharapkan memiliki nilai fitness lebih baik. Metode yang dipilih untuk melakukan *crossover* tergantung dari teknik representasi kromosom yang digunakan. Beberapa metode yang biasanya digunakan untuk melakukan kawin silang yaitu:

- Single-point crossover

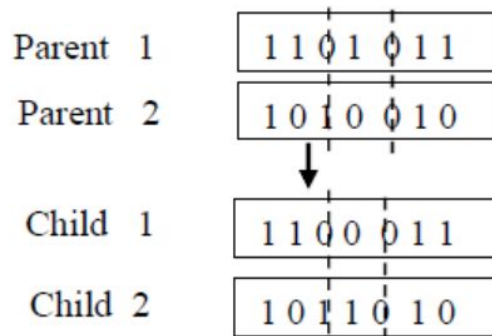
Metode ini memilih satu titik yang sudah ditentukan di awal atau secara acak, kemudian gen dari kromosom kedua individu akan disilangkan dari titik tersebut hingga akhir dari kromosom.



Gambar 2.15 Visualisasi Single-Point Crossover

- N-point crossover

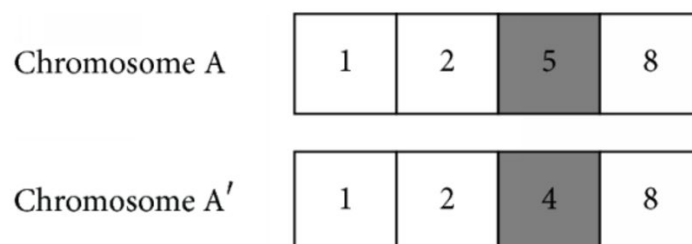
Metode ini memiliki prinsip yang sama dengan *single-point crossover*, hanya saja titik persilangan yang digunakan lebih dari satu.



Gambar 2.16 Visualisasi N-Point Crossover dengan N=2

6. Mutasi

Pada proses mutasi, dilakukan perubahan pada satu atau beberapa gen dalam suatu kromosom. Salah satu kegunaan dari mutasi adalah untuk menggantikan gen yang hilang pada proses seleksi.



Gambar 2.17 Visualisasi Mutasi pada Kromosom

2.13 Penelitian Terkait

2.10.1 Sistem Kendali Otomatis Mesin Penetas Telur Menggunakan Kontroler PID (Mokhamad Sholihul Hadi dkk, 2017)

Mokhamad Sholihul Hadi, dkk pada tahun 2017 melakukan penelitian tentang mesin penetas telur menggunakan kontroler PID. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjaga kestabilan suhu dengan *setpoint* 38 derajat celcius. Penghangat ruang mesin yang digunakan adalah lampu bohlam. Dalam penelitian ini, kontroler PID di-*tune* secara manual dengan *trial and error*. Hasil yang diperoleh adalah alat berhasil mempertahankan suhu di kisaran 37-39 derajat celcius dengan parameter $K_p = 2$, $K_i = 1.5$, dan $K_d = 1$.

2.10.2 Optimal Tuning of Fractional Order PID Controller for DC Motor Speed Control via Chaotic Atom Search Optimization Algorithm (Baran Hekimoğlu, 2019)

Pada penelitian ini, algoritma *atom search optimization* (ASO) digunakan dan *chaotic* ASO digunakan untuk menemukan parameter yang optimal untuk kontroler *fractional-order* PID (FOPID). Kontroler *fractional-order* PID memiliki dua parameter tambahan, yaitu λ dan μ . Ekspansi dari kontroler PID ini diharapkan menghasilkan sistem yang lebih stabil dan fleksibel. Metode *tuning* yang digunakan adalah salah satu algoritma heuristik, di mana kelebihanannya adalah mampu mencari secara acak pada ruang solusi yang luas sehingga dapat dihasilkan solusi yang optimal atau mendekati optimal. Algoritma heuristik yang digunakan adalah algoritma *atom*

search optimization yang terinspirasi dari ilmu fisika dan meniru gerakan dan gaya yang bekerja pada tingkat atom.

2.10.3 Implementing an ANN Model Optimized by Genetic Algorithm for Estimating Cohesion of Limestone Samples (Manoj Khandelwal dkk, 2018)

Penelitian ini mengusulkan model jaringan syaraf tiruan yang dioptimasi dengan algoritma genetika untuk memprediksi kohesi dari batu kapur. Peneliti pertama menggunakan persamaan regresi ganda dan diperoleh tingkat akurasi yang tinggi menggunakan indikator koefisien determinasi, R^2 , sebesar 0,925. Kemudian digunakan jaringan syaraf tiruan biasa dan diperoleh R^2 sebesar 0,949. Selanjutnya digunakan jaringan syaraf tiruan yang dioptimasi dengan algoritma genetika dan diperoleh nilai R^2 yang lebih besar, yaitu 0,967.

2.10.4 Tuning PID Controllers through Generic Algorithms (Jose F. Amaral dkk, 2018)

Jose F. Amaral dkk meneliti tentang teknik otomatis untuk mengatur parameter dari kontroler *Proportional-Integral-Derivative* menggunakan algoritma genetika untuk menghasilkan respons sistem yang optimal. Kromosom dari individu direpresentasikan oleh tiga parameter kontroler PID, yaitu K_p , K_i , dan K_D . Implementasi sistem dibuat menggunakan perangkat lunak Evolver untuk algoritma genetika dan MATLAB untuk sistem kontrol. Sistem kontrol disimulasikan secara sintetis dengan membuat *transfer function* sebagai contoh kasus. Hasil yang diperoleh adalah parameter kontroler PID yang di-tune menggunakan algoritma genetika

memberikan hasil yang lebih memuaskan dibanding yang menggunakan metode klasik Ziegler-Nichols.

2.10.5 Rancang Bangun Sistem Pendingin pada Helm Menggunakan Elemen Pendingin dengan Kontroler Atmega 8 (Toby Exaudy Lumban Batu, 2018)

Pada tahun 2018, Toby Exaudy Lumban Baru meneliti tentang membuat helm menjadi nyaman dipakai dengan menambahkan sistem pendingin ke dalam nya. Peneliti menggunakan peltier sebagai elemen pendingin, baterai 12v 4000 mAh sebagai sumber daya, dan sensor suhu DS1820. Algoritma yang digunakan untuk mengontrol suhu adalah algoritma kondisional di mana elemen pendingin dimatikan jika suhu lebih rendah dari *setpoint* dan elemen pendingin dinyalakan jika suhu lebih tinggi dari *setpoint*.