



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL DAN  
MONITORING ALAT DISTILASI MINYAK ATSIRI  
MENGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC***

**Sub Judul:**

**Sistem Kontrol Suhu Proses *Steam* di Tangki *Boiler*  
Menggunakan Metode Fuzzy Logic pada Alat  
Distilasi Minyak Atsiri**

**SKRIPSI**

**DHAFA ABI PRAKOSO  
2203431017**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL  
INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
2026**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL DAN  
MONITORING ALAT DISTILASI MINYAK ATSIRI  
MENGUNAKAN METODE *FUZZY LOGIC***

**SUB JUDUL:**

**Sistem Kontrol Suhu Proses *Steam* di Tangki *Boiler*  
Menggunakan Metode Fuzzy Logic pada Alat  
Distilasi Minyak Atsiri**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Terapan**

**DHAFA ABI PRAKOSO  
2203431017**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL  
INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2026**



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Dhafa Abi Prakoso

NIM : 2203431017

Tanda Tangan :



Tanggal : 19 Juni 2026



### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Dhafa Abi Prakoso  
NIM : 2203431017  
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri  
Judul Tugas Akhir : Sistem Kontrol Suhu Proses Steam Di Tangki Boiler Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Pada Alat Distilasi Minyak Atsiri

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 22 Juni 2026, dan dinyatakan **LULUS**

Pembimbing

**Yurixa Sakhinatul Putri., S.Si.,M.T**

NIP. 199607072024062002

Depok, 22 Juni 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Dr.Murie Dwiyanti, S.T., M.T.**

NIP. 197803312003122002



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Sistem Kontrol Suhu Proses Steam di Tangki Boiler Menggunakan Metode Fuzzy Logic pada Alat Distilasi Minyak Atsiri”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, dukungan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri;
3. Yurixa Sakhinatul Putri, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan selama penyusunan Tugas Akhir ini;
4. Orang tua yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi;
5. Reztu Dewa Putra selaku rekan satu tim yang telah membantu dan bekerja sama selama pelaksanaan penelitian;
6. Saenah selaku kekasih penulis yang selalu memberikan dukungan dan sebagai pendengar keluh kesah selama penulis menjalankan laporan tugas akhir;
7. Teman-teman Teknik Elektro angkatan 2022, rekan-rekan kontrakan IKI, serta seluruh IKI 2022 A yang telah memberikan dukungan dan kebersamaan selama masa perkuliahan;

Akhir kata. Semoga laporan Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 19 Juni 2026

Dhafa Abi Prakoso



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## Sistem Kontrol Suhu Dan Tekanan Proses Steam Di Tangki *Boiler* Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* Pada Alat Distilasi Minyak Atsiri

### Abstrak

Minyak atsiri merupakan salah satu produk alami yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dimanfaatkan dalam industri pangan, farmasi, kosmetik, serta aromaterapi. Proses distilasi konvensional umumnya masih dilakukan secara manual sehingga kestabilan suhu dan tekanan sulit dipertahankan. Kondisi tersebut menyebabkan proses pembentukan uap menjadi kurang optimal, meningkatkan konsumsi energi, serta berpotensi menurunkan kualitas dan kuantitas minyak atsiri yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem kontrol yang mampu menjaga kondisi operasi boiler tetap stabil selama proses distilasi berlangsung. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem distilasi minyak atsiri menggunakan kondensor dengan pengendalian berbasis Fuzzy Logic Mamdani dan pemantauan berbasis Internet of Things (IoT). Sistem menggunakan ESP32-S3 sebagai pengendali utama, sensor termokopel MAX31855 untuk pengukuran suhu boiler dan steam, serta sensor tekanan berbasis ADS1115 untuk memantau kondisi tekanan pada boiler. Algoritma Fuzzy Logic Mamdani digunakan untuk mengendalikan dua elemen pemanas dan control valve berdasarkan nilai suhu dan tekanan yang terukur secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mempertahankan suhu operasi pada rentang 90–95°C dengan suhu boiler rata-rata sekitar 94°C, sedangkan tekanan maksimum yang tercatat sebesar 3,69 PSI, masih berada di bawah batas keamanan sistem sebesar 4 PSI. Sistem monitoring berbasis IoT berhasil menampilkan data suhu, tekanan, serta status aktuator secara real-time sehingga memudahkan proses pengawasan. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, metode Fuzzy Logic Mamdani mampu meningkatkan kestabilan suhu dan tekanan selama proses distilasi, menghasilkan kondisi operasi yang lebih aman, efektif, dan terkontrol dibandingkan pengoperasian tanpa sistem kontrol.

Kata Kunci: Minyak Atsiri, Distilasi Uap, Fuzzy Logic Mamdani, Kontrol Suhu dan Tekanan, ESP32-S3.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## *A System for Controlling Steam Temperature and Pressure in Boiler Tanks Using Fuzzy Logic in an Essential Oil Distillation Unit*

### **Abstract**

Essential oil is a natural product with high economic value and is widely utilized in the food, pharmaceutical, cosmetic, and aromatherapy industries. Conventional steam distillation processes are generally operated manually, making it difficult to maintain stable temperature and steam pressure throughout the extraction process. These unstable operating conditions may reduce extraction efficiency, increase energy consumption, and affect the quality and quantity of the essential oil produced. Therefore, an automatic control system is required to maintain stable boiler operating conditions during the distillation process. This research aims to design and implement an essential oil distillation system using a condenser with Mamdani Fuzzy Logic control and Internet of Things (IoT)-based monitoring. The proposed system employs an ESP32-S3 microcontroller as the main controller, MAX31855 thermocouple sensors to measure boiler and steam temperatures, and an ADS1115-based pressure sensor to monitor boiler pressure. The Mamdani Fuzzy Logic algorithm is applied to control two heating elements and a control valve according to the measured temperature and pressure in real time. Experimental results show that the system successfully maintains the operating temperature within the range of 90–95°C, with an average boiler temperature of approximately 94°C and a maximum boiler pressure of 3.69 PSI, which remains below the safety limit of 4 PSI. Furthermore, the IoT-based monitoring system provides real-time information on temperature, pressure, and actuator status. The results demonstrate that the proposed Mamdani Fuzzy Logic control system improves the stability of the steam generation process, ensuring safer, more effective, and more reliable operation for essential oil distillation.

**Keywords:** Essential Oil, Steam Distillation, Mamdani Fuzzy Logic, Temperature and Pressure Control, ESP32-S3.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| HALAMAN COVER.....                    | i    |
| HALAMAN JUDUL.....                    | ii   |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS ..... | iii  |
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....       | iv   |
| KATA PENGANTAR .....                  | v    |
| Abstrak .....                         | vi   |
| <i>Abstract</i> .....                 | vii  |
| DAFTAR ISI.....                       | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....                   | xii  |
| DAFTAR TABEL .....                    | xiv  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                 | xv   |
| BAB I PENDAHULUAN .....               | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....              | 1    |
| 1.2 Perumusan Masalah.....            | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah.....              | 2    |
| 1.4 Tujuan.....                       | 3    |
| 1.5 Luaran.....                       | 3    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....          | 4    |
| 2.1 State of The Art .....            | 4    |
| 2.2 Minyak Atsiri .....               | 7    |
| 2.3 Distilasi.....                    | 8    |
| 2.3.1 Boiler .....                    | 9    |
| 2.3.2 Kondensor.....                  | 10   |
| 2.4 Kontrol Logika Fuzzy .....        | 11   |
| 2.4.1 Fungsi Keanggotaan .....        | 13   |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 2.4.2 Fuzzyfikasi.....                       | 13 |
| 2.4.3 Fuzzy Rule .....                       | 15 |
| 2.4.4 Metode Inferensi MAX-MIN Mamdani ..... | 16 |
| 2.5 Visual Studio Code.....                  | 18 |
| 2.5.1 PlatformIO .....                       | 18 |
| 2.6 Komponen .....                           | 19 |
| 2.6.1 ESP32 S3 .....                         | 19 |
| 2.6.2 Solid-State Relay (SSR).....           | 20 |
| 2.6.3 Sensor Thermocouple Type-K.....        | 21 |
| 2.6.4 Module MAX31855.....                   | 22 |
| 2.6.5 Sensor Pressure .....                  | 22 |
| 2.6.6 Module ADS1115 .....                   | 23 |
| 2.6.7 Control Valve.....                     | 24 |
| 2.6.8 Step Down LM2596.....                  | 24 |
| 2.6.9 Relay Module.....                      | 25 |
| 2.6.10 Power Supply 12V .....                | 26 |
| 2.6.11 Water Heater .....                    | 26 |
| 2.7 Parameter Pengukuran.....                | 27 |
| 2.7.1 Error Pengukuran .....                 | 27 |
| 2.7.2 Akurasi Pengukuran.....                | 28 |
| 2.7.3 Presisi Pengukuran.....                | 29 |
| BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI .....      | 32 |
| 3.1 Rancangan Alat .....                     | 32 |
| 3.1.1 Deskripsi Alat .....                   | 34 |
| 3.1.2 Cara Kerja Alat .....                  | 35 |
| 3.1.3 Spesifikasi Alat.....                  | 38 |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 3.1.4 Spesifikasi Komponen Hardware .....                 | 39 |
| 3.1.5 Diagram Blok Sistem.....                            | 42 |
| 3.1.6 Diagram Blok Sub-Sistem .....                       | 44 |
| 3.1.7 Design Mekanik Alat .....                           | 46 |
| 3.2 Realisasi Alat.....                                   | 47 |
| 3.2.1 Realisasi Pembuatan Alat .....                      | 48 |
| 3.2.2 Flowchart Subsistem.....                            | 50 |
| 3.2.3 Pembuatan Membership Function Input dan Output..... | 52 |
| 3.2.4 Pembuatan Rules Fuzzy.....                          | 54 |
| 3.2.6 Realisasi Program .....                             | 56 |
| BAB IV PEMBAHASAN.....                                    | 64 |
| 4.1 Pengujian Sensor Thermocouple Type-K .....            | 64 |
| 4.1.1 Deskripsi Pengujian .....                           | 64 |
| 4.1.2 Daftar Peralatan Pengujian .....                    | 65 |
| 4.1.3 Prosedur Pengujian .....                            | 65 |
| 4.1.4 Data Hasil Pembacaan Sensor .....                   | 66 |
| 4.1.5 Analisa Hasil Pengujian.....                        | 70 |
| 4.2 Pengujian Sensor Pressure.....                        | 74 |
| 4.2.1 Deskripsi Pengujian .....                           | 74 |
| 4.2.2 Daftar Peralatan Pengujian .....                    | 75 |
| 4.2.3 Prosedur Pengujian .....                            | 75 |
| 4.2.4 Analisa Hasil Pengujian.....                        | 76 |
| 4.3 Pengujian Alat Distilasi Minyak Atsiri .....          | 77 |
| 4.3.1 Deskripsi Pengujian .....                           | 78 |
| 4.3.2 Prosedur Pengujian .....                            | 78 |
| 4.3.2.1 Prosedur Pengujian Distilasi Tanpa Kontrol .....  | 79 |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2.2 Prosedur Pengujian Distilasi Menggunakan Metode Kontrol Fuzzy.   | 80 |
| 4.3.3 Data Hasil Pengujian Distilasi Tanpa Kontrol.....                  | 81 |
| 4.3.4 Data Hasil Pengujian Distilasi Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic.... | 81 |
| 4.3.5 Analisa Data Hasil Percobaan.....                                  | 82 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| BAB V PENUTUP.....   | 88 |
| 5.1 Kesimpulan.....  | 88 |
| 5.2 Saran.....       | 89 |
| DAFTAR PUSTAKA ..... | 90 |
| LAMPIRAN.....        | 93 |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Fungsi Keanggotaan.....                                    | 13 |
| Gambar 2. 2 Visual Studio Code.....                                    | 18 |
| Gambar 2. 3 PlatformIO.....                                            | 18 |
| Gambar 2. 4 ESP32-S3 .....                                             | 19 |
| Gambar 2. 5 Solid State Relay .....                                    | 20 |
| Gambar 2. 6 Sensor Thermocouple Type-K .....                           | 21 |
| Gambar 2. 7 Module MAX31855 .....                                      | 22 |
| Gambar 2. 9 Sensor Pressure .....                                      | 22 |
| Gambar 2. 10 Module ADS1115 .....                                      | 23 |
| Gambar 2. 11 Control Valve .....                                       | 24 |
| Gambar 2. 12 Step Down LM2596 .....                                    | 24 |
| Gambar 2. 13 Relay Module .....                                        | 25 |
| Gambar 2. 14 Power Supply 12V .....                                    | 26 |
| Gambar 2. 15 Water Heater .....                                        | 26 |
| Gambar 3. 1 Flowchart Rancangan Alat .....                             | 34 |
| Gambar 3. 2 Flowchart Cara Kerja Alat .....                            | 37 |
| Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistemss .....                                | 43 |
| Gambar 3. 4 Diagram Blok Sub-Sistem.....                               | 44 |
| Gambar 3. 5 Design Mekanik Alat Distilasi .....                        | 46 |
| Gambar 3. 6 Alat Distilasi.....                                        | 48 |
| Gambar 3. 7 Kontrol Panel.....                                         | 49 |
| Gambar 3. 8 Flowchart Sub-Sistem .....                                 | 50 |
| Gambar 3. 9 Membership Function Input Error .....                      | 52 |
| Gambar 3. 10 Membership Function Output Heater dan Control Valve ..... | 53 |
| Gambar 3. 11 Rules Fuzzy pada MatLab.....                              | 55 |
| Gambar 3. 12 Penggunaan Library .....                                  | 57 |
| Gambar 3. 13 Inisialisasi Sensor dan Aktuator .....                    | 58 |
| Gambar 3. 14 Realisasi Pembacaan Sensor Suhu .....                     | 59 |
| Gambar 3. 15 Realisasi Pembacaan Sensor Tekanan.....                   | 60 |
| Gambar 3. 16 Realisasi Perhitungan Error.....                          | 60 |
| Gambar 3. 17 Program Membership Function Error .....                   | 61 |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3. 18 Program Membership Function Output .....             | 61 |
| Gambar 3. 19 Realisasi Rule Base Fuzzy .....                      | 61 |
| Gambar 3. 20 Realisasi Fuzzifikasi dan Defuzzifikasi .....        | 62 |
| Gambar 3. 21 Realisasi Pengendalian Heater dan Control Valve..... | 62 |
| Gambar 4. 1 Pengujian Thermocouple 1.....                         | 67 |
| Gambar 4. 2 Mencelupkan Sensor Thermocouple 1 .....               | 67 |
| Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Thermocouple 1 .....                  | 68 |
| Gambar 4. 4 Pengujian Thermocouple 2.....                         | 69 |
| Gambar 4. 5 Hasil Digital Thermometer.....                        | 69 |
| Gambar 4. 6 Hasil Pengujian Thermocouple 2 .....                  | 69 |
| Gambar 4. 7 Perubahan Suhu dan Tekanan Terhadap Waktu .....       | 85 |
| Gambar 4. 8 Grafik Perubahan Suhu .....                           | 86 |
| Gambar 4. 9 Grafik Perubahan Tekanan.....                         | 87 |

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR TABEL

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Tabel State of the Art .....                                      | 4  |
| Tabel 3. 1 Speesifikasi Alat .....                                           | 38 |
| Tabel 3. 2 Tabel Spesifikasi Komponen .....                                  | 39 |
| Tabel 3. 3 Membership Function Input Error .....                             | 53 |
| Tabel 3. 4 Membership Function Output Heater1, Heater2 dan Control Valve ... | 54 |
| Tabel 3. 5 Rule Base Pengendalian Heater .....                               | 55 |
| Tabel 4. 1 Peralatan Pengujian.....                                          | 65 |
| Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Thermocouple Type-K.....                   | 73 |
| Tabel 4. 3 Peralatan Pengujian.....                                          | 75 |
| Tabel 4. 4 Hasil Data Pengujian.....                                         | 81 |
| Tabel 4. 5 Hasil Data Pengujian Dengan Kontrol.....                          | 82 |

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup..... | 93  |
| Lampiran 2 Program Sistem.....       | 94  |
| Lampiran 3 Dokumentasi Alat.....     | 108 |



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Minyak atsiri adalah senyawa volatil yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak digunakan dalam industri makanan, farmasi, kosmetik, dan aromaterapi (Handayani et al., 2023). Salah satu metode ekstraksi yang paling umum digunakan adalah distilasi uap, di mana uap yang dihasilkan oleh ketel uap digunakan untuk menguapkan senyawa volatil yang terkandung dalam bahan tanaman. Efektivitas proses ini sangat dipengaruhi oleh stabilitas parameter operasi, terutama suhu dan tekanan. Pada sistem distilasi skala kecil dan prototipe, nonlinieritas termal dan inersia panas sering kali menyebabkan fluktuasi pada kondisi ketel uap, yang mengakibatkan konsumsi energi yang tidak efisien dan kinerja ekstraksi yang tidak konsisten. Selain itu, kondisi operasi yang tidak stabil dapat mengurangi hasil dan kualitas minyak atsiri yang dihasilkan (Daryono & Hutasoit, 2024).

Untuk mencapai pengoperasian yang stabil dan efisien, diperlukan sistem pemanasan dan pemantauan yang andal. Dalam penelitian ini, elemen pemanas air digunakan sebagai sumber panas utama karena kemampuannya dalam mendistribusikan panas secara merata serta kemudahan pengendalian listriknya. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termokopel tipe K, yang menawarkan akurasi tinggi dan ketahanan yang baik pada kondisi suhu tinggi. Data sensor yang diperoleh diproses oleh mikrokontroler ESP32-S3, yang berfungsi sebagai unit kontrol pusat sistem. ESP32-S3 dipilih karena kemampuan pemrosesannya yang tinggi, konsumsi daya yang rendah, dan kesesuaiannya untuk aplikasi kontrol waktu nyata (Rizkianto et al., 2022). Selain itu, Solid State Relays (SSR) digunakan untuk mengatur daya yang disuplai ke elemen pemanas, sehingga memungkinkan kinerja peralihan yang cepat dan meningkatkan keandalan sistem dibandingkan dengan relai mekanis konvensional (Desmira & Martias, 2024).



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Menjaga suhu dan tekanan yang stabil di dalam ketel sangat penting untuk memastikan proses distilasi uap yang efisien dan konsisten. Metode pengendalian konvensional seringkali menghadapi tantangan dalam menangani karakteristik nonlinier sistem termal serta variasi kondisi operasi. Oleh karena itu, pendekatan pengendalian logika fuzzy diterapkan dalam penelitian ini. Logika fuzzy mampu menangani ketidakpastian dan perilaku sistem nonlinier tanpa memerlukan model matematis yang akurat dari proses tersebut (Awi et al., 2022). Dengan terus menyesuaikan daya pemanas sesuai dengan kondisi suhu dan tekanan, pengontrol dapat memberikan respons yang lebih halus dan adaptif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sistem distilasi minyak atsiri berbasis mikrokontroler ESP32-S3 dengan kontrol logika fuzzy untuk mengatur suhu dan tekanan boiler. Sistem yang diusulkan diharapkan dapat meningkatkan stabilitas proses, efisiensi energi, dan konsistensi ekstraksi, sehingga mendukung produksi minyak atsiri berkualitas tinggi dalam sistem distilasi skala prototipe (Soleh et al., 2025).

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem distilasi minyak atsiri skala rancang bangun yang mampu menjaga kestabilan suhu dan tekanan boiler secara otomatis?
2. Bagaimana mengimplementasikan metode kontrol logika fuzzy pada sistem pemanas air berbasis ESP32-S3 untuk menjaga kestabilan suhu proses distilasi?
3. Bagaimana kinerja sistem pemanas yang dikendalikan secara fuzzy dalam meningkatkan efisiensi dan kestabilan proses distilasi minyak atsiri?

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini, terdapat batasan masalah agar pembahasan lebih fokus dan terarah. Batasan antara lain sebagai berikut:

1. Sistem distilasi yang dirancang merupakan sistem skala rancang bangun.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Sumber panas yang digunakan adalah *elemen pemanas air* dengan pengendalian daya melalui *SSR*.
3. Parameter utama yang dikendalikan adalah suhu dan tekanan *boiler*.
4. Metode kendali yang digunakan adalah *kontrol logika fuzzy*.
5. Penelitian tidak membahas analisis kimia kandungan minyak atsiri yang dihasilkan.
6. Sistem dirancang untuk tujuan penelitian dan pengembangan, bukan produksi industri skala besar.

### 1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka diperoleh tujuan dari penelitian sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem distilasi minyak atsiri skala rancang bangun berbasis *ESP32-S3*.
2. Mengimplementasikan metode *kontrol logika fuzzy* untuk mengendalikan elemen pemanas air pada *boiler* distilasi.
3. Menghasilkan sistem distilasi yang mampu menjaga kestabilan suhu dan tekanan secara lebih efisien selama proses berlangsung.

### 1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini untuk tugas akhir sebagai berikut:

1. Laporan penelitian yang mendokumentasikan perancangan, implementasi, dan pengujian sistem.
2. Sebuah sistem distilasi minyak atsiri skala rancang bangun yang terintegrasi dengan kontrol logika *fuzzy*
3. Publikasi jurnal.

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem distilasi minyak atsiri dengan kondensor dan kontrol Fuzzy Logic Mamdani berbasis IoT, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem distilasi minyak atsiri berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan ESP32-S3 sebagai pengendali utama yang terintegrasi dengan sensor suhu termokopel MAX31855, sensor tekanan berbasis ADS1115, aktuator heater, serta katup uap (steam valve).
2. Metode Fuzzy Logic Mamdani mampu mengendalikan proses pemanasan secara otomatis berdasarkan kondisi suhu dan boiler. Sistem dapat mempertahankan suhu operasi pada rentang 90–95°C sehingga proses pembentukan uap berlangsung secara stabil.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu boiler mencapai kondisi stabil dengan nilai rata-rata sekitar 94°C, sedangkan suhu steam berada pada rentang 92–95°C. Nilai tekanan boiler selama proses distilasi berada pada kisaran 1,78–3,69 PSI dan tidak melebihi batas keamanan sistem yang telah ditentukan.
4. Penggunaan kondensor mampu mengubah uap hasil distilasi menjadi kondensat secara efektif sehingga proses ekstraksi minyak atsiri dapat berlangsung dengan baik.
5. Sistem monitoring berbasis IoT berhasil menampilkan data suhu, tekanan, status heater, dan status valve sehingga memudahkan proses pengawasan dan pengambilan keputusan selama proses distilasi berlangsung.
6. Integrasi kontrol fuzzy dan sistem monitoring menghasilkan proses distilasi yang lebih stabil, aman, dan efisien dibandingkan pengoperasian secara manual.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah:

1. Menambahkan sensor level air pada boiler untuk mencegah kondisi kekurangan air yang dapat menyebabkan kerusakan elemen pemanas.
2. Mengimplementasikan metode kontrol yang lebih adaptif, seperti Adaptive Fuzzy Control atau Fuzzy-PID, untuk meningkatkan performa pengendalian terhadap perubahan beban proses.
3. Menambahkan sensor laju aliran (flow sensor) pada sistem pendingin kondensor untuk memantau efektivitas proses kondensasi.
4. Mengembangkan sistem monitoring berbasis cloud sehingga data proses dapat disimpan dan dianalisis dalam jangka panjang.
5. Melakukan pengujian pada berbagai jenis bahan baku tanaman atsiri untuk mengetahui pengaruh karakteristik bahan terhadap performa sistem distilasi.
6. Menambahkan fitur alarm dan notifikasi otomatis ketika suhu atau tekanan melebihi batas operasi yang telah ditentukan.

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardhana, A. M., Dewi, A. K., Handoko, E. J., & Pratiwi, C. D. (2025). Perancangan Kontrol Suhu Air Sirkulasi Shell Kondensor Pada Prototype Distilasi Essential Oil. *Indonesian Journal of Energy & Mineral*, 5(2), 110–123. <https://doi.org/10.53026/ijoem.v5i2.23>
- Asawa, S., Islam, I., & Wibawa, I. P. A. H. (2024). Penyulingan Air dan Uap Tumbuhan Koleksi Kebun Raya Eka Karya Bali untuk Menghasilkan Minyak Atsiri. *Jurnal Satwa Tumbuhan Indonesia*, 1(1), 24–29.
- Awi, F. B., Rabi, A., & Dirgantara, W. (2022). Pengimplementasian Metode Fuzzy Logic pada Kontrol Rumah Jamur Otomatis Berbasis Node-RED. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 9(3), 130–134. <https://doi.org/10.21107/triac.v9i3.17278>
- Daryono, E. D., & Hutasoit, G. F. (2024). Ekstraksi Minyak Atsiri Jahe (*Zingiber officinale*) dengan Proses Distilasi: Pengaruh Jenis Jahe dan Metode Distilasi. *Eksergi*, 21(2), 55–59. <https://doi.org/10.31315/e.v21i2.11625>
- Desmira, D., & Martias, M. (2024). Optimisasi Pengukuran dan Pengendalian Suhu pada Furnace Industri Menggunakan Termokopel Tipe K dan Sistem PID. *INSANtek*, 5(2), 65–70. <https://doi.org/10.31294/insantek.v5i2.5413>
- Evalina et al. (2022). Penggunaan Arduino Uno Untuk Mengatur Temperatur Pada Oven. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 4(2). <https://doi.org/10.30596/rele.v4i2.9559>
- Handayani, I. A., Agustina, I., Wira, A., Ikifa, S., & Samarinda, S. (2023). KARAKTERISTIK MINYAK ATSIRI DAUN MUDA MEDANG PIRAWAS (*Litsea Elliptica Blume*) DENGAN METODE DISTILASI UAP.
- Ikhwanudin, A. H., Widadi, N., Guntoro, Abidin, A. Z., & Oktanuriawan, J. (2025). Rancang Bangun Mesin Distilasi Minyak Atsiri dengan Sistem Pendingin Kontinu sebagai Sarana Praktikum dan Produksi Essential Oil di Laboratorium Rekayasa Pangan. *Jurnal Pengembangan Potensi Laboratorium*, 4(1), 28–40. <https://doi.org/10.25047/plp.v4i1.5676>
- M.P, P. D. I. S., Tech, A. H., S. TP, M., & Seftian, A. F. (2023). RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI DAUN EKALIPTUS. uwais inspirasi indonesia.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Muhtadi, N. S., Rahman, D. M., & Surianto, D. F. (2024). ANALISIS RISIKO KEBAKARAN HUTAN DENGAN LOGIKA FUZZY MAMDANI. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3902>
- M.Yusuf. (2025). Analisis Kinerja Katel Uap Tipe Water Tube Untuk Keperluan Distalasi Minyak Atsiri. *INOVTEK - SERI MESIN*, 2(2), 48–55.
- Novi, N. S., Denok, D. W., & Sahrul. (2024). Penerapan Algoritma Fuzzy Mamdani Pada Monitoring dan Sistem Kontrol Pemakaian Kipas Angin di Ruangan Berbasis Internet Of Things. *Jurnal PROCESSOR*, 19(2). <https://doi.org/10.33998/processor.2024.19.2.1955>
- Nugroho, W., Arifianto, M. J. F., Afianto, A., Wicaksono, A., & Nursim, N. (2025). Web based IoT monitoring system for ultrasonic water flow measurement using ESP32-S3 and cloud database. *Journal of Soft Computing Exploration*, 6(4), 258–265. <https://doi.org/10.52465/josce.v6i4.625>
- Pramudito, A., & Rusimanto, P. W. (2025). Analisis dan Simulasi Sistem Kontrol Suhu Otomatis Berbasis Fuzzy Logic. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 14(1), 43–47. <https://doi.org/10.26740/jte.v14n1.p43-47>
- Prihantoro, B., Safitri, H. K., & Subali, T. (2021). Implementasi Kontrol Suhu pada Proses Penyulingan Pembuatan Bioetanol Berbahan Ecenggondok Menggunakan Fuzzy Logic. *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v7i1.174>
- Rahmi, V. A., Ermal, D. A. S., Fithry, D. A., Israyandi, I., & Maarasyid, C. (2025). Mengenal Lebih Dalam Mengenai Minyak Atsiri pada SMKN 5 Dumai. *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*, 9(2), 294–299. <https://doi.org/10.37859/jpumri.v9i2.9280>
- Rizkianto, A. I., Endryansyah, E., Suprianto, B., & Rusimanto, P. W. (2022). Rancang Bangun Sistem Kontrol Tracking Panel Surya Dengan Metode Fuzzy Logic Controller Berbasis ESP32. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 11(1), 126–135. <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p126-135>
- Sam, A. K., Romadhon, A. S., Widyaningrum, V. T., & Lestari, D. P. A. (2025). Kendali Suhu Otomatis pada Proses Distilasi Batang Sereh menggunakan



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Metode PID. *Sains Data Jurnal Studi Matematika dan Teknologi*, 3(2), 52–61. <https://doi.org/10.52620/sainsdata.v3i2.204>

Saputra, O., Khalil, F. I., & Widhiantari, I. A. (2024). Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Tekanan Gas Pada Biodigester Berbasis IoT: Analisis Waktu dan Stabilitas Koneksi ESP32 dan ESP32-S3 (Lilygo T Display S3). *JURNAL SAINS TEKNOLOGI & LINGKUNGAN*, 10(4), 608–616. <https://doi.org/10.29303/jstl.v10i4.706>

Soleh, A., Setianama, M., & Tyas, F. A. (2025). *Model Fuzzy Logic sebagai Basis Pengetahuan Kontrol Kipas Angin Otomatis berdasarkan Suhu dan Jumlah Orang*.

Tan, J., Chen, Y., & Jiao, S. (2023). *Visual Studio Code in Introductory Computer Science Course: An Experience Report* (arXiv:2303.10174). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.10174>

Widiada, P. E. (2025). *Pengujian Sistem Penyulingan Arak Bali Berbasis Refrigerasi dengan Pengaruh Jenis Kondensor pada Pengendalian Temperatur Otomatis* [Diploma, Politeknik Negeri Bali]. <https://repository.pnb.ac.id/id/eprint/20888/>

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup



Penulis bernama Dhafa Abi Prakoso, lahir di Jakarta pada 15 September 2003. Latar belakang pendidikan formal penulis yaitu Sekolah Dasar di SDN Pesanggrahan 02, lulus pada tahun 2016. Melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama di SMPN 177 Jakarta, lulus pada tahun 2019. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas di SMAN 46 Jakarta, lulus pada tahun 2022. Setelah itu penulis melanjutkan studi ke jenjang pendidikan Sarjana

Terapan (S.Tr.) di Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Elektro Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri sejak tahun 2022. Selama masa perkuliahan, penulis memiliki minat pada bidang sistem kontrol, otomasi industri, instrumentasi, dan teknologi berbasis mikrokontroler. Penulis dapat dihubungi melalui email [dhafaabiprakoso2003@gmail.com](mailto:dhafaabiprakoso2003@gmail.com).

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <Wire.h>

#include <Adafruit_MAX31855.h>
#include <Adafruit_ADS1X15.h>
#include <Fuzzy.h>
#include <ArduinoJson.h>

//=====
// WIFI
//=====

const char* ssid = "LENTUFI";
const char* password = "Pukulped@";

//=====
// HOSTING
//=====

const char* GET_URL =
"https://syncmonitor.my.id/api/get_control.php";

const char* SAVE_URL =
"https://syncmonitor.my.id/api/save.php";

//=====
// MAX31855 SENSOR 1
//=====

#define MAXD01 38
#define MAXCS1 39
#define MAXCLK1 40

//=====
// MAX31855 SENSOR 2
//=====

#define MAXD02 37
#define MAXCS2 35
#define MAXCLK2 36

//=====
// ADS1115
//=====
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
#define SDA_PIN 8
#define SCL_PIN 9

Adafruit_ADS1115 ads;

//=====
// OUTPUT
//=====

#define SSR1_PIN 16
#define SSR2_PIN 17
#define VALVE_PIN 3

//=====
// SENSOR OBJECT
//=====

Adafruit_MAX31855 thermocouple1(
  MAXCLK1,
  MAXCS1,
  MAXDO1
);

Adafruit_MAX31855 thermocouple2(
  MAXCLK2,
  MAXCS2,
  MAXDO2
);

//=====
// VARIABLE
//=====

float temp1 = 0;
float temp2 = 0;

const int TEMP_FILTER_SIZE = 15;

float temp1Buffer[TEMP_FILTER_SIZE];
float temp2Buffer[TEMP_FILTER_SIZE];

int tempFilterIndex = 0;
bool filterFilled = false;

float pressureVoltage = 0;
float pressurePSI = 0;
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
const int PRESSURE_FILTER_SIZE = 10;

float pressureBuffer[PRESSURE_FILTER_SIZE];

int pressureFilterIndex = 0;

bool pressureFilterFilled = false;

const float SETPOINT = 95.00;
float errorTemp = 0;

const float STEAM_ON = 94;
const float STEAM_OFF = 90;

const float PRESSURE_HIGH = 4.0;
const float PRESSURE_LOW = 3.5;

bool pressureTrip = false;

String heater1Status = "OFF";
String heater2Status = "OFF";
String valveStatus = "CLOSE";

String force_ssr1 = "AUTO";
String force_ssr2 = "AUTO";
String force_valve = "AUTO";
String emergency = "OFF";

Fuzzy *fuzzy = new Fuzzy();
// INPUT Error
FuzzySet *eVeryNeg = new FuzzySet(-20,-20,-10,-3);
FuzzySet *eNeg = new FuzzySet(-5,-2,-1,0);
FuzzySet *eNorm = new FuzzySet(-2,0,0,2);
FuzzySet *ePos = new FuzzySet(0,5,95,95);

// OUTPUT SSR1
FuzzySet *SSR1_OFF = new FuzzySet(0,0,0.2,0.5);
FuzzySet *SSR1_ON = new FuzzySet(0.5,0.8,1,1);

// OUTPUT SSR2
FuzzySet *SSR2_OFF = new FuzzySet(0,0,0.2,0.5);
FuzzySet *SSR2_ON = new FuzzySet(0.5,0.8,1,1);

void addRule(
int id,
FuzzySet* error,
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
FuzzySet* ssr1,
FuzzySet* ssr2)
{
    FuzzyRuleAntecedent *ant =
    new FuzzyRuleAntecedent();

    ant->joinSingle(error);

    FuzzyRuleConsequent *cons =
    new FuzzyRuleConsequent();

    cons->addOutput(ssr1);
    cons->addOutput(ssr2);

    FuzzyRule *rule =
    new FuzzyRule(
    id,
    ant,
    cons
    );

    fuzzy->addFuzzyRule(rule);
}

void setupFuzzy()
{
    // INPUT 2
    FuzzyInput *errorInput = new FuzzyInput(1);
    errorInput->addFuzzySet(eNeg);
    errorInput->addFuzzySet(eNorm);
    errorInput->addFuzzySet(ePos);
    fuzzy->addFuzzyInput(errorInput);

    // OUTPUT SSR1
    FuzzyOutput *out1 = new FuzzyOutput(1);
    out1->addFuzzySet(SSR1_OFF);
    out1->addFuzzySet(SSR1_ON);
    fuzzy->addFuzzyOutput(out1);

    // OUTPUT SSR2
    FuzzyOutput *out2 = new FuzzyOutput(2);
    out2->addFuzzySet(SSR2_OFF);
    out2->addFuzzySet(SSR2_ON);
    fuzzy->addFuzzyOutput(out2);

    // =====
    // RULE BASE
    // =====
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

addRule(1 ,ePos ,SSR1_ON ,SSR2_ON );
addRule(2 ,eNorm ,SSR1_ON ,SSR2_ON );
addRule(3 ,eNeg ,SSR1_ON,SSR2_OFF);
addRule(4 ,eVeryNeg ,SSR1_OFF,SSR2_OFF);
}

//=====
// WIFI
//=====

void connectWiFi()
{
    WiFi.begin(ssid,password);

    Serial.print("Connecting");

    while(WiFi.status()!=WL_CONNECTED)
    {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }

    Serial.println();
    Serial.println("WiFi Connected");
    Serial.println(WiFi.localIP());
}

//=====
// GET SETPOINT
//=====

void getSetpoint()
{
    if(WiFi.status()!=WL_CONNECTED)
        return;

    HTTPClient http;

    http.begin(GET_URL);

    int code = http.GET();

```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if(code == 200)
{

    String payload =
    http.getString();

    JsonDocument doc;

    deserializeJson(
    doc,
    payload
    );

    force_ssr1 =
    doc["force_ssr1"].as<String>();

    force_ssr2 =
    doc["force_ssr2"].as<String>();

    force_valve =
    doc["force_valve"].as<String>();

    emergency =
    doc["emergency"].as<String>();

}

http.end();
}
//=====
// READ TEMP
//=====
void readTemperature()
{
    double t1 = thermocouple1.readCelsius();

    if(!isnan(t1) &&
        t1 > 0 &&
        t1 < 200)
    {

```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

        temp1Buffer[tempFilterIndex] = t1;
    }

    double t2 = thermocouple2.readCelsius();

    if(!isnan(t2) &&
        t2 > 0 &&
        t2 < 200)
    {
        temp2Buffer[tempFilterIndex] = t2;
    }

    tempFilterIndex++;

    if(tempFilterIndex >= TEMP_FILTER_SIZE)
    {
        tempFilterIndex = 0;
        filterFilled = true;
    }

    int samples =
    filterFilled ?
    TEMP_FILTER_SIZE :
    tempFilterIndex;

    if(samples > 0)
    {
        float sum1 = 0;
        float sum2 = 0;

        for(int i=0;i<samples;i++)
        {
            sum1 += temp1Buffer[i];
            sum2 += temp2Buffer[i];
        }

        temp1 = sum1 / samples;
        temp2 = sum2 / samples;
    }
}

//=====
// READ PRESSURE
//=====

```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
void readPressure()
{
    int16_t adc =
    ads.readADC_SingleEnded(0);

    pressureVoltage =
    adc * 0.1875f / 1000.0f;

    const float ZERO_OFFSET = 0.720f;

    float rawPressure =
    ((pressureVoltage - ZERO_OFFSET) * 145.0f) /
    (4.5f - ZERO_OFFSET);

    if(rawPressure < 0)
        rawPressure = 0;

    if(rawPressure > 145.0f)
        rawPressure = 145.0f;

    pressureBuffer[pressureFilterIndex] =
    rawPressure;

    pressureFilterIndex++;

    if(pressureFilterIndex >= PRESSURE_FILTER_SIZE)
    {
        pressureFilterIndex = 0;
        pressureFilterFilled = true;
    }

    int samples =
    pressureFilterFilled ?
    PRESSURE_FILTER_SIZE :
    pressureFilterIndex;

    float sumPressure = 0;

    for(int i=0;i<samples;i++)
    {
        sumPressure += pressureBuffer[i];
    }

    if(samples > 0)
    {
        pressurePSI =
        sumPressure / samples;
    }
}
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    }
}

//=====================================================
// CONTROL
//=====================================================

void controlSystem()
{
    if(pressurePSI >= PRESSURE_HIGH)
    {
        pressureTrip = true;
    }

    if(pressurePSI <= PRESSURE_LOW)
    {
        pressureTrip = false;
    }

    if(pressureTrip)
    {
        digitalWrite(SSR1_PIN,LOW);
        digitalWrite(SSR2_PIN,LOW);
        digitalWrite(VALVE_PIN,HIGH);

        heater1Status = "OFF";
        heater2Status = "OFF";
        valveStatus   = "OPEN";

        return;
    }

    errorTemp = SETPOINT - temp1;

    fuzzy->setInput(1, errorTemp);

    fuzzy->fuzzify();

    float ssr1 =
    fuzzy->defuzzify(1);

    float ssr2 =
    fuzzy->defuzzify(2);

    digitalWrite(
    SSR1_PIN,
    ssr1 > 0.5 ? HIGH : LOW);

```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
digitalWrite(
  SSR2_PIN,
  ssr2 > 0.5 ? HIGH : LOW);

heater1Status =
  ssr1 > 0.5 ? "ON":"OFF";

heater2Status =
  ssr2 > 0.5 ? "ON":"OFF";

static bool valveState = false;

if(temp2 >= STEAM_ON)
{
  valveState = true;
}
else if(temp2 <= STEAM_OFF)
{
  valveState = false;
}

digitalWrite(
  VALVE_PIN,
  valveState ? HIGH : LOW);

valveStatus =
  valveState ? "OPEN" : "CLOSE";

// =====
// EMERGENCY
// =====
if(emergency == "ON")
{
  digitalWrite(SSR1_PIN, LOW);
  digitalWrite(SSR2_PIN, LOW);
  digitalWrite(VALVE_PIN, HIGH);

  heater1Status = "OFF";
  heater2Status = "OFF";
  valveStatus    = "OPEN";

  return;
}

// =====
// MANUAL OVERRIDE
// =====
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

if(force_ssr1 == "OFF")
{
    digitalWrite(SSR1_PIN,LOW);
    heater1Status = "OFF";
}

if(force_ssr2 == "OFF")
{
    digitalWrite(SSR2_PIN,LOW);
    heater2Status = "OFF";
}

if(force_valve == "OPEN")
{
    valveState = true;

    digitalWrite(VALUE_PIN,HIGH);
    valveStatus = "OPEN";
}
}

//=====
// SEND DATA
//=====

void sendData()
{
    if(WiFi.status() != WL_CONNECTED)
        return;

    HTTPClient http;

    http.begin(SAVE_URL);

    http.addHeader(
        "Content-Type",
        "application/x-www-form-urlencoded"
    );

    String postData =

    "temp1=" + String(temp1,2) +

    "&temp2=" + String(temp2,2) +

    "&pressure=" + String(pressurePSI,2) +
  
```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

"&valve=" + valveStatus +

"&heater1=" + heater1Status +

"&heater2=" + heater2Status;

http.POST(postData);

http.end();
}

//=====
// SETUP
//=====

void setup()
{
  Serial.begin(115200);

  for(int i=0;i<TEMP_FILTER_SIZE;i++)
  {
    temp1Buffer[i] = 0;
    temp2Buffer[i] = 0;
  }

  for(int i=0;i<PRESSURE_FILTER_SIZE;i++)
  {
    pressureBuffer[i] = 0;
  }

  pinMode(SSR1_PIN,OUTPUT);
  pinMode(SSR2_PIN,OUTPUT);
  pinMode(VALVE_PIN,OUTPUT);

  digitalWrite(SSR1_PIN,LOW);
  digitalWrite(SSR2_PIN,LOW);
  digitalWrite(VALVE_PIN,LOW);

  Wire.begin(
    SDA_PIN,
    SCL_PIN
  );

  if(!ads.begin())
  {
    Serial.println("ADS1115 ERROR");
  }
}

```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

        while(1);
    }

    ads.setGain(GAIN_ONE);

    setupFuzzy();

    connectWiFi();

    Serial.println("SYSTEM READY");
}

//=====
// LOOP
//=====

unsigned long lastUpload=0;
unsigned long lastSetpoint=0;
static unsigned long lastReconnect = 0;

void loop()
{
    if(
        WiFi.status()!=WL_CONNECTED &&
        millis()-lastReconnect > 10000
    )
    {
        WiFi.disconnect();
        connectWiFi();

        lastReconnect = millis();
    }

    readTemperature();

    readPressure();

    controlSystem();

    if(millis()-lastSetpoint > 5000)
    {
        getSetpoint();
        lastSetpoint = millis();
    }

    if(millis()-lastUpload > 1000)
    {
        sendData();
    }
}

```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

Serial.println("\n=====");

Serial.print("Boiler Temp      : ");
Serial.print(temp1);
Serial.println(" C");

Serial.print("Steam Temp      : ");
Serial.print(temp2);
Serial.println(" C");

Serial.print("Set Point        : ");
Serial.print(SETPOINT);
Serial.println(" C");

Serial.print("Error              : ");
Serial.println(errorTemp);

Serial.print("Pressure Volt   : ");
Serial.print(pressureVoltage,3);
Serial.println(" V");

Serial.print("Pressure          : ");
Serial.print(pressurePSI,3);
Serial.println(" PSI");

Serial.print("SSR1              : ");
Serial.println(heater1Status);

Serial.print("SSR2              : ");
Serial.println(heater2Status);

Serial.print("Valve             : ");
Serial.println(valveStatus);

lastUpload = millis();
}
}

```



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### Lampiran 3 Dokumentasi Alat

