

## LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI *HUMAN MACHINE INTERFACE*  
(HMI) BERBASIS NODE-RED UNTUK *MONITORING* SISTEM KONTROL  
SUHU DAN LAJU ALIRAN AIR

Diajukan oleh :

Afdhol Arafat Lintang Pasha Pamungkas Setya Nusantara  
40040322650057

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing



Priyo Sasmoko, ST, M.Eng  
NIP. 197009161998021001

Tanggal, 23 September 2026

Mengetahui,  
Ketua  
Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi  
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi  
Universitas Diponegoro



Priyo Sasmoko, ST, M.Eng  
NIP. 197009161998021001

Tanggal, 23 September 2026

## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

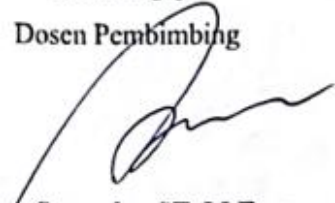
PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI *HUMAN MACHINE INTERFACE*  
(HMI) BERBASIS NODE-RED UNTUK *MONITORING* SISTEM KONTROL  
SUHU DAN LAJU ALIRAN AIR

Diajukan oleh :

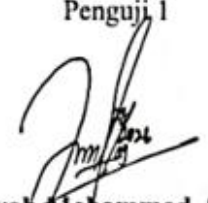
Afdhol Arafat Lintang Pasha Pamungkas Setya Nusantara  
40040322650057

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji  
September 2026

Tim Penguji.  
Dosen Pembimbing

  
Priyo Sasmoko, ST, M.Eng.  
NIP. 197009161998021001

Penguji 1

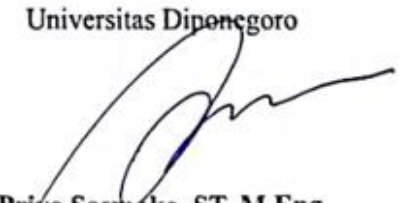
  
Luthfansyah Mohammad, S.Tr.T, M.T.  
NIP. H.7. 199609132022041001

Penguji 2

  
Rofiq Calva Prayogo, S.T., M.T.  
NIP. 199505291024061001

Mengetahui

Ketua Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi  
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi  
Universitas Diponegoro

  
Priyo Sasmoko, ST, M.Eng.  
NIP. 197009161998021001

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Afdhol Arafat Lintang Pasha Pamungkas Setya Nusantara  
NIM : 40040322650057  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi  
Judul Tugas Akhir : "Perancangan Dan Implementasi *Human Machine Interface* (HMI) Berbasis Node-RED Untuk *Monitoring* Sistem Kontrol Suhu Dan laju Aliran Air"

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 23 September 2026

Penulis,



Afdhol Arafat Lintang PPSN

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Dan Implementasi *Human-Machine Interface* (HMI) Berbasis Node-RED Untuk *Monitoring* Sistem Kontrol Suhu Dan laju Aliran Air” Tersusunnya laporan ini tentu tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan kesehatan, dan kelancaran bagi penulis dalam setiap langkah penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa, motivasi, serta dukungan moril dan materil kepada penulis.
3. Bapak Priyo Sasmoko, S.T.,M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi dan selaku Dosen Pembimbing saya yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Muhammad Haikal Ali Darul Haq dan Rizal Nadhif Pratista selaku rekan tim yang telah bekerja sama, berbagi ide, serta turut membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Najma Ali yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, serta motivasi kepada penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Kawan Kontrakan Ibu Saparmi, kawan Teknologi Rekayasa Otomasi Angkatan 2022 “SATNAYAKA”, dan khususnya para sahabat “JASUKE” yang sudah memberikan dukungan dan semangat dalam menyusun Laporan Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih kurang sempurna dan banyak kekurangan. Penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya bagi pembaca serta perkembangan ilmu pengetahuan pada umumnya.

Semarang, 23 September 2026

Penulis,

Afdhol Arafat Lintang PPSN

## DAFTAR ISI

|                                                                 |             |
|-----------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....</b>                      | <b>ii</b>   |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....</b>                      | <b>iii</b>  |
| <b>SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT .....</b>                     | <b>iv</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                      | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                          | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                      | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                                       | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>                                    | <b>xiii</b> |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                            | <b>xv</b>   |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>                                  | <b>1</b>    |
| 1.1    Latar Belakang.....                                      | 1           |
| 1.2    Perumusan Masalah.....                                   | 2           |
| 1.3    Tujuan Tugas Akhir .....                                 | 3           |
| 1.4    Manfaat Tugas Akhir .....                                | 3           |
| 1.5    Pembatasan Masalah .....                                 | 4           |
| 1.6    Sistematika Tugas Akhir.....                             | 5           |
| <b>BAB II DASAR TEORI.....</b>                                  | <b>7</b>    |
| 2.1    Tinjauan Pustaka.....                                    | 7           |
| 2.2    Sistem Kontrol Proses .....                              | 11          |
| 2.3    Mikrokontroler ESP32.....                                | 12          |
| 2.4    OpenPLC .....                                            | 13          |
| 2.5 <i>Human Machine Interface</i> (HMI) .....                  | 14          |
| 2.6    Sistem <i>monitoring</i> Berbasis <i>Dashboard</i> ..... | 16          |
| 2.7 <i>Internet of Things</i> (IoT).....                        | 17          |

|                                        |                                                                    |           |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.8                                    | Node-RED .....                                                     | 18        |
| 2.9                                    | Protokol MQTT .....                                                | 19        |
| 2.9.1                                  | Konsep <i>Publish-Subscribe</i> .....                              | 20        |
| 2.10                                   | Haiwell Cloud SCADA .....                                          | 20        |
| 2.11                                   | Protokol Modbus TCP .....                                          | 21        |
| 2.12                                   | Parameter Pengujian Sistem .....                                   | 22        |
| 2.12.1                                 | Pengujian Kesesuaian Transmisi Data .....                          | 22        |
| 2.12.2                                 | Pengujian Latency Komunikasi .....                                 | 23        |
| 2.12.3                                 | Rata-rata Latency Komunikasi .....                                 | 23        |
| 2.12.4                                 | Pengujian Keberhasilan Transmisi .....                             | 24        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b> |                                                                    | <b>25</b> |
| 3.1                                    | Blok Diagram Sistem .....                                          | 25        |
| 3.1.1                                  | Blok Diagram Sistem Keseluruhan .....                              | 25        |
| 3.1.2                                  | Blok Diagram Arsitektur Komunikasi Sistem .....                    | 27        |
| 3.2                                    | Diagram Alur Alat .....                                            | 29        |
| 3.2.1                                  | Flowchart <i>HMI</i> .....                                         | 31        |
| 3.2.2                                  | Rangkaian Elektrikal Keseluruhan .....                             | 33        |
| 3.3                                    | Gambar Konsep 3D Alat .....                                        | 34        |
| 3.4                                    | Spesifikasi dan Fitur Alat .....                                   | 35        |
| 3.4.1                                  | Spesifikasi .....                                                  | 36        |
| 3.4.2                                  | Fitur Alat .....                                                   | 39        |
| 3.5                                    | Fabrikasi Perangkat Keras dan Integrasi <i>Gateway</i> .....       | 40        |
| 3.5.1                                  | Fabrikasi Perangkat Keras .....                                    | 40        |
| 3.5.2                                  | Integrasi <i>Gateway</i> Node-RED dan Sistem Komunikasi Data ..... | 41        |
| 3.6                                    | Metode Pengujian Sistem .....                                      | 42        |
| 3.6.1                                  | Metode Pengujian Transmisi dan Kesesuaian Data Monitoring .....    | 43        |

|                                            |                                                            |            |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------|
| 3.6.2                                      | Metode Pengujian Kinerja Komunikasi Antarmuka .....        | 45         |
| 3.6.3                                      | Metode Pengujian Pemulihan Komunikasi .....                | 46         |
| 3.6.4                                      | Metode Pengujian Keseluruhan Sistem .....                  | 47         |
| <b>BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS .....</b> |                                                            | <b>49</b>  |
| 4.1                                        | Hasil Implementasi Sistem .....                            | 49         |
| 4.1.1                                      | Implementasi Perangkat Keras .....                         | 49         |
| 4.1.2                                      | Implementasi Perangkat Lunak .....                         | 51         |
| 4.1.3                                      | Implementasi Keseluruhan Sistem .....                      | 57         |
| 4.2                                        | Pengujian Transmisi dan Kesesuaian Data Monitoring .....   | 59         |
| 4.2.1                                      | Pengujian Transmisi Data Suhu PT100 .....                  | 60         |
| 4.2.2                                      | Pengujian Transmisi Laju Aliran Air YFS201 .....           | 62         |
| 4.2.3                                      | Pengujian Transmisi Ketinggian Air JSN-SR04T .....         | 64         |
| 4.3                                        | Pengujian Kinerja Komunikasi dan Antarmuka .....           | 66         |
| 4.3.1                                      | Pengujian <i>Latency</i> Komunikasi MQTT .....             | 67         |
| 4.3.2                                      | Pengujian <i>Latency</i> Komunikasi Modbus TCP .....       | 71         |
| 4.3.3                                      | Pengujian Antarmuka Haiwell Cloud SCADA .....              | 76         |
| 4.3.4                                      | Pengujian Pemulihan Komunikasi Modbus TCP dan MQTT .....   | 80         |
| 4.3.5                                      | Pengujian Keseluruhan Sistem .....                         | 86         |
| 4.4                                        | Analisis Hasil Pengujian dan Pembahasan .....              | 90         |
| 4.4.1                                      | Analisis Kesesuaian Transmisi Data <i>Monitoring</i> ..... | 92         |
| 4.4.2                                      | Analisis Kinerja HMI dan Keandalan Komunikasi Data .....   | 94         |
| 4.4.3                                      | Kelebihan dan Keterbatasan Sistem .....                    | 97         |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                 |                                                            | <b>100</b> |
| 5.1                                        | Kesimpulan .....                                           | 100        |
| 5.2                                        | Saran .....                                                | 101        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                |                                                            | <b>103</b> |

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>LAMPIRAN.....</b> | <b>105</b> |
|----------------------|------------|

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 2. 1</b> Konsep Dasar Sistem Kontrol Proses .....                                              | 11 |
| <b>Gambar 2. 2</b> ESP32 [10].....                                                                       | 12 |
| <b>Gambar 2. 3</b> Softwre Open PLC Editor.....                                                          | 14 |
| <b>Gambar 2. 4</b> HMI Haiwell B7H-W 7 Inch .....                                                        | 15 |
| <b>Gambar 2. 5</b> Tampilan Sistem Monitoring Berbasis Dashboard .....                                   | 16 |
| <b>Gambar 2. 6</b> Internet of Things (IoT) .....                                                        | 17 |
| <b>Gambar 2. 7</b> Logo Software Node-RED .....                                                          | 18 |
| <b>Gambar 2. 8</b> Protokol MQTT .....                                                                   | 19 |
| <b>Gambar 2. 9</b> Software Haiwell Cloud SCADA .....                                                    | 20 |
| <b>Gambar 2. 10</b> Logo Modbus.....                                                                     | 21 |
| <b>Gambar 3. 1</b> Blok Diagram Sistem Keseluruhan .....                                                 | 25 |
| <b>Gambar 3. 2</b> Diagram Arsitektur Komunikasi Sistem .....                                            | 28 |
| <b>Gambar 3. 3</b> Flowchart Human Machine Interface (HMI).....                                          | 31 |
| <b>Gambar 3. 4</b> Rangkaian Elektrikal Keseluruhan .....                                                | 33 |
| <b>Gambar 3. 5</b> Detail Gambar Proyeksi 3D.....                                                        | 34 |
| <b>Gambar 3. 6</b> Alur Pemrograman (Flow) Integrasi Gateway pada Workspace<br>Node-RED.....             | 41 |
| <b>Gambar 4. 1</b> Foto Alat keseluruhan .....                                                           | 49 |
| <b>Gambar 4. 2</b> Komponen Elektrikal di Dalam Panel Kendali .....                                      | 50 |
| <b>Gambar 4. 3</b> Pemasangan HMI Haiwell pada Dudukan 3D Print .....                                    | 51 |
| <b>Gambar 4. 4</b> Konfigurasi layanan ModbusTCP server pada OpenPLC .....                               | 52 |
| <b>Gambar 4. 5</b> Tampilan Antarmuka Visual (Dashboard UI) pada Haiwell Cloud<br>SCADA .....            | 53 |
| <b>Gambar 4. 6</b> Konfigurasi Parameter TCP/IP Device Driver MQTT pada Haiwell<br>Cloud SCADA .....     | 53 |
| <b>Gambar 4. 7</b> Tampilan Pengaturan MQTT Data Group dan Channel List pada<br>Haiwell Cloud SCADA..... | 54 |
| <b>Gambar 4. 8</b> Konfigurasi Server Host MQTT Broker pada Data Reporting Server<br>Haiwell .....       | 55 |
| <b>Gambar 4. 9</b> Group Database .....                                                                  | 56 |
| <b>Gambar 4. 10</b> Group Process Value (PV) .....                                                       | 56 |

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 4. 11</b> Group Set Point (SP).....                                                          | 57 |
| <b>Gambar 4. 12</b> Group Button .....                                                                 | 57 |
| <b>Gambar 4. 13</b> Group Utilitas (Waktu & Restart).....                                              | 57 |
| <b>Gambar 4. 14</b> Pengujian Implementasi Keseluruhan Sistem dalam Kondisi Beroperasi (Power ON)..... | 58 |
| <b>Gambar 4. 15</b> Visualisasi Data Sensor dan Grafik Tren pada Layar HMI Saat Sistem Berjalan .....  | 59 |
| <b>Gambar 4. 16</b> Transmisi Suhu .....                                                               | 61 |
| <b>Gambar 4. 17</b> Transmisi Laju Aliran .....                                                        | 63 |
| <b>Gambar 4. 18</b> Transmisi Level Air .....                                                          | 65 |
| <b>Gambar 4. 19</b> Gambar Pengujian Latency Komunikasi MQTT Pada Node-RED .....                       | 68 |
| <b>Gambar 4. 20</b> Grafik Pengujian Latency MQTT .....                                                | 70 |
| <b>Gambar 4. 21</b> Gambar Pengujian Latency Komunikasi Modbus TCP Pada Node-RED.....                  | 73 |
| <b>Gambar 4. 22</b> Grafik Pengujian Latency Modbus TCP.....                                           | 75 |
| <b>Gambar 4. 23</b> Tampilan Antarmuka Haiwell Cloud SCADA Saat Monitoring Sistem.....                 | 77 |
| <b>Gambar 4. 24</b> Sistem Auto-Recovery .....                                                         | 81 |
| <b>Gambar 4. 25</b> Kondisi HMI Saat Keseluruhan Sistem Berjalan .....                                 | 87 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2. 1</b> Tinjauan Pustaka .....                                     | 7  |
| <b>Tabel 2. 2</b> Spesifikasi ESP32 [10] .....                               | 13 |
| <b>Tabel 2. 3</b> Spesifikasi Software Open PLC Editor .....                 | 14 |
| <b>Tabel 2. 4</b> Spesifikasi HMI B7H-W Haiwell 7 Inch.....                  | 15 |
| <b>Tabel 3. 1</b> Spesifikasi Alat .....                                     | 36 |
| <b>Tabel 4. 1</b> Data Group dan Channel List pada Haiwell Cloud SCADA.....  | 54 |
| <b>Tabel 4. 2</b> Pengujian Transmisi Data Suhu PT100 .....                  | 62 |
| <b>Tabel 4. 3</b> Pengujian Transmisi Laju Aliran Air YFS201 .....           | 64 |
| <b>Tabel 4. 4</b> Pengujian Kesesuaian Data Pembacaan Sensor JSN-SR04T ..... | 66 |
| <b>Tabel 4. 5</b> Pengujian Latency Komunikasi MQTT.....                     | 69 |
| <b>Tabel 4. 6</b> Pengujian Latency Komunikasi Modbus TCP .....              | 73 |
| <b>Tabel 4. 7</b> Pengujian Antarmuka Haiwell Cloud SCADA.....               | 78 |
| <b>Tabel 4. 8</b> Pengujian Pemulihan Komunikasi Modbus TCP dan MQTT .....   | 81 |
| <b>Tabel 4. 9</b> Pengujian Keseluruhan Sistem .....                         | 87 |

## DAFTAR SINGKATAN

| Singkatan | Definisi                                    |
|-----------|---------------------------------------------|
| HMI       | Human Machine Interface                     |
| IoT       | Internet of Things                          |
| API       | Application Programming Interface           |
| MQTT      | Message Queuing Telemetry Transport         |
| PLC       | Programmable Logic Controller               |
| OpenPLC   | Open-source Programmable Logic Controller   |
| ESP32     | Espressif System 32 (mikrokontroler)        |
| RTD       | Resistance Temperature Detector             |
| AO        | Analog Output                               |
| DO        | Digital Output                              |
| DC        | Direct Current                              |
| AC        | Alternating Current                         |
| LAN       | Local Area Network                          |
| RAM       | Random Access Memory                        |
| CPU       | Central Processing Unit                     |
| RTC       | Real-Time Clock                             |
| GPIO      | General Purpose Input Output                |
| ADC       | Analog to Digital Converter                 |
| UART      | Universal Asynchronous Receiver Transmitter |
| SPI       | Serial Peripheral Interface                 |
| I2C       | Inter-Integrated Circuit                    |
| PWM       | Pulse Width Modulation                      |
| PID       | Proportional Integral Derivative            |
| TFT       | Thin Film Transistor                        |
| BLE       | Bluetooth Low Energy                        |
| FBD       | Function Block Diagram                      |

| <b>Singkatan</b> | <b>Definisi</b>           |
|------------------|---------------------------|
| ST               | Structured Text           |
| SFC              | Sequential Function Chart |
| IL               | Instruction List          |
| PSU              | Power Supply Unit         |
| ToF              | Time of Flight            |

## ABSTRAK

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada sistem otomasi menuntut adanya antarmuka yang mampu memantau parameter proses industri secara presisi dan *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan *Human Machine Interface* (HMI) berbasis Node-RED untuk *monitoring* sistem kontrol suhu dan laju aliran air. Metode yang digunakan mencakup perancangan arsitektur terdistribusi menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit akuisisi data dan OpenPLC sebagai kontroler logika. Node-RED difungsikan sebagai *gateway* penerjemah protokol guna menjembatani transmisi data dari berbagai instrumen sensor melalui jaringan komunikasi hibrid MQTT dan Modbus TCP menuju layar sentuh HMI Haiwell serta Haiwell Cloud SCADA. Hasil pengujian fungsional sistem menunjukkan bahwa HMI berhasil menampilkan visualisasi variabel proses secara *real-time* dan merespons perubahan instruksi kendali (*Setpoint*) dari operator dengan baik. Sistem komunikasi hibrid yang dirancang terbukti mampu memfasilitasi pertukaran data dua arah secara nirkabel, meskipun performa kelancarannya sangat bergantung pada kualitas koneksi jaringan lokal. Kesimpulannya, purwarupa sistem pemantauan yang dihasilkan mampu beroperasi secara fungsional dan layak diimplementasikan sebagai modul praktikum pendukung pada laboratorium otomasi industri.

**Kata Kunci:** *Internet of Things* (IoT), *Human Machine Interface* (HMI), Node-RED, MQTT, Modbus TCP, Sistem Monitoring.

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi otomasi industri saat ini semakin pesat seiring dengan munculnya konsep industri 4.0 yang menekankan integrasi antara sistem fisik, sistem kontrol, serta teknologi komunikasi berbasis jaringan. Dalam sistem industri modern, proses produksi tidak hanya bergantung pada pengendalian mesin secara manual, tetapi juga membutuhkan sistem monitoring dan supervisi yang mampu memberikan informasi kondisi proses secara real-time kepada operator. Sistem monitoring tersebut berperan penting dalam meningkatkan efisiensi proses, keamanan operasi, serta kualitas produk yang dihasilkan[1].

Pada berbagai industri proses, pengendalian parameter seperti suhu dan laju aliran fluida merupakan hal yang sangat krusial karena berpengaruh langsung terhadap kestabilan proses serta kualitas produk akhir. Seiring dengan berkembangnya teknologi Internet of Things (IoT), sistem monitoring mulai berevolusi menuju sistem pengawasan berbasis jaringan yang dapat diakses melalui antarmuka cerdas. Teknologi IoT memungkinkan perangkat sensor dan aktuator di lapangan saling terhubung sehingga data operasional dapat dikirimkan, diproses, dan ditampilkan secara instan[2][3].

Namun, salah satu tantangan utama dalam integrasi sistem otomasi modern adalah masalah interoperabilitas (ketidakcocokan) protokol komunikasi antara perangkat *controller* di lapangan dengan sistem antarmuka berbasis IoT[4]. Dalam implementasinya, perangkat *soft-PLC* seperti OpenPLC umumnya menggunakan standar komunikasi industrial lokal yang bersifat deterministik, yaitu protokol Modbus TCP[5]. Di sisi lain, instrumen *Human Machine Interface* (HMI) modern seringkali mengandalkan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) untuk transmisi data *cloud* dan jaringan nirkabel karena sifatnya yang ringan dan hemat *bandwidth*[3][6].

Perbedaan standar komunikasi ini menyebabkan OpenPLC dan HMI tidak dapat berkomunikasi secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan sebuah perantara atau *middleware* yang mampu menjembatani dan menerjemahkan kedua protokol tersebut. Node-RED merupakan *platform* pemrograman berbasis *flow* yang sangat

ideal untuk difungsikan sebagai *gateway* komunikasi. Node-RED mampu membaca data *register* Modbus TCP dari OpenPLC, lalu mengonversinya menjadi *payload* pesan MQTT untuk dikirimkan ke layar HMI, begitu pula sebaliknya untuk pengiriman instruksi kendali dari operator[4].

Berdasarkan permasalahan tersebut, pada penelitian ini dikembangkan sebuah sistem pemantauan terpusat menggunakan antarmuka HMI Haiwell B7H-W dan Haiwell Cloud SCADA, dengan Node-RED sebagai *gateway* penerjemah protokol. Sistem ini dirancang untuk memonitor parameter suhu dan laju aliran air secara real-time, sekaligus memungkinkan intervensi nilai *Setpoint* dari operator.

Penelitian ini merupakan bagian dari riset terintegrasi yang dikembangkan secara berkelompok untuk merancang sebuah simulator kontrol proses. Pengembangan algoritma kendali PID laju aliran air dikerjakan oleh Rizal Nadhif Pratista, sedangkan pengaturan temperatur air menggunakan heater dan peltier dikerjakan oleh Muhammad Haikal Ali Darul Haq. Penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem HMI untuk mengintegrasikan kedua kontroler tersebut ke dalam satu antarmuka pengawasan yang utuh, sehingga layak diimplementasikan sebagai sarana pemantauan dan supervisi proses yang andal pada sistem otomasi industri.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang telah dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini dapat dirumuskan berikut:

1. Bagaimana merancang sistem *Human Machine Interface* (HMI) berbasis Node-RED dan Haiwell Cloud SCADA untuk *monitoring* sistem kontrol suhu dan laju aliran air.
2. Bagaimana mengimplementasikan Node-RED sebagai *gateway* penerjemah protokol (*protocol converter*) untuk mengatasi ketidakcocokan komunikasi antara protokol Modbus TCP pada OpenPLC dan protokol MQTT pada HMI.
3. Bagaimana menampilkan data sensor suhu, ketinggian air, dan laju aliran air secara *real-time* serta mengakomodasi intervensi *Setpoint* dari operator pada antarmuka *dashboard*.
4. Bagaimana performa sistem *monitoring* dan komunikasi data yang dihasilkan ditinjau dari kecepatan respons (*latency*) dan kestabilan transmisi jaringan.

5. Bagaimana memastikan sistem *monitoring* terintegrasi ini dapat beroperasi secara stabil, akurat, dan fungsional untuk mendukung proses pengawasan sistem kontrol industri.

### 1.3 Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini untuk :

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem *Human Machine Interface* (HMI) berbasis Node-RED serta Haiwell Cloud SCADA untuk *monitoring* sistem kontrol suhu dan laju aliran air.
2. Mengimplementasikan Node-RED sebagai *gateway* penerjemah protokol (*protocol converter*) guna menjembatani komunikasi data antara protokol Modbus TCP pada OpenPLC dan protokol MQTT pada HMI.
3. Mengembangkan antarmuka *dashboard* yang mampu menampilkan data sensor suhu, ketinggian air, dan laju aliran air secara *real-time* serta mendukung pengaturan *Setpoint* oleh operator.
4. Melakukan pengujian performa sistem *monitoring* dan komunikasi data berdasarkan tingkat kecepatan respons (*latency*) serta kestabilan transmisi jaringan.
5. Menghasilkan purwarupa sistem *monitoring* terintegrasi yang andal, aplikatif, dan siap digunakan sebagai sarana pengawasan proses pada sistem otomasi industri.

### 1.4 Manfaat Tugas Akhir

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang otomasi industri, integrasi sistem kontrol, serta pemanfaatan teknologi *Internet of Things* (IoT). Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi referensi literatur dalam pengembangan sistem *Human Machine Interface* (HMI) berbasis Node-RED sebagai *gateway* penerjemah protokol untuk aplikasi parameter proses industri.

2. Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem *monitoring* berbasis HMI dan *Cloud SCADA* yang mampu menyajikan informasi parameter proses seperti suhu, ketinggian air, dan laju aliran secara akurat dan *real-time*. Sistem ini juga memudahkan operator dalam melakukan pengawasan kondisi sistem serta memberikan intervensi kendali secara langsung.

### 3. Manfaat Teknologi

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi alternatif dalam mengatasi masalah interoperabilitas komunikasi data industri melalui penerapan arsitektur hibrid yang menggabungkan protokol Modbus TCP dan MQTT menggunakan *middleware* Node-RED. Hal ini membuktikan fleksibilitas sistem otomasi modern yang lebih adaptif dan efisien.

### 4. Manfaat Implementatif

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sebuah purwarupa sistem *monitoring* dan supervisi proses yang aplikatif, sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut atau diintegrasikan langsung pada fasilitas pengawasan sistem otomasi skala laboratorium maupun industri skala kecil (*bench-scale*).

## 1.5 Pembatasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang difokuskan pada monitoring parameter proses berupa suhu, laju aliran air, dan ketinggian air pada simulator sistem kontrol proses dua tangki.
2. Penelitian difokuskan pada perancangan dan implementasi *Human Machine Interface* (HMI), integrasi komunikasi data, serta pengujian performa sistem monitoring.
3. Sistem monitoring yang dirancang tidak mencakup penyimpanan data historis menggunakan basis data eksternal, sehingga pengamatan utama dilakukan terhadap data proses secara *real-time*.
4. Antarmuka monitoring dan kendali supervisi menggunakan HMI Haiwell B7H-W dan Haiwell Cloud SCADA, sedangkan Node-RED digunakan sebagai *middleware* atau *gateway* komunikasi.

5. Sistem komunikasi menggunakan protokol Modbus TCP untuk pertukaran data antara OpenPLC/ESP32 dengan Node-RED pada jaringan lokal dan protokol MQTT untuk pertukaran data antara Node-RED dengan HMI Haiwell.
6. Pengoperasian dan pengujian performa komunikasi sistem dilakukan pada jaringan lokal berbasis Wi-Fi.
7. Alat yang dibangun merupakan purwarupa skala laboratorium dan tidak ditujukan untuk implementasi langsung pada proses industri skala besar.
8. Node-RED difungsikan sebagai *gateway* penerjemah protokol (*protocol converter*) yang melakukan pemetaan dan pertukaran data antara Modbus TCP dan MQTT.
9. Penelitian tidak mencakup perancangan mekanik utama alat, perakitan sistem *heater* dan *Peltier*, maupun proses penalaan algoritma kontrol PID karena bagian tersebut merupakan fokus penelitian terintegrasi lainnya.
10. Analisis keandalan komunikasi difokuskan pada waktu respons pengiriman data, kestabilan antarmuka HMI, serta kemampuan sistem dalam merespons gangguan koneksi jaringan.

## 1.6 Sistematika Tugas Akhir

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini, terdapat sistematika penyusunan laporan sebagai berikut :

### BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, serta sistematika penulisan proposal tugas akhir sesuai topik yang diangkat penulis.

### BAB II DASAR TEORI

Bagian ini berisikan teori yang mendukung topik yang diangkat oleh penulis.

### BAB III METODE PENELITIAN

Bagian ini berisi tentang metode yang digunakan dalam penelitian penulis.

### BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bagian ini berisi tentang metode yang digunakan dalam penelitian penulis.

## BAB V PENUTUP

Bagian ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil pengujian alat yang telah di buat.