



 **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 KENDALI NUTRISI  
HIDROPONIK MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC BERBASIS  
ANDROID DAN LORA**

**“Perancangan dan Pembuatan Alat Sistem Kendali Nutrisi  
Hidroponik Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Lora”**

**TUGAS AKHIR**

**Mikhyel Zohbi Agashi Putra**

**2303332019**

**PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2025**



**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 KENDALI NUTRISI HIDROPONIK MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC BERBASIS ANDROID DAN LORA**

**“Perancangan dan Pembuatan Alat Sistem Kendali Nutrisi  
Hidroponik Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Lora”**

**TUGAS AKHIR**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Mikhyel Zohbi Agashi Putra  
2303332019**

**PROGRAM STUDI TELEKOMUNIKASI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2025**



**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

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Mikhyel Zohbi Agashi Putra**

**NIM : 2303332019**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 16 Juli 2026**

**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

## HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Mikhyel Zohbi Agashi Putra

NIM : 2303332019

Program Studi : Telekomunikasi

Judul : Rancang Bangun Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik  
Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Android Dan Lora

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang tugas akhir pada 2 Juli 2026 dan dinyatakan LULUS

Pembimbing : Toto Supriyanto, S.T., M.T.

NIP. 196603061990031001 (.....)

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Depok, 15 Juli 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 saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar diploma tiga politeknik. Tugas akhir ini berisi tentang Rancang Bangun Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik Menggunakan Fuzzy Logic Berbasis Android Dan Lora. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Toto Supriyanto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahannya selama proses tugas akhir.
2. Orang tua dan keluarga atas doa serta dukungan moril dan materiil.
3. Alif Putra Seto, rekan sekelompok atas kerja sama dan kontribusinya dalam proyek dan laporan.
4. Teman-teman atas semangat dan bantuan yang diberikan selama penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dan penyempurnaan di masa mendatang.

Depok, 1 Juli 2026

Penulis

Mikhyel Zohbi Agashi Putra





**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 KENDALI NUTRISI HIDROPONIK MENGUNAKAN FUZZY LOGIC BERBASIS ANDROID DAN LORA**

“Perancangan dan Pembuatan Alat Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik Berbasis Sensor, Fuzzy Logic, dan LoRa.”

### **ABSTRAK**

Perkembangan sistem hidroponik membutuhkan pengendalian nutrisi yang mampu menjaga kondisi larutan secara otomatis agar pertumbuhan tanaman tetap optimal. Perubahan nilai pH, Total Dissolved Solids (TDS), suhu air, dan debit aliran menyebabkan proses pemantauan secara manual menjadi kurang efektif. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan sistem kendali nutrisi hidroponik berbasis Android dan komunikasi LoRa menggunakan metode Fuzzy Logic Sugeno. Sistem menggunakan sensor pH, sensor TDS, sensor suhu DS18B20, dan sensor flow meter sebagai masukan, Arduino Nano sebagai node sensor, serta ESP32 sebagai pengendali utama. Data sensor dikirim melalui komunikasi LoRa kemudian diproses menggunakan Fuzzy Logic Sugeno untuk menentukan pengaktifan pompa pH Up, pH Down, nutrisi, dan air sesuai kondisi larutan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor pH memiliki nilai error sebesar 0,56–0,69%, sensor TDS 0,86–1,60%, dan sensor suhu DS18B20 0,33–0,66% dibandingkan alat ukur referensi, sedangkan sensor flow meter mampu mendeteksi kondisi pompa dengan pembacaan 0,00 L/menit saat pompa mati dan 22,30 L/menit saat pompa menyala. Pengujian komunikasi LoRa berhasil dilakukan hingga jarak 50 meter tanpa obstacle dengan nilai RSSI -107 dBm dan SNR -7,3 dB, serta tetap berhasil pada pengujian dengan obstacle. Implementasi Fuzzy Logic Sugeno menghasilkan keputusan pengendalian yang sesuai terhadap setiap kombinasi kondisi pH dan TDS. Pengujian keseluruhan menunjukkan seluruh fungsi sistem, mulai dari pembacaan sensor, komunikasi LoRa, proses Fuzzy Logic, pengendalian pompa, tampilan LCD, hingga monitoring melalui aplikasi Android, dapat bekerja secara otomatis dan terintegrasi.

Kata kunci: Android, ESP32, Fuzzy Logic Sugeno, Hidroponik, Kendali Nutrisi, LoRa.



**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

## **DESIGN AND DEVELOPMENT OF A HYDROPONIC NUTRIENT CONTROL SYSTEM USING FUZZY LOGIC BASED ON ANDROID AND LORA**

*“Design and Development of a Hydroponic Nutrient Control System Based on Sensors, Fuzzy Logic, and LoRa Communication”*

### **ABSTRACT**

The development of hydroponic systems requires an automatic nutrient control system capable of maintaining nutrient solution conditions to support optimal plant growth. Variations in pH, Total Dissolved Solids (TDS), water temperature, and flow rate make manual monitoring less effective. This study aims to design and implement an Android- and LoRa-based hydroponic nutrient control system using the Sugeno Fuzzy Logic method. The proposed system employs pH, TDS, DS18B20 water temperature, and flow sensors as input parameters, with an Arduino Nano serving as the sensor node and an ESP32 as the main controller. Sensor data are transmitted via LoRa communication and processed using the Sugeno Fuzzy Logic algorithm to determine the activation of the pH Up, pH Down, nutrient, and water pumps according to the nutrient solution conditions. The experimental results show that the pH sensor achieved an error of 0.56–0.69%, the TDS sensor 0.86–1.60%, and the DS18B20 temperature sensor 0.33–0.66% compared with reference measuring instruments. Meanwhile, the flow sensor successfully detected pump operating conditions, measuring 0.00 L/min when the pump was inactive and 22.30 L/min when it was operating. LoRa communication was successfully tested over a distance of 50 meters without obstacles, achieving an RSSI of –107 dBm and an SNR of –7.3 dB, while maintaining reliable communication under obstacle conditions. The implementation of the Sugeno Fuzzy Logic method successfully generated appropriate control decisions for every combination of pH and TDS conditions. Overall system testing demonstrated that sensor acquisition, LoRa communication, fuzzy logic processing, pump control, LCD display, and real-time monitoring through the Android application operated automatically and in an integrated manner.

**Keywords:** Android, ESP32, Fuzzy Logic Sugeno, Hydroponics, LoRa, Nutrient Control.





**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 ISI**

|                                                     |             |
|-----------------------------------------------------|-------------|
| <b>HALAMAN SAMPUL.....</b>                          | <b>i</b>    |
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                          | <b>ii</b>   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>         | <b>iii</b>  |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....</b>         | <b>iv</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                          | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                              | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                           | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                           | <b>xii</b>  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>                         | <b>xiv</b>  |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                       | <b>1</b>    |
| 1.1. Latar Belakang .....                           | 1           |
| 1.2. Rumusan Masalah .....                          | 2           |
| 1.3. Tujuan.....                                    | 2           |
| 1.4. Luaran.....                                    | 2           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                 | <b>3</b>    |
| 2.1. Mikrokontroler Arduino Nano .....              | 3           |
| 2.2. Mikrokontroler ESP32 .....                     | 3           |
| 2.3. Sensor Flow Meter .....                        | 4           |
| 2.4. Sensor Total Dissolved Solids (TDS) .....      | 4           |
| 2.5. Sensor Power of Hydrogen (pH).....             | 5           |
| 2.6. Sensor Suhu Air .....                          | 5           |
| 2.7. Fuzzy Logic.....                               | 6           |
| 2.7.1. Metode Fuzzy Logic Sugeno.....               | 7           |
| 2.7.2. Membership Function .....                    | 7           |
| 2.7.3. Membership Rules.....                        | 8           |
| 2.7.2. Perhitungan Output .....                     | 8           |
| 2.8. <i>Radio Frequency</i> (LoRa).....             | 9           |
| 2.9. Modul <i>relay/driver</i> .....                | 10          |
| 2.10. Hidroponik Vertikal .....                     | 11          |
| 2.11. Arduino IDE .....                             | 13          |
| <b>BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI.....</b>       | <b>15</b>   |
| 3.1. Deskripsi Alat.....                            | 15          |
| 3.2. Cara Kerja Alat.....                           | 16          |
| 3.3. Spesifikasi Alat .....                         | 18          |
| 3.4. Diagram Blok Alat .....                        | 19          |
| 3.5. Program Mikrokontroler .....                   | 20          |
| 3.5.1 Program Arduino Nano .....                    | 20          |
| 3.5.2. Program ESP32 .....                          | 22          |
| 3.5.3. Implementasi Fuzzy Logic Sugeno .....        | 27          |
| 3.6. Flowchart Program Arduino IDE .....            | 29          |
| 3.6.1. Flowchart Program Arduino Nano .....         | 29          |
| 3.6.2. Flowchart Program ESP32 .....                | 30          |
| 3.7. Perancangan Alat.....                          | 32          |
| 3.8. Perancangan Arduino Nano dan LoRa SX1278.....  | 32          |
| 3.9. Perancangan Arduino Nano dan Sensor PH.....    | 34          |
| 3.10. Perancangan Arduino Nano dan Sensor TDS ..... | 35          |





**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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                               |                                                                                             |           |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.11.                         | Perancangan Arduino Nano dan Sensor Suhu DS18B20.....                                       | 36        |
| 3.12.                         | Perancangan Arduino Nano dan Sensor Flowmeter .....                                         | 38        |
| 3.13.                         | Perancangan ESP32 dan LoRa .....                                                            | 39        |
| 3.14.                         | Perancangan ESP32 dan Relay .....                                                           | 40        |
| 3.15.                         | Perancangan ESP32 dan LCD I2C .....                                                         | 41        |
| 3.16.                         | Perancangan ESP32 dan Button OK .....                                                       | 43        |
| 3.17.                         | Perancangan ESP32 dan Button NEXT .....                                                     | 44        |
| 3.17.                         | Perancangan ESP32 dan Button BACK.....                                                      | 45        |
| 3.18.                         | Perancangan <i>Printed Circuit Board</i> (PCB) Arduino Nano<br>( <i>Transmitter</i> ) ..... | 46        |
| 3.19.                         | Perancangan <i>Printed Circuit Board</i> (PCB) ESP32 ( <i>Receiver</i> ) .....              | 47        |
| 3.20.                         | Realisasi Alat.....                                                                         | 49        |
| 3.21.                         | Realisasi Perangkat Keras .....                                                             | 49        |
| 3.22.                         | Realisasi <i>Printed Circuit Board</i> (PCB) <i>Transmitter</i> .....                       | 49        |
| 3.23.                         | Realisasi <i>Printed Circuit Board</i> (PCB) <i>Receiver</i> .....                          | 50        |
| 3.24.                         | Realisasi Arduino Nano, LoRa SX1278, Sensor PH, TDS,<br>Suhu dan Flowmeter.....             | 51        |
| 3.25.                         | Realisasi ESP32 dan LoRa SX1278.....                                                        | 52        |
| 3.26.                         | Realisasi LCDI2C dan Button.....                                                            | 53        |
| 3.27.                         | Metode Analisis Hasil Pengejian .....                                                       | 54        |
| <b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b> |                                                                                             | <b>55</b> |
| 4.1.                          | Pengujian Catu Daya .....                                                                   | 55        |
| 4.1.1.                        | Deskripsi Pengujian.....                                                                    | 55        |
| 4.1.2.                        | Alat-alat Pengujian .....                                                                   | 56        |
| 4.1.3.                        | Prosedur Pengujian.....                                                                     | 56        |
| 4.1.4.                        | Hasil Pengujian Catu Daya .....                                                             | 57        |
| 4.2.                          | Pengujian Sensor PH, TDS, Flowmeter dan Suhu .....                                          | 58        |
| 4.2.1.                        | Deskripsi Pengujian.....                                                                    | 58        |
| 4.2.2.                        | Alat-alat Pengujian Pembacaan Sensor PH, TDS, Flowmeter<br>dan Suhu .....                   | 58        |
| 4.2.3.                        | Persiapan Alat Sensor pH, TDS, Flowmeter, dan Suhu .....                                    | 59        |
| 4.2.4.                        | Prosedur Pengujian Pembacaan Sensor PH, TDS, Flowmeter<br>dan Suhu .....                    | 59        |
| 4.2.5.                        | Hasil Pengujian Sensor PH .....                                                             | 61        |
| 4.2.5.                        | Hasil Pengujian Sensor TDS .....                                                            | 62        |
| 4.2.6.                        | Hasil Pengujian Sensor Suhu .....                                                           | 62        |
| 4.2.7.                        | Hasil Pengujian Sensor Flowmeter .....                                                      | 63        |
| 4.2.                          | Pengujian Komunikasi LoRa .....                                                             | 64        |
| 4.2.1.                        | Deskripsi Pengujian.....                                                                    | 64        |
| 4.2.2.                        | Alat-alat Pengujian Komunikasi LoRa .....                                                   | 64        |
| 4.2.3.                        | Persiapan Pengujian Komunikasi LoRa .....                                                   | 65        |
| 4.2.4.                        | Prosedur Pengujian Komunikasi LoRa .....                                                    | 66        |
| 4.2.5.                        | Hasil Pengujian Komunikasi LoRa .....                                                       | 66        |
| 4.2.5.1.                      | Pengujian LoRa Tanpa Obstacle (TX Power 5 dBm).....                                         | 68        |
| 4.2.5.2.                      | Pengujian LoRa Dengan Obstacle (TX Power 5 dBm) .....                                       | 72        |
| 4.2.5.3.                      | Pengujian LoRa Tanpa Obstacle (TX Power 20 dBm).....                                        | 75        |
| 4.2.5.4.                      | Pengujian LoRa Dengan Obstacle (TX Power 20 dBm) .....                                      | 78        |
| 4.3.                          | Pengujian Fuzzy Logic .....                                                                 | 82        |



## 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

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| 4.3.1. Deskripsi Pengujian.....                 | 82        |
| 4.3.2. Prosedur Pengujian Fuzzy Logic.....      | 82        |
| 4.3.3. Hasil Pengujian Fuzzy Logic .....        | 83        |
| 4.4. Pengujian LCD dan Button .....             | 84        |
| 4.4.1. Deskripsi.....                           | 85        |
| 4.4.2. Hasil Pengujian LCD dan Button.....      | 85        |
| 4.5. Pengujian Keseluruhan Sistem .....         | 86        |
| 4.5.1. Deskripsi Pengujian.....                 | 86        |
| 4.5.2. Diagram Alir Pengujian .....             | 87        |
| 4.5.3. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem ..... | 88        |
| 4.5.4. Pembahasan .....                         | 89        |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>                       | <b>91</b> |
| 5.1. Kesimpulan.....                            | 91        |
| 5.2. Saran.....                                 | 92        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                      | <b>93</b> |
| <b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>               | <b>95</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>                            | <b>96</b> |



**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 GAMBAR**

|              |                                                                                         |    |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1.  | Mikrokontroler Arduino Nano. ....                                                       | 3  |
| Gambar 2.2.  | Mikrokontroler ESP32.....                                                               | 4  |
| Gambar 2.3.  | Sensor Flow Meter. ....                                                                 | 4  |
| Gambar 2.4.  | Sensor <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS). ....                                        | 4  |
| Gambar 2.5.  | Sensor <i>pH</i> .....                                                                  | 5  |
| Gambar 2.6.  | Sensor Suhu Air DS18B20 .....                                                           | 5  |
| Gambar 2.7.  | <i>Membership Function</i> pH dan TDS .....                                             | 8  |
| Gambar 2.8.  | LoRa .....                                                                              | 10 |
| Gambar 2.9.  | Modul relay .....                                                                       | 11 |
| Gambar 2.10. | Hidroponik Vertikal.....                                                                | 12 |
| Gambar 3.1.  | Ilustrasi Alat Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik<br>dengan <i>Fuzzy Logic</i> .....     | 16 |
| Gambar 3.2.  | <i>Flowchart</i> Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik dengan<br>Fuzzy Logic .....          | 17 |
| Gambar 3.3.  | Diagram Blok Sistem Kendali Nutrisi Hidroponik .....                                    | 19 |
| Gambar 3.4.  | <i>Flowchart</i> Program Arduino Nano pada Arduino IDE .....                            | 30 |
| Gambar 3.5.  | <i>Flowchart</i> Program ESP32 Pada Arduino IDE .....                                   | 31 |
| Gambar 3.6.  | Skematik Perancangan Arduino Nano dan LoRa.....                                         | 33 |
| Gambar 3.7.  | Skematik Perancangan Arduino Nano dan Sensor PH.....                                    | 34 |
| Gambar 3.8.  | Skematik Perancangan Arduino Nano dan Sensor TDS .....                                  | 35 |
| Gambar 3.9.  | Skematik Perancangan Arduino Nano dan Sensor Suhu<br>DS18B20 .....                      | 37 |
| Gambar 3.10. | Skematik Perancangan Arduino Nano dan Sensor Flowmeter.....                             | 38 |
| Gambar 3.11. | Skematik Perancangan ESP32 dan LoRa .....                                               | 39 |
| Gambar 3.12. | Skematik Perancangan ESP32 dan Relay.....                                               | 40 |
| Gambar 3.13. | Skematik Perancangan ESP32 dan LCD I2C .....                                            | 42 |
| Gambar 3.14. | Skematik Perancangan ESP32 dan Button OK .....                                          | 43 |
| Gambar 3.15. | Skematik Perancangan ESP32 dan Button NEXT .....                                        | 44 |
| Gambar 3.16. | Skematik Perancangan ESP32 dan Button BACK.....                                         | 45 |
| Gambar 3.17. | Perancangan PCB <i>Transmitter</i> .....                                                | 46 |
| Gambar 3.18. | Perancangan PCB <i>Receiver</i> .....                                                   | 48 |
| Gambar 3.19. | Realisasi PCB Transmitter .....                                                         | 50 |
| Gambar 3.20. | Realisasi PCB Receiver.....                                                             | 51 |
| Gambar 3.21. | Realisasi Arduino Nano, LoRa SX1278, Sensor PH, TDS,<br>Suhu, Flowmeter dan Relay ..... | 52 |
| Gambar 3.22. | Realisasi ESP32, dan LoRaSX1278 .....                                                   | 53 |
| Gambar 3.23. | Realisasi LCDI2C dan Button .....                                                       | 54 |
| Gambar 4.1.  | Hasil Pengujian Catu Daya.....                                                          | 57 |
| Gambar 4.2.  | Persiapan alat Sensor pH, TDS, Flowmeter, dan Suhu .....                                | 59 |
| Gambar 4.3.  | Persiapan Pengujian LoRa.....                                                           | 66 |
| Gambar 4.4.  | TX Power 5dBm.....                                                                      | 67 |
| Gambar 4.5.  | TX Power 20dBm.....                                                                     | 68 |
| Gambar 4.6.  | Hasil Pengujian LCD dan Button .....                                                    | 86 |
| Gambar 4.7.  | Diagram Alir Keseluruhan Sistem.....                                                    | 87 |
| Gambar 4.8.  | Hasil Pengujian Keseluruhan .....                                                       | 89 |





## DAFTAR TABEL

|             |                                                                        |    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3.1.  | Spesifikasi Alat .....                                                 | 18 |
| Tabel 3.2.  | Perancangan Arduino Nano dan LoRa.....                                 | 33 |
| Tabel 3.3.  | Perancangan Arduino Nano dan Sensor PH.....                            | 35 |
| Tabel 3.4.  | Perancangan Arduino Nano dan Sensor TDS .....                          | 36 |
| Tabel 3.5.  | Perancangan Arduino Nano dan Sensor Suhu DS18B20.....                  | 37 |
| Tabel 3.6.  | Perancangan Arduino Nano dan Sensor Suhu DS18B20.....                  | 38 |
| Tabel 3.7.  | Perancangan ESP32 dan LoRa.....                                        | 40 |
| Tabel 3.8.  | Perancangan ESP32 dan Relay .....                                      | 41 |
| Tabel 3.9.  | Perancangan ESP32 dan LCD I2C.....                                     | 42 |
| Tabel 3.10. | Perancangan ESP32 dan Button OK.....                                   | 43 |
| Tabel 3.11. | Perancangan ESP32 dan Button NEXT.....                                 | 44 |
| Tabel 3.12. | Perancangan ESP32 dan Button BACK .....                                | 45 |
| Tabel 3.13. | <i>Wiring</i> Komponen <i>Transmitter</i> .....                        | 47 |
| Tabel 3.14. | <i>Wiring</i> Komponen <i>Receiver</i> .....                           | 48 |
| Tabel 4.1.  | Alat-alat Pengujian Catu Daya.....                                     | 56 |
| Tabel 4.2.  | Hasil Pengujian Sensor PH .....                                        | 61 |
| Tabel 4.3.  | Hasil Pengujian Sensor TDS .....                                       | 62 |
| Tabel 4.4.  | Hasil Pengujian Sensor Suhu .....                                      | 63 |
| Tabel 4.5.  | Hasil Pengujian Sensor Flowmeter .....                                 | 64 |
| Tabel 4.6.  | Pengujian LoRa Jarak 5 Meter Tanpa Obstacle (TX Power 5 dBm) .         | 69 |
| Tabel 4.7.  | Pengujian LoRa Jarak 10 Meter Tanpa Obstacle<br>(TX Power 5 dBm).....  | 69 |
| Tabel 4.8.  | Pengujian LoRa Jarak 15 Meter Tanpa Obstacle<br>(TX Power 5 dBm).....  | 70 |
| Tabel 4.9.  | Pengujian LoRa Jarak 30 Meter Tanpa Obstacle<br>(TX Power 5 dBm).....  | 71 |
| Tabel 4.10. | Pengujian LoRa Jarak 50 Meter Tanpa Obstacle<br>(TX Power 5 dBm).....  | 71 |
| Tabel 4.11. | Pengujian LoRa Jarak 5 Meter Dengan Obstacle<br>(TX Power 5 dBm).....  | 72 |
| Tabel 4.12. | Pengujian LoRa Jarak 10 Meter Dengan Obstacle<br>(TX Power 5 dBm)..... | 73 |
| Tabel 4.13. | Pengujian LoRa Jarak 15 Meter Dengan Obstacle<br>(TX Power 5 dBm)..... | 73 |
| Tabel 4.14. | Pengujian LoRa Jarak 30 Meter Dengan Obstacle<br>(TX Power 5 dBm)..... | 74 |
| Tabel 4.15. | Pengujian LoRa Jarak 50 Meter Dengan Obstacle<br>(TX Power 5 dBm)..... | 75 |
| Tabel 4.16. | Pengujian LoRa Jarak 5 Meter Tanpa Obstacle<br>(TX Power 20 dBm).....  | 76 |
| Tabel 4.17. | Pengujian LoRa Jarak 10 Meter Tanpa Obstacle<br>(TX Power 20 dBm)..... | 76 |
| Tabel 4.18. | Pengujian LoRa Jarak 15 Meter Tanpa Obstacle<br>(TX Power 20 dBm)..... | 77 |
| Tabel 4.19. | Pengujian LoRa Jarak 30 Meter Tanpa Obstacle<br>(TX Power 20 dBm)..... | 77 |

### 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.20. Pengujian LoRa Jarak 50 Meter Tanpa Obstacle<br>(TX Power 20 dBm).....  | 78 |
| Tabel 4.21. Pengujian LoRa Jarak 5 Meter Dengan Obstacle<br>(TX Power 20 dBm).....  | 79 |
| Tabel 4.22. Pengujian LoRa Jarak 10 Meter Dengan Obstacle<br>(TX Power 20 dBm)..... | 79 |
| Tabel 4.23. Pengujian LoRa Jarak 15 Meter Dengan Obstacle<br>(TX Power 20 dBm)..... | 80 |
| Tabel 4.24. Pengujian LoRa Jarak 30 Meter Dengan Obstacle<br>(TX Power 20 dBm)..... | 81 |
| Tabel 4.25. Pengujian LoRa Jarak 50 Meter Dengan Obstacle<br>(TX Power 20 dBm)..... | 81 |
| Tabel 4.26. Hasil Pengujian Fuzzy Logic .....                                       | 83 |
| Tabel 4.27. Hasil Pengujian LCD dan Button.....                                     | 85 |
| Tabel 4.28. menunjukkan hasil pengujian keseluruhan sistem.....                     | 88 |







**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**

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| L-1. Source Code Arduino Nano .....      | 96  |
| L-2. Source Code ESP32 .....             | 100 |
| L-3. Source Code Fuzzy Cpp .....         | 134 |
| L-4. Source Code Fuzzy.h.....            | 139 |
| L-5. Skematik Komponen Transmitter ..... | 140 |
| L-6. Skematik Komponen Receiver .....    | 141 |
| L-7. Perancangan PCB TX.....             | 142 |
| L-8. Perancangan PCB RX .....            | 143 |
| L-9. Maket Alat.....                     | 144 |





**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 kritis 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

Perkembangan pertanian modern menuntut sistem budidaya yang efisien, terkontrol, dan mampu menghasilkan kualitas tanaman yang optimal. Salah satu metode yang banyak diterapkan adalah sistem hidroponik, yaitu teknik budidaya tanaman tanpa media tanah dengan memanfaatkan larutan nutrisi sebagai sumber utama unsur hara. Permasalahan utama pada sistem hidroponik terletak pada proses pemberian nutrisi. Ketidaktepatan konsentrasi nutrisi, perubahan kondisi air secara dinamis, serta keterlambatan penyesuaian nutrisi dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak optimal bahkan kegagalan panen.

Seiring dengan berkembangnya teknologi, pendekatan sistem cerdas dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja pengendalian nutrisi hidroponik. *Fuzzy Logic* merupakan salah satu metode kendali cerdas yang mampu meniru cara pengambilan keputusan manusia melalui aturan linguistik dan himpunan *fuzzy*. Metode ini sangat sesuai diterapkan pada sistem hidroponik karena mampu menangani data input yang bersifat tidak pasti dan berubah-ubah, seperti nilai pH, TDS, suhu air, dan debit aliran. Selain itu, teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan proses monitoring dan pengendalian sistem dilakukan secara otomatis dan terintegrasi melalui jaringan komunikasi. Penggunaan komunikasi radio frekuensi seperti LoRa serta aplikasi berbasis Android memberikan kemudahan dalam pemantauan dan pengaturan sistem dari jarak jauh secara *real-time*.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, pada tugas akhir ini akan dirancang dan dibangun sistem kendali nutrisi hidroponik berbasis *Android* dan Lora, dengan menggunakan metode *Fuzzy Logic* sebagai pengambil keputusan utama dan teknologi IoT. Sistem ini diharapkan mampu mengatur pemberian nutrisi secara lebih akurat dan stabil berdasarkan kondisi aktual tanaman, serta menyediakan fasilitas monitoring dan kontrol melalui aplikasi *Android*, sehingga akan meningkatkan efisiensi dan kualitas hasil budidaya hidroponik.





## © 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

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem kendali nutrisi hidroponik menggunakan sensor pH, sensor TDS, sensor suhu air, dan *flow* sensor?
2. Bagaimana mengimplementasikan metode *Fuzzy Logic* untuk menentukan kendali nutrisi hidroponik secara otomatis?
3. Bagaimana mengintegrasikan komunikasi LoRa sebagai media pengiriman data antara *node* sensor dan *gateway* sistem?
4. Bagaimana mengendalikan pompa nutrisi, pompa pH up, pompa pH down, dan pompa water berdasarkan hasil proses *Fuzzy Logic*?
5. Bagaimana menguji kinerja sistem kendali nutrisi hidroponik berbasis *Fuzzy Logic* dan komunikasi LoRa?

### 1.3. Tujuan

Tujuan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah:

1. Merancang sistem kendali nutrisi hidroponik menggunakan sensor pH, sensor TDS, sensor suhu air, dan *flow* sensor.
2. Mengimplementasikan metode *Fuzzy Logic* untuk menentukan kendali nutrisi hidroponik secara otomatis.
3. Mengintegrasikan komunikasi LoRa sebagai media pengiriman data antara *node* sensor dan *gateway* sistem.
4. Mengendalikan pompa nutrisi, pompa pH up, pompa pH down, dan pompa water berdasarkan hasil proses *Fuzzy Logic*.
5. Menguji kinerja sistem kendali nutrisi hidroponik berbasis *Fuzzy Logic* dan komunikasi LoRa.

### 1.4. Luaran

Adapun luaran dari tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Prototipe sistem kendali nutrisi hidroponik berbasis *Fuzzy Logic*.
2. Laporan Tugas Akhir yang memuat proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem.
3. Artikel ilmiah yang disusun berdasarkan hasil penelitian.

**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 V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kendali nutrisi hidroponik menggunakan Fuzzy Logic Sugeno berbasis Android dan LoRa, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sistem kendali nutrisi hidroponik berhasil dirancang dan direalisasikan menggunakan sensor pH, sensor TDS, sensor suhu DS18B20, dan sensor flow meter sebagai perangkat akuisisi data, Arduino Nano sebagai node sensor (transmitter), serta ESP32 sebagai pengendali utama (receiver). Seluruh perangkat keras dan perangkat lunak dapat bekerja secara terintegrasi sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Hasil pengujian sensor menunjukkan bahwa sensor pH memiliki nilai error sebesar 0,56–0,69%, sensor TDS sebesar 0,86–1,60%, dan sensor suhu DS18B20 sebesar 0,33–0,66%, sedangkan sensor flow meter mampu mendeteksi kondisi pompa dengan pembacaan 0,00 L/menit saat pompa mati dan 22,30 L/menit saat pompa menyala. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pembacaan kondisi larutan nutrisi dengan baik.
2. Metode Fuzzy Logic Sugeno berhasil diimplementasikan sebagai metode pengambilan keputusan pada sistem kendali nutrisi hidroponik. Nilai pH dan TDS yang diperoleh dari sensor diproses melalui tahapan fuzzifikasi, inferensi berdasarkan rule base, dan perhitungan weighted average sehingga menghasilkan keputusan berupa jenis pompa yang harus diaktifkan beserta durasi kerjanya. Berdasarkan hasil pengujian, setiap kombinasi kondisi pH dan TDS menghasilkan keputusan yang sesuai dengan aturan fuzzy yang telah dirancang sehingga proses pengendalian nutrisi dapat dilakukan secara otomatis.
3. Komunikasi LoRa SX1278 berhasil diintegrasikan sebagai media pertukaran data antara Arduino Nano dan ESP32. Pengujian menunjukkan bahwa komunikasi data dapat berlangsung dengan baik pada kondisi tanpa obstacle maupun dengan obstacle. Pada pengujian tanpa obstacle, komunikasi masih berhasil dilakukan hingga jarak 50 meter dengan nilai RSSI sebesar -107 dBm





**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

dan SNR sebesar -7,3 dB. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan daya pancar 20 dBm menghasilkan kualitas komunikasi yang lebih baik dibandingkan 5 dBm, ditunjukkan oleh nilai RSSI dan SNR yang lebih stabil serta jangkauan komunikasi yang lebih jauh.

4. Sistem berhasil mengendalikan pompa pH Up, pH Down, nutrisi, dan air berdasarkan hasil keputusan Fuzzy Logic Sugeno. Pengendalian dilakukan melalui modul relay sehingga pompa hanya aktif sesuai kondisi larutan nutrisi yang terdeteksi oleh sensor. Selain bekerja secara otomatis, sistem juga menyediakan fitur pengendalian manual melalui aplikasi Android sehingga pengguna dapat mengoperasikan setiap pompa sesuai kebutuhan serta memantau kondisi sistem secara real-time.
5. Pengujian keseluruhan sistem menunjukkan bahwa seluruh fungsi alat telah bekerja dengan baik dan saling terintegrasi. Proses pembacaan sensor, pengiriman data menggunakan LoRa, pemrosesan Fuzzy Logic pada ESP32, pengendalian pompa melalui relay, tampilan informasi pada LCD I2C, serta monitoring dan pengendalian melalui aplikasi Android dapat berjalan secara otomatis dan real-time. Dengan demikian, sistem yang dirancang mampu menjaga kondisi larutan nutrisi hidroponik secara lebih efektif serta mendukung proses monitoring dan pengendalian dari jarak jauh sesuai dengan tujuan penelitian

## 5.2. Saran

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem kendali nutrisi hidroponik ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan lebih banyak parameter pemantauan seperti ketinggian air atau kondisi tanaman, mengoptimalkan aturan pada metode Fuzzy Logic Sugeno agar menghasilkan keputusan yang lebih akurat, meningkatkan jangkauan dan keandalan komunikasi LoRa pada kondisi lingkungan yang lebih beragam, serta menambahkan fitur penyimpanan riwayat data dan notifikasi pada aplikasi Android sehingga proses monitoring dan pengelolaan sistem hidroponik menjadi lebih efektif dan informatif.



**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**

- Al Fahhiz, M. H. I., dkk. (2025). *Perancangan Sistem Kendali Berbasis Relay Menggunakan Mikrokontroler*. Jurnal Teknologi Elektro.
- Al Tahtawi, A. R., & Kurniawan, R. (2020). *PH Control for Deep Flow Technique Hydroponic IoT Systems Based on Fuzzy Logic Controller*. Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer, **8**(4), 323–329.
- Asrori, M., & Murdani, M. H. (2023). *Sistem Pemberian Nutrisi Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Arduino*. Jurnal Ilmu Sistem dan Teknologi Informasi.
- Chuzaini, & Dzulkifli. (2022). *Implementasi Sensor DS18B20 pada Sistem Monitoring Suhu Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Teknik Elektro.
- Firdaus, J. A., dkk. (2023). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Berbasis Arduino Nano untuk Aplikasi Internet of Things*. Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer.
- Kaswar, A. B., Mahande, R. D., & Malago, J. D. (2023). *A New Model for Hydroponic Lettuce Nutrition Adaptive Control System Based on Fuzzy Logic Sugeno Method Using ESP32*. Jurnal Teknik Informatika (JUTIF), **4**(2), 391–400.
- Kristiantya, Y. N., Setiawan, E., & Prasetio, B. H. (2022). *Sistem Kontrol dan Monitoring Kualitas Air Menggunakan Logika Fuzzy Berbasis Arduino*. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.
- Kusumadewi, S. (2003). *Analisis dan Desain Sistem Fuzzy*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Murtadho, D. F. (2021). *Perancangan Sistem Kendali Terintegrasi Berbasis IoT pada Tanaman Hidroponik Menggunakan Metode Fuzzy*. e-Proceeding of Engineering.
- Nurchayono, B., Mujiyanto, A. H., Mufarriah, I., & Ali, M. (2025). *Implementasi Internet of Things dan Fuzzy Mamdani untuk Pengendalian pH dan TDS pada Hidroponik*. Jurnal Sains dan Rekayasa.
- Nurwarsito, H., dkk. (2023). *Implementasi Komunikasi LoRa pada Sistem Monitoring Berbasis Internet of Things*. Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer.
- Pratama, I. S. P., Suroso, & Agung, M. Z. (2023). *Temperature and Humidity Control System with Long Range in Mushroom Barn Using Fuzzy Logic*. Jurnal Teknologi Informasi Pendidikan.
- Prasetyoaji, M. R. E., & Anifah, L. (2025). *Design of Smart Hydroponics Based on Internet of Things Using Rule-Based System on Hydroponic Wick System*. FORTEI-JEERI.





## © 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

Ramsari, N., dkk. (2023). *Analisis Performa Sensor Total Dissolved Solids (TDS) pada Sistem Monitoring Kualitas Air*. Jurnal Rekayasa Elektrika.

Ruba'i, A., Yanuartanti, I., & Erwanto, D. (2024). Sistem Kontrol Dan Monitoring Suhu Serta Pakan Otomatis Pada Kandang Hamster Berbasis IOT. *SinarFe7*, 6(1), 122-129.

Sabil, M., Defit, S., & Nurcahyo, G. W. (2024). *Application of the Fuzzy Logic Method in an Internet of Things (IoT) Based Plant Monitoring System Using Arduino*. Jurnal CoSciTech, 5(1), 195–204.

Santrioko, M. (2025). *Otomatisasi Pengaturan pH dan TDS pada Hidroponik NFT Menggunakan ESP32 dan Fuzzy Logic*. AT-TAKLIM: Jurnal Pendidikan Multidisiplin.

Setiawan, F., dkk. (2025). *Rancang Bangun Sistem Monitoring Berbasis ESP32 untuk Aplikasi Internet of Things*. Jurnal Teknologi Elektro Indonesia.





## © 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

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Mikhyel Zohbi Agashi Putra, lahir di Depok, 24 Februari 2005. Lulus dari SDIT Al-Hikmah 2017. Lalu melanjutkan Pendidikan di MTsN 18 Jakarta Timur dan lulus tahun 2020. Lalu melanjutkan ke jenjang menengah di SMK Prestasi Prima dan lulus tahun 2023. Lalu melanjutkan Pendidikan perguruan tinggi di Politeknik Negeri Jakarta pada Program Studi Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro dan memperoleh gelar Diploma 3 (D3) tahun 2026

**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

## LAMPIRAN

### L-1. Source Code Arduino Nano

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <math.h>
#include <stdlib.h>

/* ===== PIN SETUP ===== */
#define PIN_PH_PO A0
#define PIN_TDS_AO A1

#define ONE_WIRE_BUS 3
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

#define FLOW_PIN 2

#define LORA_SS 10
#define LORA_RST 9
#define LORA_DIO0 4

/* ===== FREKUENSI ===== */
#define LORA_FREQ 433E6

/* ===== KALIBRASI ===== */
#define PH_M (-8.689)
#define PH_B (30.98)
#define TDS_K (0.652)

#define PULSES_PER_LITER 450.0
uint32_t seq = 0;
volatile unsigned long flowPulses = 0;
unsigned long lastFlowCalcMs = 0;
float flowRate_Lmin = 0.0;
float totalLiters = 0.0;

void flowISR() { flowPulses++; }

float readVoltageStable(uint8_t pin, int samples = 15) {
  float buf[15];

  for (int i = 0; i < samples; i++) {
    buf[i] = analogRead(pin);
    delay(5);
  }

  // sorting
  for (int i = 0; i < samples - 1; i++) {
    for (int j = i + 1; j < samples; j++) {
      if (buf[j] < buf[i]) {
        float tmp = buf[i];
        buf[i] = buf[j];
        buf[j] = tmp;
      }
    }
  }
}
```



## © 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

```

    }

    float adc = buf[samples / 2]; // median
    return adc * (5.0 / 1023.0);
  }

float readPH() {
  float vph = readVoltageStable(PIN_PH_PO, 12);
  float ph = (PH_M * vph) + PH_B;

  static bool first = true;
  static float lastPH;

  if (first) {
    lastPH = ph;
    first = false;
  }

  float diff = fabs(ph - lastPH);

  if (diff < 0.03) {
    ph = lastPH;
  }

  else if (diff > 2.0) {
    Serial.println("[SPIKE BLOCK]");
    ph = lastPH;
  }

  else if (diff > 0.3) {
    ph = lastPH + (ph - lastPH) * 0.4;
  }
  else {
    ph = lastPH + (ph - lastPH) * 0.2;
  }

  lastPH = ph;
  if (ph < 0) ph = 0;
  if (ph > 14) ph = 14;

  return ph;
}

float readTDSppm(float tempC) {

  float vtlds = readVoltageStable(PIN_TDS_A0, 15);

  float compensationCoefficient = 1.0 + 0.02 * (tempC - 25.0);
  float compensationVoltage = vtlds / compensationCoefficient;

  float tds = (133.42 * pow(compensationVoltage, 3)
    - 255.86 * pow(compensationVoltage, 2)
    + 857.39 * compensationVoltage) * TDS_K;

  if (tds < 0) tds = 0;

  static bool first = true;
  static float lastTDS;

```





## © 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 (first) {
    lastTDS = tds;
    first = false;
}

float diff = fabs(tds - lastTDS);

if (diff < 10) {
    tds = lastTDS;
} else {
    tds = lastTDS + (tds - lastTDS) * 0.3;
}

lastTDS = tds;

return tds;
}

void updateFlow() {
    unsigned long now = millis();
    if (now - lastFlowCalcMs >= 1000) {
        noInterrupts();
        unsigned long pulses = flowPulses;
        flowPulses = 0;
        interrupts();

        float litersPerSecond = (pulses / PULSES_PER_LITER);
        flowRate_Lmin = litersPerSecond * 60.0;
        totalLiters += litersPerSecond;

        lastFlowCalcMs = now;
    }
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(500);
    pinMode(LORA_SS, OUTPUT);
    pinMode(FLOW_PIN, INPUT_PULLUP);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(FLOW_PIN), flowISR,
    RISING);

    sensors.begin();
    // Reset manual SX1278
    pinMode(LORA_RST, OUTPUT);
    digitalWrite(LORA_RST, LOW);
    delay(10);
    digitalWrite(LORA_RST, HIGH);
    delay(20);

    // Inisialisasi SPI
    SPI.begin();

    pinMode(LORA_SS, OUTPUT);
    digitalWrite(LORA_SS, HIGH);
    // Set pin LoRa
    LoRa.setPins(LORA_SS, LORA_RST, LORA_DIO0);
  
```



## © 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

```
// Mulai LoRa
bool ok = LoRa.begin(LORA_FREQ);

if (!ok) {
    Serial.println("LoRa gagal!");
    while (1);
}

LoRa.setSyncWord(0x12);
LoRa.enableCrc();
LoRa.setSpreadingFactor(7);
LoRa.setSignalBandwidth(125E3);
LoRa.setCodingRate4(5);

Serial.println("Nano TX siap");
}

void loop() {
    sensors.requestTemperatures();
    float tempC = sensors.getTempCByIndex(0);

    updateFlow();
    delay(50);

    float ph = readPH();
    float tds = readTDSppm(tempC);

    // ===== convert float -> string (AVR aman) =====
    char tStr[12], phStr[12], flowStr[12];
    dtostrf(tempC, 0, 2, tStr);          // "27.45"
    dtostrf(ph, 0, 2, phStr);            // "6.10"
    dtostrf(flowRate_Lmin, 0, 2, flowStr); // "1.23"

    unsigned long tdsInt = (unsigned long)(tds + 0.5f); //
    bulatkan
    char tdsStr[12];
    ultoa(tdsInt, tdsStr, 10);

    // ===== build payload TANPA %f =====
    char payload[120];
    seq++; //

    snprintf(payload, sizeof(payload),
        "SEQ=%lu;ID=NANO1;T=%s;PH=%s;TDS=%s;FLOW=%s;",
        seq, tStr, phStr, tdsStr, flowStr);
    Serial.print("PAYLOAD: ");
    Serial.println("SEQ AKTIF!");
    Serial.println(payload);
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.print(payload);
    int st = LoRa.endPacket();
    delay(50); // kasih waktu ADC pulih setelah transmit
    Serial.println(st == 1 ? "TERKIRIM" : "GAGAL KIRIM");
    delay(3500);
}
```





## © 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

### L-2. Source Code ESP32

```
#include <Arduino.h>
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <Wire.h>
#include <hd44780.h>
#include <hd44780ioClass/hd44780_I2Cexp.h>

hd44780_I2Cexp lcd;
#include <string.h>
#include <math.h>
#include <time.h>

#include <WiFi.h>
#include <Firebase_ESP_Client.h>
#include "Fuzzy.h"

// ===== DEBUG =====
#define DEBUG_LORA_LOG 0
#define DEBUG_CMD_LOG 0

// ===== LoRa PIN ESP32 =====
#define LORA_SCK 18
#define LORA_MISO 19
#define LORA_MOSI 23
#define LORA_SS 5
#define LORA_RST 14
#define LORA_DIO0 26
#define LORA_FREQ 433E6

// ===== BUTTON DEFINITIONS =====
// NOTE: GPIO4 adalah strapping pin. Aman jika default HIGH.
// Jangan tekan tombol OK pas ESP32 reset/boot.
#define BTN_BACK 12
#define BTN_OK 4
#define BTN_NEXT 13

// ===== RELAY / POMPA =====
#define SIMULASI_RELAY false
#define RELAY_ACTIVE_LOW true

#define RELAY_PH_UP 25
#define RELAY_PH_DOWN 33
#define RELAY_NUTRISI 32
#define RELAY_WATER 27

// =====
// ENUM & STRUCT
// =====
enum PumpGroup : uint8_t { PG_NONE=0, PG_PH=1, PG_TDS=2 };
enum PumpKind : uint8_t { PK_NONE=0, PK_PH_UP, PK_PH_DOWN, PK_NUTRI, PK_WATER };

enum BtnEventType : uint8_t { EVT_NONE=0, EVT_SHORT, EVT_LONG };

struct BtnState {
  uint8_t pin;
  bool rawLast;
```



## © 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

```
uint32_t rawChangeMs;
bool      stable;
bool      stableLast;
uint32_t  pressedMs;
bool      longFired;
};

// ===== BUTTON INSTANCES =====
BtnState btnBack{BTN_BACK, HIGH, 0, HIGH, HIGH, 0, false};
BtnState btnOk  {BTN_OK,   HIGH, 0, HIGH, HIGH, 0, false};
BtnState btnNext{BTN_NEXT, HIGH, 0, HIGH, HIGH, 0, false};

struct PumpState {
    bool      active = false;
    uint8_t   pin = 255;
    PumpKind  kind = PK_NONE;
    PumpGroup group = PG_NONE;
    uint32_t  startedMs = 0;
    uint32_t  stopAtMs = 0;
    float     sec = 0.0f;
};

// ===== State data terakhir =====
char lastID[12]   = "----";
char lastT[12]    = "--";
char lastPH[12]   = "--";
char lastTDS[12]  = "----";
char lastFLOW[12] = "--.-";

// LoRa ISR shared
volatile bool gotPacket = false;
char rxbuf[240];
volatile int  g_lastRssi = 0;
volatile float g_lastSnr = 0.0f;

unsigned long lastRxMs = 0;
unsigned long lastLCDms = 0;
bool g_hasEverReceived = false;

// ===== WIFI + FIREBASE (KONFIG) =====
#define WIFI_SSID      "iphoned"
#define WIFI_PASSWORD "alip11111"

#define API_KEY        "AIzaSyD394auxygjw7M3JZBmYK65s5Se7_OBAX8"
#define DATABASE_URL   "https://hidrofuzzy-default-rtdb.asia-southeast1.firebaseio.com"

#define DEVICE_EMAIL    "device.hydrol@gmail.com"
#define DEVICE_PASSWORD "Sandibaru01"
static const char* DEVICE_ID = "hydrol";
#define DEVICE_PATH     "/devices/hydrol"
#define TELE_PATH       "/devices/hydrol/telemetry"
#define STATE_PATH      "/devices/hydrol/state"
#define CONFIG_PATH     "/devices/hydrol/config"
#define CMD_PATH        "/devices/hydrol/cmd"

FirebaseData fbdo;
FirebaseAuth auth;
FirebaseConfig config;
```





## © 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

```
// ===== FIREBASE NON BLOCKING QUEUE =====
#define FB_QUEUE_SIZE 10

struct FbJob {
    char path[64];
    float value;
};

FbJob fbQueue[FB_QUEUE_SIZE];
int fbQueueHead = 0;
int fbQueueTail = 0;

void fbQueuePush(const char* path, float value)
{
    int next = (fbQueueHead + 1) % FB_QUEUE_SIZE;

    if (next == fbQueueTail) return;

    strncpy(fbQueue[fbQueueHead].path, path, 63);
    fbQueue[fbQueueHead].path[63] = '\0';

    fbQueue[fbQueueHead].value = value;

    fbQueueHead = next;
}

void firebaseWorker()
{
    if (!Firebase.ready()) return;
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) return;

    static uint32_t lastSend = 0;

    if (millis() - lastSend < 300) return;
    lastSend = millis();

    if (fbQueueTail == fbQueueHead) return;

    FbJob &job = fbQueue[fbQueueTail];

    bool ok = Firebase.RTDB.setFloat(&fbdo, job.path, job.value);

    if(!ok)
    {
        Serial.print("[FB FAIL] ");
        Serial.println(job.path);
    }

    fbQueueTail = (fbQueueTail + 1) % FB_QUEUE_SIZE;
}

// ===== CONFIG RUNTIME (dibaca dari Firebase) =====
float g_phSet = 6.00;
float g_tdsSet = 1000.0;
float g_phDeadband = 0.10;
float g_tdsDeadband = 50.0;
String g_mode = "AUTO";
String g_priorityMode = "PH_FIRST";

// ===== STATUS PAIR =====
```



## © 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

```

bool    g_isPaired = false;
String  g_ownerUid = "";
static bool g_unpairHandled = false;

// ===== PUMP RUNTIME =====
static const uint32_t MIXING_MS = 5000;
static const uint32_t COOLDOWN_PH_MS = 2000;
static const uint32_t COOLDOWN_TDS_MS = 2000;
static const float    MAX_PUMP_SEC = 10.0f;
// ===== PUMP LOCKOUT PROTECTION =====
uint8_t g_phPumpCount = 0;
uint8_t g_tdsPumpCount = 0;

uint32_t g_lockoutUntilMs = 0;

static const uint8_t  MAX_PUMP_REPEAT = 3;
static const uint32_t LOCKOUT_MS = 60000; // 60 detik

PumpState g_pump;
uint32_t g_mixingUntilMs = 0;
uint32_t g_cooldownPHUntilMs = 0;
uint32_t g_cooldownTDSUntilMs = 0;

// ===== PATH =====
String deviceAuthPath() { return String("/deviceAuth/") +
DEVICE_ID; }

String pairRequestsRoot() { return String("/pairRequests/") +
DEVICE_ID; }
String pairRequestPinPath(const String& uid) { return
pairRequestsRoot() + "/" + uid + "/pin"; }
String pairRequestNodePath(const String& uid) { return
pairRequestsRoot() + "/" + uid; }

String deviceMemberPath(const String& uid) { return
String("/deviceMembers/") + DEVICE_ID + "/" + uid; }
String userDevicePath(const String& uid) { return
String("/userDevices/") + uid + "/" + DEVICE_ID; }

String deviceOwnerUidPath() { return deviceAuthPath() + "/uid"; }

// ===== DEVICE COMMANDS PATH =====
String cmdRoot() { return String("/deviceCommands/") +
DEVICE_ID; }
String cmdPairingRoot() { return cmdRoot() + "/pairing"; }
String cmdUnpairRoot() { return cmdRoot() + "/unpair"; }
String cmdPumpRoot() { return cmdRoot() + "/pump"; }

String cmdPairingAction() { return cmdPairingRoot() + "/action"; }
String cmdPairingReqId() { return cmdPairingRoot() +
"/requestId"; }
String cmdPairingByUid() { return cmdPairingRoot() + "/byUid"; }
String cmdPairingTs() { return cmdPairingRoot() + "/ts"; }
String cmdPairingAck() { return cmdPairingRoot() + "/ack"; }

String cmdUnpairAction() { return cmdUnpairRoot() + "/action"; }
String cmdUnpairReqId() { return cmdUnpairRoot() + "/requestId";
}
String cmdUnpairTs() { return cmdUnpairRoot() + "/ts"; }

```





## © 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

```
String cmdUnpairAck()      { return cmdUnpairRoot() + "/ack"; }

String cmdPumpReqId()      { return cmdPumpRoot() + "/requestId"; }
String cmdPumpAck()        { return cmdPumpRoot() + "/ack"; }

// ===== BUTTON POLLING =====
BtnEventType pollButton(BtnState &b)
{
    const uint32_t DEBOUNCE_MS = 18;
    const uint32_t LONG_MS     = 650;

    uint32_t now = millis();
    bool raw = digitalRead(b.pin);

    if (raw != b.rawLast) {
        b.rawLast = raw;
        b.rawChangeMs = now;
    }

    if ((now - b.rawChangeMs) < DEBOUNCE_MS) return EVT_NONE;

    if (b.stable != raw) {
        b.stableLast = b.stable;
        b.stable = raw;

        if (b.stable == LOW) {
            b.pressedMs = now;
            b.longFired = false;
            return EVT_NONE;
        }

        if (b.stable == HIGH) {
            uint32_t held = now - b.pressedMs;
            if (!b.longFired && held >= 30) return EVT_SHORT; // short
            on release
            return EVT_NONE;
        }
    }

    if (b.stable == LOW && !b.longFired) {
        if ((now - b.pressedMs) >= LONG_MS) {
            b.longFired = true;
            return EVT_LONG;
        }
    }

    return EVT_NONE;
}

// ===== RELAY HELPERS =====
static inline void relayWrite(uint8_t pin, bool on) {
    if (SIMULASI_RELAY) return;
    if (RELAY_ACTIVE_LOW) digitalWrite(pin, on ? LOW : HIGH);
    else                   digitalWrite(pin, on ? HIGH : LOW);
}

static float clampSec(float sec) {
    if (sec < 0) sec = 0;
    if (sec > MAX_PUMP_SEC) sec = MAX_PUMP_SEC;
}
```



## © 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

```

    return sec;
}

static bool isMixing()      { return (int32_t)(g_mixingUntilMs -
millis()) > 0; }
static bool isCoolingPH()  { return (int32_t)(g_cooldownPHUntilMs
- millis()) > 0; }
static bool isCoolingTDS() { return
(int32_t)(g_cooldownTDSUntilMs - millis()) > 0; }
static bool isLockout()
{
    return (int32_t)(g_lockoutUntilMs - millis()) > 0;
}

static const char* pumpKindName(PumpKind k){
    switch(k){
        case PK_PH_UP:      return "PH_UP";
        case PK_PH_DOWN:    return "PH_DN";
        case PK_NUTRI:       return "NUTRI";
        case PK_WATER:       return "WATER";
        default:             return "NONE";
    }
}

static PumpGroup kindToGroup(PumpKind k){
    if (k==PK_PH_UP || k==PK_PH_DOWN) return PG_PH;
    if (k==PK_NUTRI || k==PK_WATER)   return PG_TDS;
    return PG_NONE;
}

static uint8_t kindToPin(PumpKind k){
    switch(k){
        case PK_PH_UP:      return RELAY_PH_UP;
        case PK_PH_DOWN:    return RELAY_PH_DOWN;
        case PK_NUTRI:       return RELAY_NUTRISI;
        case PK_WATER:       return RELAY_WATER;
        default:             return 255;
    }
}

static const char* modeShort() {
    return (g_mode == "AUTO") ? "AUTO" : "MAN";
}

// ===== SAFETY HARD STOP =====
void forceStopAllPumps(const char* reason) {
    (void)reason;

    if (!SIMULASI_RELAY) {
        relayWrite(RELAY_PH_UP,    false);
        relayWrite(RELAY_PH_DOWN,  false);
        relayWrite(RELAY_NUTRISI,  false);
        relayWrite(RELAY_WATER,    false);
    }
    // hitung jumlah pompa
    if (g_pump.group == PG_PH)
    {
        g_phPumpCount++;
        g_tdsPumpCount = 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

```

}

if (g_pump.group == PG_TDS)
{
    g_tdsPumpCount++;
    g_phPumpCount = 0;
}

// cek lockout
if (g_phPumpCount >= MAX_PUMP_REPEAT || g_tdsPumpCount >=
MAX_PUMP_REPEAT)
{
    g_lockoutUntilMs = millis() + LOCKOUT_MS;
    g_phPumpCount = 0;
    g_tdsPumpCount = 0;

    Serial.println("[LOCKOUT] Pump paused 60s");
}

g_pump = PumpState{};
g_mixingUntilMs = 0;
g_cooldownPHUntilMs = 0;
g_cooldownTDSUntilMs = 0;

if (DEBUG_LORA_LOG) Serial.printf("[SAFETY] stop reason=%s\n",
reason ? reason : "-");
}

// ===== PUMP START/TICK =====
bool pumpStart(PumpKind kind, float sec) {
    if (!g_isPaired) return false;

    sec = clampSec(sec);
    if (sec <= 0.0f) return false;
    if (g_pump.active) return false;

    PumpGroup grp = kindToGroup(kind);
    if (grp == PG_PH && isCoolingPH()) return false;
    if (grp == PG_TDS && isCoolingTDS()) return false;
    if (isMixing()) return false;

    uint8_t pin = kindToPin(kind);
    if (pin == 255) return false;

    g_pump.active = true;
    g_pump.pin = pin;
    g_pump.kind = kind;
    g_pump.group = grp;
    g_pump.sec = sec;
    g_pump.startedMs = millis();
    g_pump.stopAtMs = g_pump.startedMs + (uint32_t)(sec * 1000.0f);

    if (!SIMULASI_RELAY) relayWrite(pin, true);

    if (DEBUG_LORA_LOG) Serial.printf("[PUMP] START %s %.2fs\n",
pumpKindName(kind), sec);
    return true;
}

```



## © 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 pumpTick() {
    if (!g_pump.active) return;

    if ((int32_t)(millis() - g_pump.stopAtMs) >= 0) {
        if (!SIMULASI_RELAY) relayWrite(g_pump.pin, false);

        if (DEBUG_LORA_LOG) Serial.printf("[PUMP] STOP %s\n",
            pumpKindName(g_pump.kind));

        if (g_pump.group == PG_PH) g_cooldownPHUntilMs = millis() +
            COOLDOWN_PH_MS;
        if (g_pump.group == PG_TDS) g_cooldownTDSUntilMs = millis() +
            COOLDOWN_TDS_MS;

        g_mixingUntilMs = millis() + MIXING_MS;
        g_pump = PumpState{};
    }
}

// ===== helper parsing KEY=...; =====
bool extractValue(const char* data, const char* keyEq, char* out,
    size_t outLen) {
    const char* p = strstr(data, keyEq);
    if (!p) return false;
    p += strlen(keyEq);
    const char* end = strchr(p, ';');
    if (!end) end = data + strlen(data);

    size_t n = (size_t)(end - p);
    if (n >= outLen) n = outLen - 1;
    memcpy(out, p, n);
    out[n] = '\0';
    return true;
}

bool parseFloatSafe(const char* s, float &out) {
    if (!s || !s[0]) return false;
    char* end = nullptr;
    out = strtod(s, &end);
    if (end == s) return false;
    if (!isfinite(out)) return false;
    return true;
}

// ===== LCD NO-FLICKER =====
static char lcd_shadow[4][21];

static void lcdInitShadow() {
    for (int r=0;r<4;r++){
        for (int c=0;c<20;c++) lcd_shadow[r][c] = '\0';
        lcd_shadow[r][20] = '\0';
    }
}

static void lcdWriteChar(int col,int row,char ch){
    lcd.setCursor(col,row);
    lcd.print(ch);
}
```





## © 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

```
static void lcdWriteLineDiff(uint8_t row, const char* text20){
    char line[21];
    size_t len = strlen(text20);
    if (len > 20) len = 20;
    memcpy(line, text20, len);
    for (size_t i=len;i<20;i++) line[i] = ' ';
    line[20] = '\0';

    for (int c=0;c<20;c++){
        if (lcd_shadow[row][c] != line[c]){
            lcd_shadow[row][c] = line[c];
            lcdWriteChar(c,row,line[c]);
        }
    }
}

static void lcdClearShadowed(){
    lcd.clear();
    lcdInitShadow();
}

static void cutN(char* dst, size_t dstSz, const char* src, size_t
n) {
    if (dstSz == 0) return;
    size_t i = 0;
    while (src && src[i] && i < n && i < dstSz - 1) { dst[i] =
src[i]; i++; }
    dst[i] = '\0';
}

// ===== LCD TOAST =====
char g_toast[21] = "";
unsigned long g_toastUntilMs = 0;
void lcdToast(const char* msg, unsigned long ms) {
    strncpy(g_toast, msg, 20);
    g_toast[20] = '\0';
    g_toastUntilMs = millis() + ms;
}

// ===== UI STATE =====
enum UIState : uint8_t {
    UI_STATUS = 0,
    UI_MENU,
    UI_PAIRING_ACTIVE,
    UI_UNPAIR_CONFIRM,
    UI_MODE,
    UI_MANUAL
};
static UIState g_ui = UI_STATUS;

static int g_menuIndex = 0;
static int g_manualIndex = 0;
static int g_manualScroll = 0;
static int g_confirmIndex = 0;

static const char* SPIN = "|/-\\";
static uint32_t g_spinLastMs = 0;
static int g_spinIdx = 0;
static char spinChar() {
```



## © 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

```
uint32_t now = millis();
if (now - g_spinLastMs >= 150) {
    g_spinLastMs = now;
    g_spinIdx = (g_spinIdx + 1) & 3;
}
return SPIN[g_spinIdx];
}

static void ipToText(char out[21]) {
    IPAddress ip = WiFi.localIP();
    snprintf(out, 21, "IP:%u.%u.%u.%u", ip[0], ip[1], ip[2], ip[3]);
}

static int menuCount(){ return 4; }

static const char* menuLabel(int idx){
    if (!g_isPaired) {
        switch(idx){
            case 0: return "START PAIR";
            case 1: return "MODE (LOCK)";
            case 2: return "MANUAL (LOCK)";
            default: return "ABOUT";
        }
    } else {
        switch(idx){
            case 0: return "UNPAIR";
            case 1: return "MODE";
            case 2: return "MANUAL";
            default: return "ABOUT";
        }
    }
}

static int manualCount(){ return 5; }

static const char* manualLabel(int idx){
    switch(idx){
        case 0: return "PH_UP";
        case 1: return "PH_DN";
        case 2: return "NUTRI";
        case 3: return "WATER";
        default: return "STOP";
    }
}

static PumpKind manualToKind(int idx){
    switch(idx){
        case 0: return PK_PH_UP;
        case 1: return PK_PH_DOWN;
        case 2: return PK_NUTRI;
        case 3: return PK_WATER;
        default: return PK_NONE;
    }
}

// FOOTER
static void buildFooterLeft16(char out16[17]) {
    if (millis() < g_toastUntilMs) {
        char tmp[21];
```





## © 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

```

    snprintf(tmp, 21, "%-20s", g_toast);
    memcpy(out16, tmp, 16);
    out16[16] = '\0';
    return;
}

if (!g_isPaired) {
    snprintf(out16, 17, "%-16s", "NEXT=MENU");
    return;
}

if (g_pump.active) {
    long remMs = (long)g_pump.stopAtMs - (long)millis();
    if (remMs < 0) remMs = 0;
    long remS = remMs / 1000;
    char buf[17];
    snprintf(buf, sizeof(buf), "PUMP %s %lds",
    pumpKindName(g_pump.kind), remS);
    snprintf(out16, 17, "%-16s", buf);
    return;
}

if (isMixing()) {
    long remMs = (long)g_mixingUntilMs - (long)millis();
    if (remMs < 0) remMs = 0;
    long remS = remMs / 1000;
    char buf[17];
    snprintf(buf, sizeof(buf), "MIXING %lds", remS);
    snprintf(out16, 17, "%-16s", buf);
    return;
}

    snprintf(out16, 17, "%-16s", "NEXT=MENU");
}

static void buildStatusFooter(char out20[21]) {
    char left16[17];
    buildFooterLeft16(left16);

    char right4[5];
    snprintf(right4, sizeof(right4), "%-4s", modeShort());

    memcpy(out20, left16, 16);
    memcpy(out20 + 16, right4, 4);
    out20[20] = '\0';
}

// RENDER
static void renderStatusScreen(){
    char l0[21], l1[21], l2[21], l3[21];

    bool linked = g_hasEverReceived && ((millis() - lastRxMs) <=
    6000);

    // reset sensor jika LoRa offline
    if (!linked)
    {
        strcpy(lastPH, "--");
        strcpy(lastT, "--");
    }

```



## © 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

```

strcpy(lastTDS, "----");
strcpy(lastFLOW, "--.-");
}

if (linked)
    snprintf(l0, 21, "DEVICE %s %c", DEVICE_ID, spinChar());
else
    snprintf(l0, 21, "WAITING LORA RX");

char ph4[5], temp4[5], flow4[5], tds4[5];

cutN(ph4, sizeof(ph4), lastPH, 4);
cutN(temp4, sizeof(temp4), lastT, 4);
cutN(flow4, sizeof(flow4), lastFLOW, 4);
cutN(tds4, sizeof(tds4), lastTDS, 4);

snprintf(l1, 21, "PH:%-4s TEMP:%-4sC", ph4, temp4);
snprintf(l2, 21, "FLOW:%-4s TDS:%-4s", flow4, tds4);

buildStatusFooter(l3);

lcdWriteLineDiff(0, l0);
lcdWriteLineDiff(1, l1);
lcdWriteLineDiff(2, l2);
lcdWriteLineDiff(3, l3);
}

static void makeMenuLine(char out[21], int idx, int cursor, int
total){
    if (idx < 0 || idx >= total) { snprintf(out, 21, " "); return; }
    snprintf(out, 21, "%c %s", (idx==cursor)?'>':' ',
menuLabel(idx));
}

static void renderMenuScreen(){
    char l0[21], l1[21], l2[21], l3[21];
    snprintf(l0, 21, "MENU %c", spinChar());

    int total = menuCount();
    if (g_menuIndex < 0) g_menuIndex = 0;
    if (g_menuIndex >= total) g_menuIndex = total-1;

    int top = g_menuIndex - 1;
    if (top < 0) top = 0;
    if (top > total-3) top = total-3;
    if (top < 0) top = 0;

    makeMenuLine(l1, top+0, g_menuIndex, total);
    makeMenuLine(l2, top+1, g_menuIndex, total);
    makeMenuLine(l3, top+2, g_menuIndex, total);

    lcdWriteLineDiff(0, l0);
    lcdWriteLineDiff(1, l1);
    lcdWriteLineDiff(2, l2);
    lcdWriteLineDiff(3, l3);
}

```





## © 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

```
static void renderPairingActiveScreen(const String& pin, long
remainSec){
    char l0[21], l1[21], l2[21], l3[21];
    snprintf(l0,21,"PAIR %s %c", DEVICE_ID, spinChar());
    snprintf(l1,21,"PIN:%s", pin.c_str());
    snprintf(l2,21,"EXP:%lds", remainSec);
    ipToText(l3);

    lcdWriteLineDiff(0,l0);
    lcdWriteLineDiff(1,l1);
    lcdWriteLineDiff(2,l2);
    lcdWriteLineDiff(3,l3);
}

static void renderConfirmUnpair(){
    char l0[21], l1[21], l2[21], l3[21];
    snprintf(l0,21,"CONFIRM UNPAIR");
    snprintf(l1,21,"%c NO", (g_confirmIndex==0)?'>':' ');
    snprintf(l2,21,"%c YES", (g_confirmIndex==1)?'>':' ');
    snprintf(l3,21,"NEXT=TOGGLE OK=SEL");

    lcdWriteLineDiff(0,l0);
    lcdWriteLineDiff(1,l1);
    lcdWriteLineDiff(2,l2);
    lcdWriteLineDiff(3,l3);
}

static void renderModeScreen(){
    char l0[21], l1[21], l2[21], l3[21];
    snprintf(l0,21,"MODE %c", spinChar());
    snprintf(l1,21,"CURRENT:%s", g_mode.c_str());
    if (!g_isPaired) {
        snprintf(l2,21,"LOCKED - PAIR FIRST");
        snprintf(l3,21,"BACK=MENU");
    } else {
        snprintf(l2,21,"OK=TOGGLE");
        snprintf(l3,21,"BACK=MENU");
    }
    lcdWriteLineDiff(0,l0);
    lcdWriteLineDiff(1,l1);
    lcdWriteLineDiff(2,l2);
    lcdWriteLineDiff(3,l3);
}

static void makeManualLine(char out[21], int idx, int cursor, int
total){
    if (idx < 0 || idx >= total) { snprintf(out, 21, " "); return; }
    snprintf(out, 21, "%c %s", (idx==cursor)?'>':' ',
manualLabel(idx));
}

static void renderManualScreen(){
    char l0[21], l1[21], l2[21], l3[21];
    snprintf(l0,21,"MANUAL %c", spinChar());

    int total = manualCount();
    if (g_manualIndex < 0) g_manualIndex = 0;
    if (g_manualIndex >= total) g_manualIndex = total-1;
```



## © 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    if (g_manualIndex < g_manualScroll) g_manualScroll =
g_manualIndex;
    if (g_manualIndex > g_manualScroll + 2) g_manualScroll =
g_manualIndex - 2;
    if (g_manualScroll < 0) g_manualScroll = 0;
    if (g_manualScroll > total-3) g_manualScroll = total-3;
    if (g_manualScroll < 0) g_manualScroll = 0;

    makeManualLine(l1, g_manualScroll+0, g_manualIndex, total);
    makeManualLine(l2, g_manualScroll+1, g_manualIndex, total);

    if (!g_isPaired) sprintf(l3,21,"LOCKED - PAIR FIRST");
    else
        makeManualLine(l3, g_manualScroll+2,
g_manualIndex, total);

    lcdWriteLineDiff(0,l0);
    lcdWriteLineDiff(1,l1);
    lcdWriteLineDiff(2,l2);
    lcdWriteLineDiff(3,l3);
}

static void renderScreen(){
    static UIState last = (UIState)255;
    if (g_ui != last){
        lcdClearShadowed();
        last = g_ui;
    }

    switch(g_ui){
        case UI_STATUS: renderStatusScreen(); break;
        case UI_MENU: renderMenuScreen(); break;
        case UI_UNPAIR_CONFIRM: renderConfirmUnpair(); break;
        case UI_MODE: renderModeScreen(); break;
        case UI_MANUAL: renderManualScreen(); break;
        default: break;
    }
}

// ===== LoRa RX interrupt =====
void onReceive(int packetSize) {
    if (packetSize <= 0) return;

    int idx = 0;
    while (LoRa.available() && idx < (int)sizeof(rxbuf) - 1) {
        rxbuf[idx++] = (char)LoRa.read();
    }
    rxbuf[idx] = '\0';

    g_lastRssi = LoRa.packetRssi();
    g_lastSnr = LoRa.packetSnr();
    gotPacket = true;
}

// ===== WIFI + FIREBASE =====
void wifiConnect() {
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    WiFi.setSleep(false);
    WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
    Serial.print("WiFi connecting");

```





## © 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

```

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) { Serial.print(".");
delay(250); }
Serial.print("\nWiFi OK IP: "); Serial.println(WiFi.localIP());
}

bool syncTimeNTP(uint32_t timeoutMs) {
    configTime(0, 0, "pool.ntp.org", "time.nist.gov",
"time.google.com");
    Serial.print("NTP sync");
    uint32_t t0 = millis();
    time_t now;
    while (millis() - t0 < timeoutMs) {
        time(&now);
        if (now > 1700000000) {
            Serial.print("\nNTP OK epoch: ");
            Serial.println((long)now);
            return true;
        }
        Serial.print(".");
        delay(300);
    }
    Serial.println("\nNTP FAIL");
    return false;
}

void firebaseInit() {
    config.api_key = API_KEY;
    config.database_url = DATABASE_URL;
    config.token_status_callback = nullptr;

    auth.user.email = DEVICE_EMAIL;
    auth.user.password = DEVICE_PASSWORD;

    Firebase.begin(&config, &auth);
    Firebase.reconnectWiFi(true);

    fbdo.setResponseSize(1024);
    fbdo.setBSSLBufferSize(1024, 1024);

    Serial.println(F("Firebase begin done"));
}

// ===== PAIRING =====
static const uint32_t PAIR_VALID_SEC = 60;

// DISESUAIKAN: biar tombol gak berasa "ditolak 60 detik"
static const unsigned long PAIR_START_COOLDOWN_MS = 10000; // 10s
(ubah kalau mau)
unsigned long g_pairCooldownUntilMs = 0;

static long cooldownRemainSec() {
    long remain = (long)(g_pairCooldownUntilMs - millis());
    if (remain < 0) remain = 0;
    return remain / 1000;
}

static bool canStartPairingNow() { return (long)(millis() -
g_pairCooldownUntilMs) >= 0; }
static void armPairCooldown() { g_pairCooldownUntilMs = millis() +
PAIR_START_COOLDOWN_MS; }

```



## © 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

```

bool    g_pairingActive = false;
String  g_pairPin = "-----";
time_t  g_pairExpEpoch = 0;
unsigned long g_pairExpMs = 0;

String genPin6() {
    uint32_t r = esp_random() % 1000000UL;
    char buf[7];
    snprintf(buf, sizeof(buf), "%06lu", (unsigned long)r);
    return String(buf);
}

void pushPairToFirebase() {
    if (!Firebase.ready()) return;
    String rootP = deviceAuthPath();

    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, (rootP + "/pairPin").c_str(),
        g_pairPin.c_str());
    Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, (rootP + "/pairExp").c_str(),
        (int)g_pairExpEpoch);
    Firebase.RTDB.setBool(&fbdo, (rootP + "/pairActive").c_str(),
        g_pairingActive);

    IPAddress ip = WiFi.localIP();
    char ipOnly[20];
    snprintf(ipOnly, sizeof(ipOnly), "%u.%u.%u.%u", ip[0], ip[1],
        ip[2], ip[3]);
    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, (rootP + "/lastIp").c_str(),
        ipOnly);
}

bool startPairing(const char* src, bool ignoreCooldown) {
    if (g_isPaired) { lcdToast("ALREADY PAIRED", 1200); return
        false; }
    if (!ignoreCooldown && !canStartPairingNow()) {
        long rs = cooldownRemainSec();
        char msg[21]; snprintf(msg, sizeof(msg), "WAIT %lds", rs);
        lcdToast(msg, 1200);
        return false;
    }

    time_t now; time(&now);

    g_pairingActive = true;
    g_pairPin = genPin6();
    g_pairExpEpoch = now + PAIR_VALID_SEC;
    g_pairExpMs = millis() + (PAIR_VALID_SEC * 1000UL);

    armPairCooldown();
    pushPairToFirebase();

    if (DEBUG_CMD_LOG) Serial.printf("[PAIR] START src=%s pin=%s\n",
        src ? src : "-", g_pairPin.c_str());
    return true;
}

void stopPairing(const char* src) {
    (void)src;

```





## © 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

```

g_pairingActive = false;
g_pairPin = "-----";
g_pairExpEpoch = 0;
g_pairExpMs = 0;
pushPairToFirebase();
}

void pairingTickUI() {
    if (!g_pairingActive) return;

    if (g_pairExpMs > 0 && (long)(g_pairExpMs - millis()) <= 0) {
        stopPairing("expiry");
        g_ui = UI_MENU;
        lcdToast("PAIR EXPIRED", 1500);
        return;
    }

    long remainMs = (g_pairExpMs > 0) ? (long)(g_pairExpMs -
millis()) : 0;
    if (remainMs < 0) remainMs = 0;
    long remain = remainMs / 1000;

    static uint32_t last = 0;
    if (millis() - last >= 200) {
        last = millis();
        g_ui = UI_PAIRING_ACTIVE;
        renderPairingActiveScreen(g_pairPin, remain);
    }
}

// ===== UNPAIR LOCAL =====
void onUnpaired(const char* reason, bool showToast) {
    forceStopAllPumps(reason ? reason : "unpaired");

    g_ownerUid = "";
    g_isPaired = false;
    g_unpairHandled = true;

    if (showToast) lcdToast("UNPAIR SUCCESS", 2000);

    g_ui = UI_STATUS;
    g_menuIndex = 0;
    g_manualIndex = 0;
    g_manualScroll = 0;
}

bool doUnpairLocal(const char* reason) {
    if (!Firebase.ready()) {
        lcdToast("FB NOT READY", 1500);
        return false;
    }
    if (!g_isPaired) {
        lcdToast("NOT PAIRED", 1500);
        return false;
    }

    // stop pairing kalau lagi aktif
    if (g_pairingActive) stopPairing("unpair_local");

```



## © 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

```
// simpan owner sebelum dihapus
String owner = g_ownerUid;
owner.trim();

bool ok = true;

// 1) Hapus mapping user->device dan device->user (biar APP ikut unpair)
if (owner.length() > 0) {
    bool okA = Firebase.RTDB.deleteNode(&fbdo,
    deviceMemberPath(owner).c_str());
    bool okB = Firebase.RTDB.deleteNode(&fbdo,
    userDevicePath(owner).c_str());
    ok &= okA && okB;

    if (DEBUG_CMD_LOG) {
        Serial.printf("[UNPAIR] del member=%d del userDev=%d
owner=%s\n", okA, okB, owner.c_str());
        if (!okA || !okB) Serial.printf("[UNPAIR] reason(map)=%s\n",
fbdo.errorReason().c_str());
    }
}

// 2) Hapus owner uid device
bool okUid = Firebase.RTDB.deleteNode(&fbdo,
deviceOwnerUidPath().c_str());

// fallback kalau rules tidak suka delete (atau lib tertentu)
if (!okUid) {
    okUid = Firebase.RTDB.setString(&fbdo,
deviceOwnerUidPath().c_str(), "");
}
ok &= okUid;

if (DEBUG_CMD_LOG) {
    Serial.printf("[UNPAIR] uidClear=%d\n", okUid);
    if (!okUid) Serial.printf("[UNPAIR] reason(uid)=%s\n",
fbdo.errorReason().c_str());
}

if (ok) {
    onUnpaired(reason ? reason : "unpair_local", true);
    return true;
}

lcdToast("UNPAIR FAIL", 2000);
return false;
}

// ===== SERIAL COMMANDS =====
void printHelp() { Serial.println("CMD: pair | stop | unpair |
help"); }

void handleSerialCmdUnified() {
    static char line[48];
    static uint8_t n = 0;

    while (Serial.available()) {
        char c = (char)Serial.read();
```





## © 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 (c == '\r') continue;

if (c == '\n') {
    line[n] = '\0';
    n = 0;

    String cmd = String(line);
    cmd.trim(); cmd.toLowerCase();
    if (cmd.length() == 0) return;

    if (cmd == "pair") startPairing("serial", false);
    else if (cmd == "stop") stopPairing("serial");
    else if (cmd == "unpair") doUnpairLocal("serial");
    else if (cmd == "help") printHelp();
    else Serial.println("[CMD] unknown. type: help");
    return;
}

if (n < sizeof(line) - 1) line[n++] = c;
}

// ===== UI ACTIONS =====
static void uiEnterMenu(){ g_ui = UI_MENU; g_menuIndex = 0;
lcdClearShadowed(); }
static void uiEnterStatus(){ g_ui = UI_STATUS; lcdClearShadowed();
}
static void uiEnterMode(){ g_ui = UI_MODE; lcdClearShadowed(); }
static void uiEnterManual(){ g_ui = UI_MANUAL; g_manualIndex = 0;
g_manualScroll = 0; lcdClearShadowed(); }
static void uiEnterConfirmUnpair(){ g_ui = UI_UNPAIR_CONFIRM;
g_confirmIndex = 0; lcdClearShadowed(); }

// ===== UI HANDLER =====
static void handleUI(){
    BtnEventType eBack = pollButton(btnBack);
    BtnEventType eOk = pollButton(btnOk);
    BtnEventType eNext = pollButton(btnNext);

    // ===== PAIRING ACTIVE SCREEN =====
    if (g_ui == UI_PAIRING_ACTIVE) {
        if (eBack == EVT_SHORT || eBack == EVT_LONG) {
            stopPairing("btn_back");
            g_ui = UI_MENU;
            lcdToast("PAIR STOP", 1200);
            lcdClearShadowed();
        }
        return;
    }

    // ===== STATUS =====
    if (g_ui == UI_STATUS) {
        if (eNext == EVT_SHORT || eOk == EVT_SHORT) {
            uiEnterMenu();
        }
        return;
    }

    // ===== MENU =====

```



## © 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 (g_ui == UI_MENU) {
    // NEXT = scroll
    if (eNext == EVT_SHORT) {
        g_menuIndex++;
        if (g_menuIndex >= menuCount()) g_menuIndex = 0;
    }

    // BACK = keluar menu
    if (eBack == EVT_SHORT || eBack == EVT_LONG) {
        uiEnterStatus();
        return;
    }

    // OK = pilih
    if (eOk == EVT_SHORT) {
        if (!g_isPaired) {
            if (g_menuIndex == 0) {
                bool ok = startPairing("menu_ok", false);
                if (ok) { g_ui = UI_PAIRING_ACTIVE; lcdClearShadowed(); }

            } else if (g_menuIndex == 1 || g_menuIndex == 2) {
                lcdToast("LOCKED", 1200);
            } else {
                lcdToast("HYDROFUZZY v1", 1200);
            }
        } else {
            if (g_menuIndex == 0) uiEnterConfirmUnpair();
            else if (g_menuIndex == 1) uiEnterMode();
            else if (g_menuIndex == 2) uiEnterManual();
            else lcdToast("HYDROFUZZY v1", 1200);
        }
    }
    return;
}

// ===== UNPAIR CONFIRM =====
if (g_ui == UI_UNPAIR_CONFIRM) {
    if (eNext == EVT_SHORT) g_confirmIndex = 1 - g_confirmIndex;

    // BACK = batal (kembali ke menu)
    if (eBack == EVT_SHORT || eBack == EVT_LONG) {
        g_ui = UI_MENU;
        lcdClearShadowed();
        return;
    }

    if (eOk == EVT_SHORT) {
        if (g_confirmIndex == 1) {
            bool ok = doUnpairLocal("ui_confirm_yes");
            if (ok) uiEnterStatus();
            else { g_ui = UI_MENU; lcdClearShadowed(); }
        } else {
            g_ui = UI_MENU;
            lcdClearShadowed();
        }
    }
    return;
}

```



## © 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

```
// ===== MODE =====
if (g_ui == UI_MODE) {
    // BACK = kembali ke menu
    if (eBack == EVT_SHORT || eBack == EVT_LONG) {
        g_ui = UI_MENU;
        lcdClearShadowed();
        return;
    }

    if (eOk == EVT_SHORT) {
        if (!g_isPaired) lcdToast("LOCKED", 1200);
        else { g_mode = (g_mode=="AUTO") ? "MANUAL" : "AUTO";
        lcdToast(g_mode.c_str(), 1200); }
    }
    return;
}

// ===== MANUAL =====
if (g_ui == UI_MANUAL) {
    // BACK = kembali ke menu
    if (eBack == EVT_SHORT || eBack == EVT_LONG) {
        g_ui = UI_MENU;
        lcdClearShadowed();
        return;
    }

    // NEXT = scroll
    if (eNext == EVT_SHORT) {
        g_manualIndex++;
        if (g_manualIndex >= manualCount()) g_manualIndex = 0;
    }

    // OK = action
    if (eOk == EVT_SHORT || eOk == EVT_LONG) {
        if (!g_isPaired) { lcdToast("LOCKED", 1200); return; }

        if (strcmp(manualLabel(g_manualIndex), "STOP") == 0) {
            forceStopAllPumps("manual_stop");
            lcdToast("STOP ALL", 1200);
        } else {
            PumpKind k = manualToKind(g_manualIndex);
            float sec = (eOk == EVT_LONG) ? 5.0f : 2.0f;
            bool ok = pumpStart(k, sec);
            lcdToast(ok ? (eOk==EVT_LONG ? "RUN 5s" : "RUN 2s") :
            "BUSY/MIX", 1200);
        }
    }
    return;
}

// ===== Firebase tasks (UI-priority scheduler) =====
static uint32_t t_pairStatus = 0;
static uint32_t t_approve    = 0;
static uint32_t t_config     = 0;
static uint32_t t_state      = 0;
static uint32_t t_tele       = 0;
static uint32_t t_cmd        = 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// interval (silakan tweak)
static const uint32_t IV_PAIRSTATUS = 5000;
static const uint32_t IV_APPROVE   = 2000;
static const uint32_t IV_CONFIG    = 8000;
static const uint32_t IV_STATE     = 4000;
static const uint32_t IV_TELE      = 4000;
static const uint32_t IV_CMD       = 1200;

void pullPairStatus_job() {
    if (!Firebase.ready()) return;

    const bool oldPaired = g_isPaired;
    const String oldUid  = g_ownerUid;

    if (!Firebase.RTDB.getString(&fbdo,
        deviceOwnerUidPath().c_str())) return;

    String uid = fbdo.stringData(); uid.trim();
    g_ownerUid = uid;
    g_isPaired = (uid.length() > 0);

    const bool uidChanged = (g_ownerUid != oldUid);
    if (g_isPaired) g_unpairHandled = false;

    if (oldPaired && !g_isPaired && uidChanged) {
        if (!g_unpairHandled) onUnpaired("unpair_detected", true);
    }

    if (!oldPaired && g_isPaired && uidChanged) {
        if (g_pairingActive) stopPairing("paired_detected");
        lcdToast("PAIR SUCCESS", 2000);
        g_ui = UI_STATUS;
    }
}

void approvePairing_job() {
    if (!Firebase.ready()) return;
    if (!g_pairingActive) return;

    if (g_pairExpMs > 0 && (long)(g_pairExpMs - millis()) <= 0)
        return;

    if (!Firebase.RTDB.getJSON(&fbdo, pairRequestsRoot().c_str()))
        return;

    FirebaseJson json = fbdo.jsonObject();

    size_t len = json.iteratorBegin();
    if (len == 0) { json.iteratorEnd(); return; }

    for (size_t i = 0; i < len; i++) {
        String uidKey, valueStr;
        int type = 0;
        json.iteratorGet(i, type, uidKey, valueStr);

        if (!Firebase.RTDB.getString(&fbdo,
            pairRequestPinPath(uidKey).c_str())) continue;
        String reqPin = fbdo.stringData(); reqPin.trim();
    }
}
```



## © 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 (reqPin == g_pairPin) {
        bool ok1 = Firebase.RTDB.setBool(&fbdo,
deviceMemberPath(uidKey).c_str(), true);
        bool ok2 = Firebase.RTDB.setBool(&fbdo,
userDevicePath(uidKey).c_str(), true);
        bool okOwner = Firebase.RTDB.setString(&fbdo,
deviceOwnerUidPath().c_str(), uidKey.c_str());
        bool ok3 = Firebase.RTDB.deleteNode(&fbdo,
pairRequestNodePath(uidKey).c_str());

        if (ok1 && ok2 && ok3 && okOwner) {
            g_isPaired = true;
            g_ownerUid = uidKey;
            g_unpairHandled = false;

            lcdToast("PAIR SUCCESS", 2000);
            stopPairing("approved");
            g_ui = UI_STATUS;
        } else {
            lcdToast("PAIR FAIL", 2000);
        }
        break;
    }
}
json.iteratorEnd();
}

bool fbGetFloat(const String& path, float &out) {
    if (!Firebase.RTDB.getFloat(&fbdo, path.c_str())) return false;
    out = fbdo.floatData();
    return true;
}

void pullConfig_job(){
    if (!Firebase.ready()) return;

    float v;

    if (fbGetFloat(CONFIG_PATH "/phSet", v)) g_phSet = v;
    if (fbGetFloat(CONFIG_PATH "/tdsSet", v)) g_tdsSet = v;
    if (fbGetFloat(CONFIG_PATH "/phDeadband", v)) g_phDeadband = v;
    if (fbGetFloat(CONFIG_PATH "/tdsDeadband", v)) g_tdsDeadband =
v;

    if (Firebase.RTDB.getString(&fbdo, CMD_PATH "/mode")) {
        String m = fbdo.stringData();
        m.trim();
        m.toUpperCase();
        if (m == "AUTO" || m == "MANUAL") g_mode = m;
    }

    if (Firebase.RTDB.getString(&fbdo, CONFIG_PATH "/priorityMode"))
{
        String pm = fbdo.stringData();
        pm.trim();
        pm.toUpperCase();
    }
}

```



## © 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 (pm == "PH_FIRST" || pm == "MAX_ERROR_FIRST")
    g_priorityMode = pm;
    }
}

void pushState_job(){
    if (!Firebase.ready()) return;

    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, STATE_PATH "/status", "ONLINE");
    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, STATE_PATH "/modeActive",
g_mode);
    Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, STATE_PATH "/lastSeenMs",
(int)millis());
}

void pushTelemetry_job()
{
    if (!g_isPaired) return;
    if (!Firebase.ready()) return;
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) return;

    if ((millis() - lastRxMs) > 6000) return;

    static uint32_t lastPush = 0;
    if (millis() - lastPush < 2000) return;
    lastPush = millis();

    float pHV, tdsV, tV, flowV;

    if (!parseFloatSafe(lastPH, pHV)) return;
    if (!parseFloatSafe(lastTDS, tdsV)) return;
    if (!parseFloatSafe(lastT, tV)) return;
    if (!parseFloatSafe(lastFLOW, flowV)) return;

    FirebaseJson json;

    json.set("ph", pHV);
    json.set("tds", tdsV);
    json.set("temp", tV);
    json.set("flow", flowV);

    time_t now;
    time(&now);
    int64_t ts = (int64_t)now * 1000LL;

    json.set("ts", (long long)ts);

    json.set("rssi", g_lastRssi);
    json.set("snr", g_lastSnr);
    json.set("wifi", WiFi.RSSI());
    json.set("uptime", millis()/1000);

    bool ok = Firebase.RTDB.setJSON(&fbdo, TELE_PATH, &json);

    if(!ok)
    {
        Serial.println("[FB] telemetry fail");
    }
}

```





## © 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

```
// (Device commands kamu panjang; aku pertahankan versi kamu yang
sudah benar)
// ---- potong: biar jawaban gak 4000 baris ----
// Intinya: di scheduler, panggil handleDeviceCommandsTick()
sesuai interval.

// ===== DEVICE COMMANDS (pakai punyamu) =====
static const int64_t CMD_MAX_AGE_MS = 15000;
static int64_t g_bootEpochMs = 0;

static String g_lastPairReqId = "";
static String g_lastUnpairReqId = "";
static String g_lastPumpReqId = "";

bool fbGetInt64(const String& path, int64_t &out) {
    if (Firebase.RTDB.getDouble(&fbdo, path.c_str())) { out =
(int64_t)fbdo.doubleData(); return true; }
    if (Firebase.RTDB.getInt(&fbdo, path.c_str())) { out =
(int64_t)fbdo.intData(); return true; }
    return false;
}

bool isCmdFreshMs(int64_t tsMs) {
    time_t nowSec; time(&nowSec);
    int64_t nowMs = (int64_t)nowSec * 1000LL;

    if (tsMs <= 0) return false;
    if (g_bootEpochMs > 0 && tsMs < g_bootEpochMs) return false;

    int64_t age = nowMs - tsMs;
    if (age < 0) age = -age;
    return age <= CMD_MAX_AGE_MS;
}

void writeAckJSON(const String& ackPath, bool ok, const String&
msg, const String& reqId) {
    if (!Firebase.ready()) return;
    FirebaseJson ack;
    ack.set("ok", ok);
    ack.set("msg", msg);
    ack.set("requestId", reqId);
    ack.set("ts/.sv", "timestamp");
    Firebase.RTDB.setJSON(&fbdo, ackPath.c_str(), &ack);
}

int fbGetIntDefault(const String& path, int def) {
    if (!Firebase.RTDB.getInt(&fbdo, path.c_str())) return def;
    return fbdo.intData();
}

void clearPairingNode() {
    if (!Firebase.ready()) return;
    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, cmdPairingAction().c_str(), "");
    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, cmdPairingReqId().c_str(), "");
    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, cmdPairingByUid().c_str(), "");
    Firebase.RTDB.deleteNode(&fbdo, cmdPairingTs().c_str());
}

void clearUnpairNode() {
    if (!Firebase.ready()) return;
```



## © 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

```

Firebase.RTDB.setString(&fbdo, cmdUnpairAction().c_str(), "");
Firebase.RTDB.setString(&fbdo, cmdUnpairReqId().c_str(), "");
Firebase.RTDB.deleteNode(&fbdo, cmdUnpairTs().c_str());
}

void clearStaleCommandsOnBoot() {
    if (!Firebase.ready()) return;

    clearPairingNode();
    Firebase.RTDB.deleteNode(&fbdo, cmdPairingAck().c_str());

    clearUnpairNode();
    Firebase.RTDB.deleteNode(&fbdo, cmdUnpairAck().c_str());

    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, (cmdPumpRoot() +
"/requestId").c_str(), "");
    Firebase.RTDB.deleteNode(&fbdo, cmdPumpAck().c_str());

    g_lastPairReqId = "";
    g_lastUnpairReqId = "";
    g_lastPumpReqId = "";
    g_pairCooldownUntilMs = 0;

    if (DEBUG_CMD_LOG) Serial.println("[BOOT] cleared stale commands
+ reset cooldown");
}

void handleCmdPairing() {
    if (!Firebase.ready()) return;

    String action;
    if (!Firebase.RTDB.getString(&fbdo, cmdPairingAction().c_str()))
return;
    action = fbdo.stringData(); action.trim(); action.toUpperCase();
    if (action.length() == 0) return;

    String reqId = "";
    if (Firebase.RTDB.getString(&fbdo, cmdPairingReqId().c_str())) {
reqId = fbdo.stringData(); reqId.trim(); }

    if (reqId.length() == 0) { writeAckJSON(cmdPairingAck(), false,
"MISSING_REQID", ""); clearPairingNode(); return; }
    if (reqId == g_lastPairReqId) return;

    int64_t tsMs = 0;
    fbGetInt64(cmdPairingTs(), tsMs);

    if (!isCmdFreshMs(tsMs)) {
        writeAckJSON(cmdPairingAck(), false, "STALE_CMD", reqId);
        g_lastPairReqId = reqId;
        clearPairingNode();
        return;
    }

    if (action == "START") {
        if (g_isPaired) {
            lcdToast("ALREADY PAIRED", 1200);
            writeAckJSON(cmdPairingAck(), false, "ALREADY_PAIRED",
reqId);

```





## © 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

```

    } else {
        bool ok = startPairing("app_cmd", false);
        if (ok) { g_ui = UI_PAIRING_ACTIVE; lcdClearShadowed();
writeAckJSON(cmdPairingAck(), true, "PAIRING_STARTED", reqId); }
        else writeAckJSON(cmdPairingAck(), false,
"COOLDOWN_OR_DENIED", reqId);
    }
    g_lastPairReqId = reqId;
    clearPairingNode();
    return;
}

if (action == "STOP") {
    if (g_pairingActive) stopPairing("app_cmd");
    lcdToast("PAIR STOP", 1200);
    g_ui = UI_STATUS;
    writeAckJSON(cmdPairingAck(), true, "PAIRING_STOPPED", reqId);
    g_lastPairReqId = reqId;
    clearPairingNode();
    return;
}

writeAckJSON(cmdPairingAck(), false, "UNKNOWN_ACTION", reqId);
g_lastPairReqId = reqId;
clearPairingNode();
}

void handleCmdUnpair() {
    if (!Firebase.ready()) return;

    String action;
    if (!Firebase.RTDB.getString(&fbdo, cmdUnpairAction().c_str()))
return;
    action = fbdo.stringData(); action.trim(); action.toUpperCase();
    if (action.length() == 0) return;

    String reqId = "";
    if (Firebase.RTDB.getString(&fbdo, cmdUnpairReqId().c_str())) {
reqId = fbdo.stringData(); reqId.trim(); }

    if (reqId.length() == 0) { writeAckJSON(cmdUnpairAck(), false,
"MISSING_REQID", ""); clearUnpairNode(); return; }
    if (reqId == g_lastUnpairReqId) return;

    int64_t tsMs = 0;
    fbGetInt64(cmdUnpairTs(), tsMs);

    if (!isCmdFreshMs(tsMs)) {
        writeAckJSON(cmdUnpairAck(), false, "STALE_CMD", reqId);
        g_lastUnpairReqId = reqId;
        clearUnpairNode();
        return;
    }

    if (!g_isPaired) {
        writeAckJSON(cmdUnpairAck(), false, "NOT_PAISED", reqId);
        g_lastUnpairReqId = reqId;
        clearUnpairNode();
        return;
    }

```





## © 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 (action == "DO") {
    bool ok = doUnpairLocal("app_cmd");
    writeAckJSON(cmdUnpairAck(), ok, ok ? "UNPAIR_DONE" :
"UNPAIR_FAIL", reqId);
    g_lastUnpairReqId = reqId;
    clearUnpairNode();
    return;
}

writeAckJSON(cmdUnpairAck(), false, "UNKNOWN_ACTION", reqId);
g_lastUnpairReqId = reqId;
clearUnpairNode();
}

void handleCmdPump()
{
    if (!Firebase.ready()) return;

    String reqId = "";
    if (Firebase.RTDB.getString(&fbdo, cmdPumpReqId().c_str()))
    {
        reqId = fbdo.stringData();
        reqId.trim();
    }

    if (reqId.length() == 0) return;
    if (reqId == g_lastPumpReqId) return;

    if (!g_isPaired)
    {
        writeAckJSON(cmdPumpAck(), false, "NOT_PAISED", reqId);
        Firebase.RTDB.setString(&fbdo, (cmdPumpRoot() +
"/requestId").c_str(), "");
        g_lastPumpReqId = reqId;
        return;
    }

    int phUp    = fbGetIntDefault(cmdPumpRoot() + "/phUp", 0);
    int phDown  = fbGetIntDefault(cmdPumpRoot() + "/phDown", 0);
    int nutrisi = fbGetIntDefault(cmdPumpRoot() + "/nutrisi", 0);
    int water   = fbGetIntDefault(cmdPumpRoot() + "/water", 0);

    bool started = false;

    if (!g_pump.active && !isMixing())
    {
        if (phUp > 0)
            started = pumpStart(PK_PH_UP, (float)phUp);
        else if (phDown > 0)
            started = pumpStart(PK_PH_DOWN, (float)phDown);
        else if (nutrisi > 0)
            started = pumpStart(PK_NUTRI, (float)nutrisi);
        else if (water > 0)
            started = pumpStart(PK_WATER, (float)water);
    }
}

```



## © 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

```

    Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, (cmdPumpRoot() + "/phUp").c_str(),
0);
    Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, (cmdPumpRoot() + "/phDown").c_str(),
0);
    Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, (cmdPumpRoot() +
"/nutrisi").c_str(), 0);
    Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, (cmdPumpRoot() + "/water").c_str(),
0);
    Firebase.RTDB.setString(&fbdo, (cmdPumpRoot() +
"/requestId").c_str(), "");

    writeAckJSON(cmdPumpAck(), true,
                  started ? "PUMP_STARTED" :
"PUMP_SKIPPED_BUSY_OR_MIX",
                  reqId);

    g_lastPumpReqId = reqId;
}
// scheduler: 1 job per tick
void firebaseSchedulerTick(){
    if (!Firebase.ready()) return;

    static uint8_t rr = 0;
    rr = (rr + 1) % 6;

    uint32_t now = millis();

    // 1) Pair status
    if (rr == 0 && now - t_pairStatus >= IV_PAIRSTATUS) {
        t_pairStatus = now;
        pullPairStatus_job();
        return;
    }

    // 2) Approve pairing
    if (rr == 1 && now - t_approve >= IV_APPROVE) {
        t_approve = now;
        approvePairing_job();
        return;
    }

    // 3) Device commands (pair/unpair/pump) -> 1 subjob per tick
    if (rr == 2 && now - t_cmd >= IV_CMD) {
        t_cmd = now;
        static uint8_t rrCmd = 0;
        rrCmd = (rrCmd + 1) % 3;
        if (rrCmd == 0) handleCmdPairing();
        else if (rrCmd == 1) handleCmdUnpair();
        else handleCmdPump();
        return;
    }

    // 4) Pull config
    if (rr == 3 && now - t_config >= IV_CONFIG) {
        t_config = now;
        pullConfig_job();
        return;
    }
}

```



## © 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

```
// 5) Heartbeat
if (rr == 4 && now - t_state >= IV_STATE) {
    t_state = now;
    pushState_job();
    return;
}

// 6) Telemetry
if (rr == 5 && now - t_tele >= IV_TELE) {
    t_tele = now;
    pushTelemetry_job();
    return;
}
}

// ===== FUZZY SCHEDULER =====
uint32_t g_lastFuzzyMs = 0;
static const uint32_t FUZZY_INTERVAL = 5000; // 5 detik
// ===== SETUP =====
void setup() {

    Serial.begin(115200);
    delay(200);

    pinMode(RELAY_PH_UP, OUTPUT);
    pinMode(RELAY_PH_DOWN, OUTPUT);
    pinMode(RELAY_NUTRISI, OUTPUT);
    pinMode(RELAY_WATER, OUTPUT);

    relayWrite(RELAY_PH_UP, false);
    relayWrite(RELAY_PH_DOWN, false);
    relayWrite(RELAY_NUTRISI, false);
    relayWrite(RELAY_WATER, false);

    pinMode(BTN_BACK, INPUT_PULLUP);
    pinMode(BTN_OK, INPUT_PULLUP);
    pinMode(BTN_NEXT, INPUT_PULLUP);

    btnBack.rawLast = digitalRead(btnBack.pin);
    btnOk.rawLast = digitalRead(btnOk.pin);
    btnNext.rawLast = digitalRead(btnNext.pin);
    btnBack.stable = btnBack.rawLast;
    btnOk.stable = btnOk.rawLast;
    btnNext.stable = btnNext.rawLast;

    Wire.begin(21, 22);
    Wire.setClock(100000);
    lcd.begin(20, 4);
    lcd.backlight();
    lcdClearShadowed();

    lcdWriteLineDiff(0, "LoRa Gateway RX");
    lcdWriteLineDiff(1, "Init...");
    lcdWriteLineDiff(2, "");
    lcdWriteLineDiff(3, "");

    wifiConnect();
    syncTimeNTP(15000);
}
```





## © 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

```
time_t bootSec; time(&bootSec);
g_bootEpochMs = (int64_t)bootSec * 1000LL;

firebaseInit();

// init pairing fields
g_pairingActive = false;
g_pairPin = "-----";
g_pairExpEpoch = 0;
g_pairExpMs = 0;
pushPairToFirebase();

pullPairStatus_job();
clearStaleCommandsOnBoot();
printHelp();

SPI.begin(LORA_SCK, LORA_MISO, LORA_MOSI, LORA_SS);
LoRa.setPins(LORA_SS, LORA_RST, LORA_DIO0);

if (!LoRa.begin(LORA_FREQ)) {
  lcdClearShadowed();
  lcdWriteLineDiff(0, "LoRa begin FAIL");
  lcdWriteLineDiff(1, "Cek wiring");
  while (1) delay(200);
}

LoRa.setSyncWord(0x12);
LoRa.enableCrc();
LoRa.setSpreadingFactor(7);
LoRa.setSignalBandwidth(125E3);
LoRa.setCodingRate4(5);

LoRa.onReceive(onReceive);
LoRa.receive();

lastRxMs = millis();
g_ui = UI_STATUS;
lcdClearShadowed();
renderScreen();

}
// ===== LOOP =====
void loop() {

  // UI selalu cepat
  handleUI();

  pumpTick();

  // ===== AUTO FUZZY CONTROL =====
  if (g_isPaired && g_mode == "AUTO")
  {
    if (!g_pump.active && !isMixing() && !isLockout())
    {
      if (millis() - g_lastFuzzyMs >= FUZZY_INTERVAL)
      {
        g_lastFuzzyMs = millis();

        float phVal, tdsVal;
```



## © 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 (parseFloatSafe(lastPH, phVal) &&
    parseFloatSafe(lastTDS, tdsVal))
{
    FuzzyDecision dec = runFuzzy(
        phVal, tdsVal,
        g_phSet, g_tdsSet,
        g_phDeadband, g_tdsDeadband
    );

    bool doPH = (fabs(dec.uPH) > 0.0f);
    bool doT = (fabs(dec.uTDS) > 0.0f);

    bool pickPH = false;

    if (g_priorityMode == "PH_FIRST")
        pickPH = doPH;
    else
    {
        if (doPH && doT)
            pickPH = fabs(dec.uPH) >= fabs(dec.uTDS);
        else
            pickPH = doPH;
    }

    Serial.print("[FUZZY] ph=");
    Serial.print(phVal);
    Serial.print(" tds=");
    Serial.print(tdsVal);
    Serial.print(" uPH=");
    Serial.print(dec.uPH);
    Serial.print(" uTDS=");
    Serial.print(dec.uTDS);
    Serial.print(" mix=");
    Serial.print(isMixing());
    Serial.print(" coolPH=");
    Serial.print(isCoolingPH());
    Serial.print(" coolTDS=");
    Serial.println(isCoolingTDS());

    if (pickPH && doPH && !isCoolingPH())
    {
        if (dec.actPH == ACT_PH_UP)
            pumpStart(PK_PH_UP, dec.dosePH);
        else if (dec.actPH == ACT_PH_DOWN)
            pumpStart(PK_PH_DOWN, dec.dosePH);
    }
    else if (!pickPH && doT && !isCoolingTDS())
    {
        if (dec.actTDS == ACT_ADD_NUTRI)
            pumpStart(PK_NUTRI, dec.doseTDS);
        else if (dec.actTDS == ACT_ADD_WATER)
            pumpStart(PK_WATER, dec.doseTDS);
    }
}
}
}
}
}

```



## © 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

```
// =====

handleSerialCmdUnified();

// Pairing UI countdown
pairingTickUI();

// Firebase scheduler
yield();
firebaseSchedulerTick();
yield();
// LoRa packet handling
if (gotPacket) {
  char localBuf[240];
  int  localRssi;
  float localSnr;

  noInterrupts();
  gotPacket = false;
  strncpy(localBuf, rxbuf, sizeof(localBuf));
  localBuf[sizeof(localBuf)-1] = '\0';
  localRssi = g_lastRssi;
  localSnr  = g_lastSnr;
  interrupts();

  if (DEBUG_LORA_LOG) {
    Serial.printf("\n[LORA] RX len=%d RSSI=%d SNR=%.1f\n",
      (int)strlen(localBuf), localRssi, localSnr);
    Serial.printf("[LORA] raw: %s\n", localBuf);
  }

  char id[12] = {0}, t[12] = {0}, ph[12] = {0}, tds[12] = {0},
  flow[12] = {0};
  extractValue(localBuf, "ID=", id, sizeof(id));
  extractValue(localBuf, "T=", t, sizeof(t));
  extractValue(localBuf, "PH=", ph, sizeof(ph));
  extractValue(localBuf, "TDS=", tds, sizeof(tds));
  extractValue(localBuf, "FLOW=", flow, sizeof(flow));

  if (id[0]) { strncpy(lastID, id, sizeof(lastID));
  lastID[sizeof(lastID) - 1] = '\0'; }
  if (t[0]) { strncpy(lastT, t, sizeof(lastT));
  lastT[sizeof(lastT) - 1] = '\0'; }
  if (ph[0]) { strncpy(lastPH, ph, sizeof(lastPH));
  lastPH[sizeof(lastPH) - 1] = '\0'; }
  if (tds[0]) { strncpy(lastTDS, tds, sizeof(lastTDS));
  lastTDS[sizeof(lastTDS) - 1] = '\0'; }
  if (flow[0]) { strncpy(lastFLOW, flow, sizeof(lastFLOW));
  lastFLOW[sizeof(lastFLOW) - 1] = '\0'; }

  lastRxMs = millis();
  g_hasEverReceived = true;

  LoRa.receive();
}

// LCD refresh
if (millis() - lastLCDms >= 500) {
  lastLCDms = millis();
}
```



```

    if (g_ui != UI_PAIRING_ACTIVE) renderScreen();
}

// Biar WiFi/RTOS napas (hindari "stutter")
firebaseWorker();
yield();
}

```



## © 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



## © 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

### L-3. Source Code Fuzzy Cpp

```
#include "Fuzzy.h"
#include <math.h>

// =====
// HYDROFUZZY CONTROLLER (SUGENO FUZZY)
// Smooth weighted output for dosing control
// =====

static const float DOSE_MAX_SEC = 10.0f;

static uint32_t g_lastExecMs = 0;

// =====
// BASIC MATH
// =====

static inline float clampf(float x, float a, float b)
{
    if (x < a) return a;
    if (x > b) return b;
    return x;
}

static inline float absf(float x)
{
    return x < 0 ? -x : x;
}

// =====
// TRIANGULAR MEMBERSHIP
// =====

static float triangle(float x, float a, float b, float c)
{
    if (x <= a || x >= c) return 0.0f;

    if (x == b) return 1.0f;

    if (x < b)
        return (x - a) / (b - a);

    return (c - x) / (c - b);
}

// =====
// FUZZY CORE (SUGENO)
// =====

FuzzyDecision runFuzzy(float ph, float tds,
                      float phSet, float tdsSet,
                      float phDeadband, float tdsDeadband)
{
    FuzzyDecision d;

    // =====
    // PH MEMBERSHIP
    // =====
```



## © 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

```
float phLow;

if (ph <= phSet - 1.5)
{
    phLow = 1.0f;
}
else
{
    phLow = triangle(
        ph,
        phSet - 1.5,
        phSet - 0.7,
        phSet
    );
}

float phOk =
    triangle(ph,
        phSet - phDeadband,
        phSet,
        phSet + phDeadband);

float phHigh =
    triangle(ph,
        phSet,
        phSet + 0.7,
        phSet + 1.5);

// =====
// TDS MEMBERSHIP
// =====

float tdsLow;

if (tds <= tdsSet - 500)
{
    tdsLow = 1.0f;
}
else
{
    tdsLow = triangle(
        tds,
        tdsSet - 500,
        tdsSet - 250,
        tdsSet
    );
}

float tdsOk =
    triangle(tds,
        tdsSet - tdsDeadband,
        tdsSet,
        tdsSet + tdsDeadband);

float tdsHigh =
    triangle(tds,
        tdsSet,
        tdsSet + 250,
        tdsSet + 500);
```





## © 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

```
// =====
// SUGENO OUTPUT CALCULATION
// =====

// PH rules:
// PH_LOW  → +1
// PH_OK   → 0
// PH_HIGH → -1

float phNum =
    phLow  * 1.0f +
    phOk   * 0.0f +
    phHigh * -1.0f;

float phDen =
    phLow +
    phOk +
    phHigh;

float phOutput = 0.0f;

if (phDen > 0.0001f)
    phOutput = phNum / phDen;

// TDS rules:
// TDS_LOW  → +1
// TDS_OK   → 0
// TDS_HIGH → -1

float tdsNum =
    tdsLow  * 1.0f +
    tdsOk   * 0.0f +
    tdsHigh * -1.0f;

float tdsDen =
    tdsLow +
    tdsOk +
    tdsHigh;

float tdsOutput = 0.0f;

if (tdsDen > 0.0001f)
    tdsOutput = tdsNum / tdsDen;

// =====
// MAP OUTPUT → ACTION
// =====

d.uPH  = phOutput;
d.uTDS = tdsOutput;

// PH ACTION
if (phOutput > 0.01f)
{
    d.actPH = ACT_PH_UP;
    d.dosePH = absf(phOutput) * absf(phOutput) * DOSE_MAX_SEC;
}
else if (phOutput < -0.01f)
```



## © 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

```
{
    d.actPH = ACT_PH_DOWN;
    d.dosePH = absf(phOutput) * absf(phOutput) * DOSE_MAX_SEC;
}
else
{
    d.actPH = ACT_PH_OFF;
    d.dosePH = 0;
}

// TDS ACTION
if (tdsOutput > 0.01f)
{
    d.actTDS = ACT_ADD_NUTRI;
    d.doseTDS = absf(tdsOutput) * absf(tdsOutput) * DOSE_MAX_SEC;
}
else if (tdsOutput < -0.01f)
{
    d.actTDS = ACT_ADD_WATER;
    d.doseTDS = absf(tdsOutput) * absf(tdsOutput) * DOSE_MAX_SEC;
}
else
{
    d.actTDS = ACT_TDS_OFF;
    d.doseTDS = 0;
}

// =====
// SAFETY LIMIT
// =====

d.dosePH = clampf(d.dosePH, 0.0f, DOSE_MAX_SEC);
d.doseTDS = clampf(d.doseTDS, 0.0f, DOSE_MAX_SEC);

return d;
}

// =====
// EXECUTION MARKER
// =====

void fuzzyMarkExecuted()
{
    g_lastExecMs = millis();
}

// =====
// DEBUG ACTION NAME
// =====

const char* actName(ActionTypePH a)
{
    switch (a)
    {
        case ACT_PH_OFF:    return "PH_OFF";
        case ACT_PH_UP:     return "PH_UP";
        case ACT_PH_DOWN:   return "PH_DOWN";
        default:            return "PH_?";
    }
}
```



## © 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 char* actName(ActionTypeTDS a)
{
    switch (a)
    {
        case ACT_TDS_OFF:      return "TDS_OFF";
        case ACT_ADD_NUTRI:    return "ADD_NUTRI";
        case ACT_ADD_WATER:    return "ADD_WATER";
        default:               return "TDS_?";
    }
}

```







## © 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

### L-4. Source Code Fuzzy.h

```
#pragma once
#include <Arduino.h>

enum ActionTypePH : uint8_t {
    ACT_PH_OFF = 0,
    ACT_PH_UP,
    ACT_PH_DOWN
};

enum ActionTypeTDS : uint8_t {
    ACT_TDS_OFF = 0,
    ACT_ADD_NUTRI,
    ACT_ADD_WATER
};

struct FuzzyDecision {
    ActionTypePH actPH = ACT_PH_OFF;
    ActionTypeTDS actTDS = ACT_TDS_OFF;
    float dosePH = 0.0f; // seconds
    float doseTDS = 0.0f; // seconds
    float uPH = 0.0f; // -1..+1
    float uTDS = 0.0f; // -1..+1
};

FuzzyDecision runFuzzy(float ph, float tds,
                      float phSet, float tdsSet,
                      float phDeadband, float tdsDeadband);

void fuzzyMarkExecuted();
const char* actName(ActionTypePH a);
const char* actName(ActionTypeTDS a);
```

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



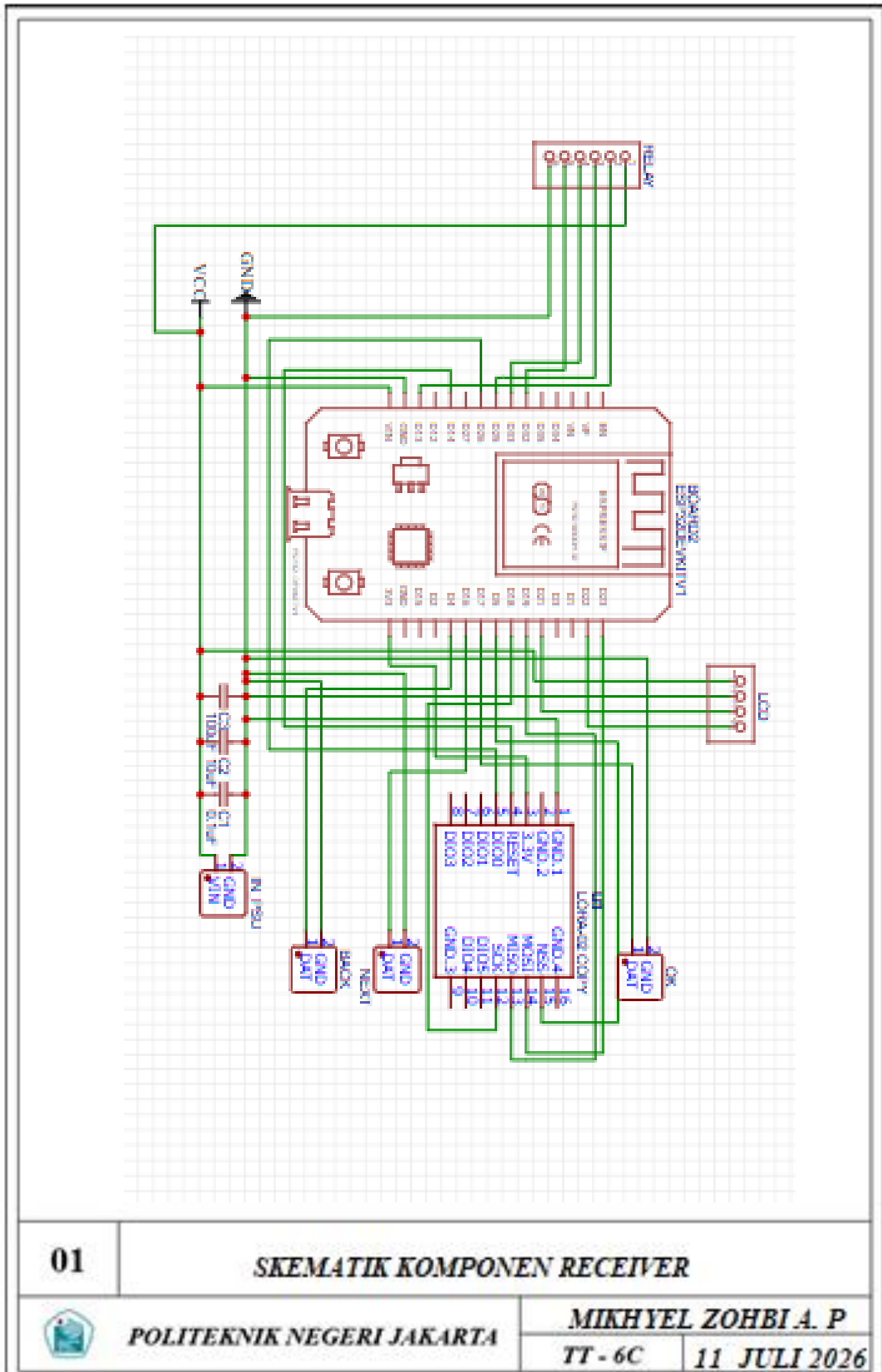


## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### 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

L-6. Skematik Komponen Receiver







## © 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

### L-7. Perancangan PCB TX



01

PERANCANGAN PCB TRANSMITTER



POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

MIKHYEL ZOHBI A. P.

TT - 6C

1 JULI 2026

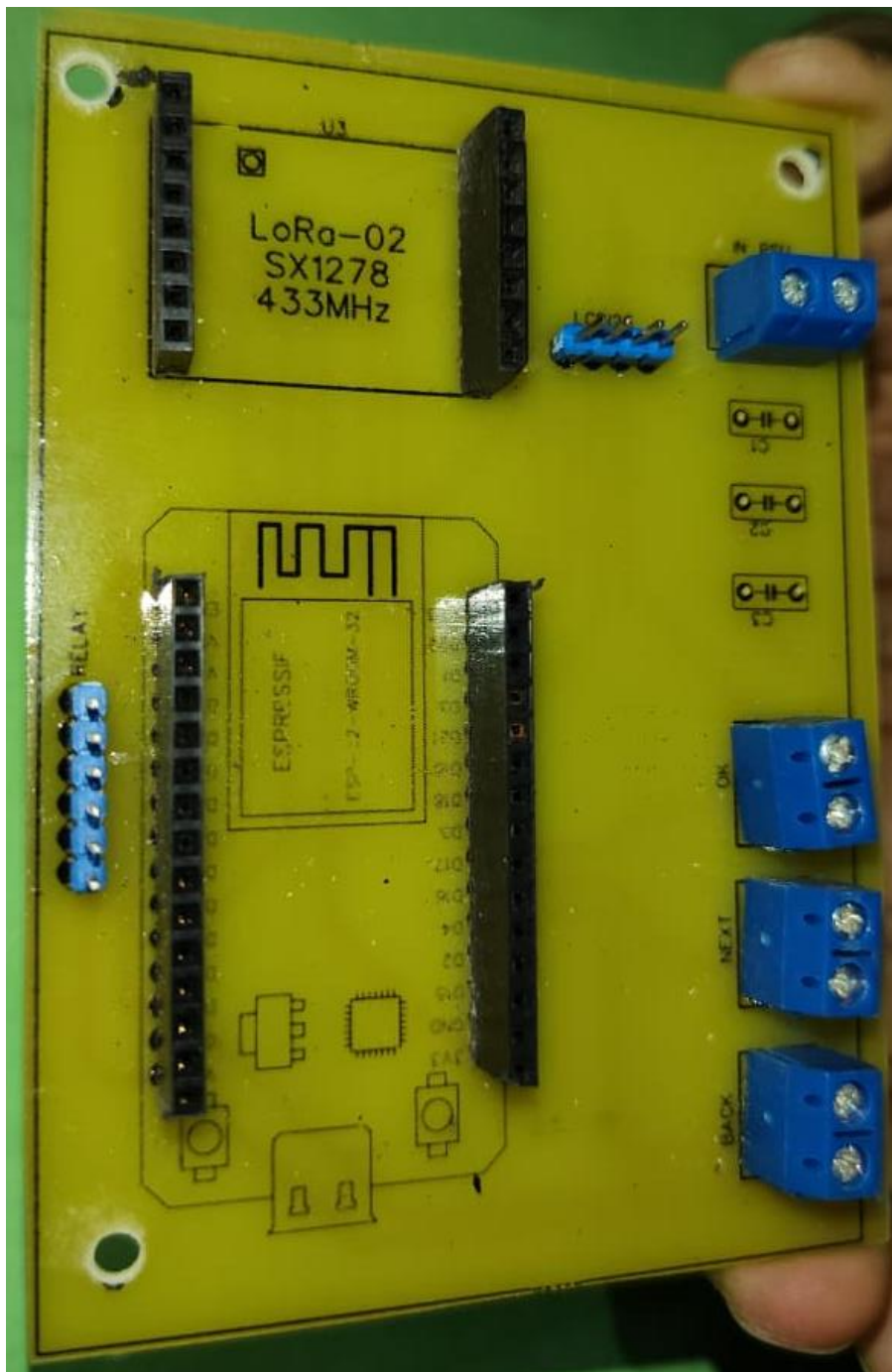


## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### 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

### L-8. Perancangan PCB RX



01

PERANCANGAN PCB RECEIVER



POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

MIKHYEL ZOHBI A. P.

TT - 6C

1 JULI 2026



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### L-9. Maket Alat

#### 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



01

MAKET ALAT



POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Mikhyel Zohbi A.P.

TT - 6C

1 JULI 2026