



© 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



**Badak LNG**

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL DAN  
MONITORING *REVERSE OSMOSIS* BERBASIS  
MIKROKONTROLER MELALUI *WEBSITE*  
PADA JARINGAN LOKAL**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Oleh:

**Julianus Handy Wijaya  
NIM. 2302319005**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN  
PROGRAM LNG ACADEMY  
KERJASAMA PNJ – PT. BADAK NGL  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
KONSENTRASI LISTRIK INSTRUMENTASI  
BONTANG  
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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Badak LNG**

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL DAN  
MONITORING *REVERSE OSMOSIS* BERBASIS  
MIKROKONTROLER MELALUI *WEBSITE* PADA  
JARINGAN LOKAL**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

**Julianus Handy Wijaya**  
**NIM. 2302319005**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN  
PROGRAM LNG ACADEMY  
KERJASAMA PNJ – PT. BADAQ NGL  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
KONSENTRASI LISTRIK INSTRUMENTASI  
BONTANG  
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



*“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk  
Tuhan, Papa, Mama, almamater, dan kekasihku, Abel Kasih”*

**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

**HALAMAN PERSETUJUAN  
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL DAN MONITORING  
REVERSE OSMOSIS BERBASIS MIKROKONTROLER MELALUI  
WEBSITE PADA JARINGAN LOKAL**

Oleh:  
Julianus Handy Wijaya  
NIM. 2302319005  
Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing I

Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi  
NIP. 198901312019031009

Pembimbing II

Ir. Charles Tampubolon, S.T., IPM  
No Pekerja. 132419

Kepala Program Studi

Nabila Yudisha, S.T., M.T  
NIP. 199311302023212045



**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

**HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL DAN MONITORING  
REVERSE OSMOSIS BERBASIS MIKROKONTROLER MELALUI  
WEBSITE PADA JARINGAN LOKAL**

Oleh:  
Julianus Handy Wijaya  
NIM. 2302319005  
Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

**DEWAN PENGUJI**

| No. | Nama                                                     | Posisi Penguji | Tanda Tangan | Tanggal    |
|-----|----------------------------------------------------------|----------------|--------------|------------|
| 1.  | Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi<br>NIP. 198901312019031009 | Ketua Penguji  |              | 8/7 2026   |
| 2.  | Dr. Sonki Prasetya, M.Sc.<br>NIP. 197512222008121003     | Penguji 1      |              | 08/07 2026 |
| 3.  | Prima Patriana, S.T., MBA, IPM<br>NIP. 133204            | Penguji 2      |              | 8/7 26     |

Depok, 8 Juli 2026  
Disahkan oleh:  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zamhuri, S.T., M.Si.  
NIP. 197602252000121002



**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

**LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Julianus Handy Wijaya

NIM : 2302319005

Program Studi : Teknik Mesin

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Bontang, 6 Juli 2026

Julianus Handy Wijaya

NIM. 2302319005



**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

## **RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL DAN *MONITORING REVERSE OSMOSIS* BERBASIS MIKROKONTROLER MELALUI *WEBSITE* PADA JARINGAN LOKAL**

**Julianus Handy Wijaya<sup>1)</sup>, Pribadi Mumpuni Adhi<sup>1)</sup>, Charles Tampubolon<sup>2)</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Diploma 3 Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI Depok, 16242

<sup>2</sup>PT Badak Natural Gas Liquefaction, Bontang, Kalimantan Timur, 75321

E-mail: [handywijaya755@gmail.com](mailto:handywijaya755@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Ketersediaan air bersih di Telihan Recycle memerlukan unit pengolahan yang mudah dioperasikan, dapat dipantau, dan mampu memberikan data proses secara kuantitatif. Tugas Akhir ini bertujuan merancang, membangun, dan menguji sistem kontrol serta monitoring reverse osmosis skala laboratorium berbasis ESP32 melalui website lokal. Sistem mengintegrasikan pompa, filter, membran RO, empat motorized valve yang berfungsi, satu ball valve manual sementara pada Valve 3, pressure transmitter, flow meter, sensor pH, sensor TDS, relay, dan kontaktor. Target pengujian meliputi operasi kontinu selama 60 menit, pembaruan pembacaan pH dan TDS setiap sekitar 3 detik sesuai interval program, respons perintah website kurang dari 1 detik, serta perhitungan pressure differential pada 15 titik pengamatan kondisi bersih, mulai jenuh, dan setelah backwash. Hasil pengujian menunjukkan flow meter memiliki error rata-rata 3,20% dan akurasi 96,80%, sedangkan PT-101 dan PT-102 memiliki akurasi rata-rata 99,22% dan 98,99%. Website lokal menampilkan SSID dalam 6,1 detik, membuka dashboard dalam 1,6 detik, merespons perintah START, STOP, dan RESET dalam 0,5-0,7 detik, serta pulih setelah koneksi terputus dalam 7,4 detik. Pada kondisi mulai jenuh, pressure differential filter meningkat sampai 1,70 bar dan debit permeat turun menjadi 0,48 L/menit. Backwash selama 5 menit menurunkan pressure differential filter menjadi 0,38 bar dan meningkatkan debit permeat menjadi 0,90 L/menit. Efisiensi penurunan TDS berada pada rentang 91,2-96,5%, efisiensi penurunan TSS 93,0-98,4%, dan pH produk 7,05-7,31. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi kontrol sekuensial, monitoring lokal, proteksi, dan evaluasi performa RO secara terintegrasi, meskipun otomatisasi Valve 3 masih memerlukan penyempurnaan.

Kata kunci: ESP32, reverse osmosis, sistem kontrol, monitoring, website lokal



**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

**ABSTRACT**

*Clean-water provision at Telihan Recycle requires a treatment unit that is easy to operate, can be monitored, and provides quantitative process data. This final project aimed to design, build, and test a laboratory-scale reverse osmosis control and monitoring system based on an ESP32 and a local website. The system integrates pumps, filters, an RO membrane, four functional motorized valves, one temporary manual ball valve at Valve 3, pressure transmitters, a flow meter, pH and TDS sensors, relays, and contactors. The test targets included 60 minutes of continuous operation, pH and TDS updates at approximately 3-second intervals according to the program setting, website command response below 1 second, and pressure-differential calculation at 15 observation points covering clean, progressively clogged, and post-backwash conditions. The tests showed that the flow meter had an average error of 3.20% and an accuracy of 96.80%, while PT-101 and PT-102 achieved average accuracies of 99.22% and 98.99%. The local website displayed the SSID in 6.1 seconds, opened the dashboard in 1.6 seconds, responded to START, STOP, and RESET commands within 0.5-0.7 seconds, and recovered from a disconnected Wi-Fi link in 7.4 seconds. Under a progressively clogged condition, the filter pressure differential increased to 1.70 bar and the permeate flow decreased to 0.48 L/min. A 5-minute backwash reduced the filter pressure differential to 0.38 bar and increased the permeate flow to 0.90 L/min. TDS reduction efficiency ranged from 91.2% to 96.5%, TSS reduction efficiency ranged from 93.0% to 98.4%, and product-water pH ranged from 7.05 to 7.31. These results indicate that the system integrates sequential control, local monitoring, protection, and RO performance evaluation, although the automation of Valve 3 still requires improvement.*

Keywords: control system, ESP32, local website, monitoring, reverse osmosis



**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 serta syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Reverse Osmosis Berbasis Mikrokontroler melalui Website pada Jaringan Lokal”**. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Ir. Anas Malik Abdillah, S.T., MBA, IPM, selaku Direktur LNG Academy, yang telah memberikan dukungan terhadap pelaksanaan kegiatan akademik dan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Pribadi Mumpuni Adhi, S.Si., M.Eng., selaku dosen pembimbing dari Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan bimbingan, masukan, serta arahan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Charles Tampubolon, S.T., IPM, selaku dosen pembimbing industri dari PT Badak NGL, yang telah memberikan arahan teknis, masukan, dan dukungan selama proses perancangan serta pengerjaan alat.
5. Ibu Nabila Yudisha, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, yang telah memberikan arahan dalam pelaksanaan Tugas Akhir.
6. Seluruh pihak dari Politeknik Negeri Jakarta dan PT Badak NGL yang telah membantu proses penyelesaian Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
7. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, dan kepercayaan selama penulis menjalani proses perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini.



## © 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

8. Abel Kasih, yang telah memberikan dukungan, semangat, dan pengertian selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Rekan-rekan LNG Academy Angkatan 13 yang telah memberikan bantuan, semangat, dan kebersamaan selama masa perkuliahan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar laporan ini dapat menjadi lebih baik. Penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, khususnya dalam bidang sistem kontrol, monitoring, dan pengolahan air.

Bontang, 6 Juli 2026



Julianus Handy Wijaya

NIM. 2302319005



**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**

|                                                        |      |
|--------------------------------------------------------|------|
| ABSTRAK .....                                          | iv   |
| ABSTRACT .....                                         | v    |
| KATA PENGANTAR .....                                   | vi   |
| DAFTAR ISI .....                                       | viii |
| DAFTAR TABEL .....                                     | x    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                    | xi   |
| DAFTAR RUMUS .....                                     | xii  |
| BAB I .....                                            | 1    |
| PENDAHULUAN .....                                      | 1    |
| 1.1 Latar Belakang Penulisan Laporan Tugas Akhir ..... | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                              | 5    |
| 1.3 Tujuan Penulisan Laporan Tugas Akhir .....         | 5    |
| 1.4 Manfaat Penulisan Laporan Tugas Akhir .....        | 6    |
| 1.5 Metode Penulisan Laporan Tugas Akhir .....         | 7    |
| 1.6 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir .....    | 8    |
| BAB II .....                                           | 9    |
| TINJAUAN PUSTAKA .....                                 | 9    |
| Dasar Sistem Kontrol pada Rancangan RO .....           | 9    |
| 2.1 Penelitian Terdahulu .....                         | 10   |
| 2.2 Air Sumur sebagai Air Umpan .....                  | 11   |
| 2.3 Parameter Kualitas Air .....                       | 12   |
| 2.4 Sistem Reverse Osmosis .....                       | 14   |
| 2.5 Membran RO .....                                   | 14   |
| 2.6 Pretreatment pada Sistem RO .....                  | 15   |
| 2.7 Post-Treatment .....                               | 16   |
| 2.8 Fouling dan Scaling pada Membran .....             | 17   |
| 2.9 Backwash dan Pembilasan Sistem .....               | 17   |
| 2.10 ESP32 sebagai Pusat Kontrol .....                 | 18   |
| 2.11 Website Lokal sebagai Antarmuka Monitoring .....  | 19   |
| 2.12 Sensor pada Sistem Monitoring .....               | 19   |
| 2.13 Relay dan Kontaktor .....                         | 20   |
| 2.14 Motorized Valve .....                             | 20   |
| 2.15 Panel Kontrol .....                               | 21   |
| 2.16 Mode Operasi Normal dan Backwash .....            | 22   |
| 2.17 Evaluasi Kinerja Sistem .....                     | 23   |
| 2.18 Sistem Kendali .....                              | 24   |
| 2.19 Internet of Things (IoT) .....                    | 25   |
| 2.20 Otomasi .....                                     | 26   |
| 2.21 Kerangka Berpikir .....                           | 28   |
| BAB III .....                                          | 29   |
| METODE Pengerjaan Tugas Akhir .....                    | 29   |
| 3.1 Diagram Alir Pengerjaan .....                      | 30   |
| 3.2 Penjelasan Langkah Kerja .....                     | 32   |
| 3.2.1 Perumusan Masalah .....                          | 32   |
| 3.2.2 Studi Literatur .....                            | 32   |



**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

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.3 Perancangan dan Desain Alat .....                             | 33 |
| 3.2.4 Perancangan Sistem Kontrol .....                              | 34 |
| 3.2.5 Diagram Alir Sistem Kontrol Sekuensial.....                   | 35 |
| 3.2.6 Perancangan Sistem Listrik.....                               | 37 |
| 3.2.7 Perancangan Beban AC.....                                     | 39 |
| 3.2.8 Perancangan Beban DC.....                                     | 42 |
| 3.2.9 Pemilihan Komponen.....                                       | 44 |
| 3.2.10 Perancangan dan Pemrograman Sistem .....                     | 50 |
| 3.2.11 Pengujian Rangkaian.....                                     | 57 |
| 3.2.12 Assembly dan Perancangan Panel Box .....                     | 58 |
| 3.2.13 Prosedur Pengujian Sistem Monitoring dan Website Lokal ..... | 60 |
| 3.2.14 Pengujian Alat.....                                          | 62 |
| 3.2.15 Analisis Sistem Sekuensial .....                             | 62 |
| 3.3 Metode Pemecahan Masalah.....                                   | 63 |
| BAB IV .....                                                        | 64 |
| PEMBAHASAN .....                                                    | 64 |
| 4.1 Pengujian Komponen Sistem .....                                 | 65 |
| 4.1.1 Pengujian Flow Meter .....                                    | 65 |
| 4.1.2 Pengujian Pressure Transmitter .....                          | 66 |
| 4.1.3 Pengujian Sensor pH dan TDS.....                              | 68 |
| 4.1.4 Pengujian Motorized Valve dan Relay .....                     | 68 |
| 4.1.5 Validasi Beban Daya dan Prosedur Pengukuran.....              | 69 |
| 4.2 Logika Kontrol Sekuensial Sistem RO .....                       | 72 |
| 4.3 Pengujian Tekanan, Debit, dan Pressure Differential .....       | 74 |
| 4.4 Pengujian Sistem Proteksi.....                                  | 77 |
| 4.5 Pengujian Website Lokal ESP32 .....                             | 78 |
| 4.6 Pengujian Performa Reverse Osmosis .....                        | 80 |
| 4.7 Pembahasan Umum.....                                            | 83 |
| BAB V.....                                                          | 84 |
| KESIMPULAN DAN SARAN.....                                           | 85 |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                | 85 |
| 5.2 Saran.....                                                      | 86 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                | 87 |



**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 TABEL**

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1.1 Perbandingan alternatif pemenuhan kebutuhan air di Telihan Recycle... | 4  |
| Tabel 2.1 Referensi terdahulu terkait sistem monitoring dan pengolahan air..... | 11 |
| Tabel 2.2 Parameter kualitas air dan posisi sensor pada sistem.....             | 13 |
| Tabel 2.3 Konfigurasi perintah motorized valve.....                             | 21 |
| Tabel 2.4 Jenis sistem kendali pada sistem RO .....                             | 25 |
| Tabel 2.5 Komponen otomasi dan fungsi pada sistem.....                          | 27 |
| Tabel 2.6 Kerangka berpikir perancangan sistem .....                            | 29 |
| Tabel 3.1 Perhitungan beban AC sistem.....                                      | 40 |
| Tabel 3.1a Skenario validasi beban AC dan metode pengukuran.....                | 41 |
| Tabel 3.2 Perhitungan beban DC sistem.....                                      | 43 |
| Tabel 3.2a Prosedur validasi catu daya DC .....                                 | 44 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi pompa .....                                               | 45 |
| Tabel 3.4 Spesifikasi ESP32 DOIT DevKit V1 .....                                | 45 |
| Tabel 3.5 Spesifikasi pressure transmitter Wisner WPT-83G .....                 | 46 |
| Tabel 3.6 Spesifikasi flow sensor FS-300A.....                                  | 46 |
| Tabel 3.7 Spesifikasi sensor pH.....                                            | 47 |
| Tabel 3.8 Spesifikasi sensor TDS .....                                          | 48 |
| Tabel 3.9 Konfigurasi relay dan posisi motorized valve .....                    | 48 |
| Tabel 3.10 Komponen panel kontrol.....                                          | 49 |
| Tabel 3.11 Dimensi panel box .....                                              | 50 |
| Tabel 3.12 Konfigurasi pin ESP32.....                                           | 56 |
| Tabel 3.13 Tahapan pengujian rangkaian .....                                    | 58 |
| Tabel 3.14 Parameter pengujian sistem monitoring dan website lokal.....         | 60 |
| Tabel 4.1 Nilai error dan akurasi flow meter .....                              | 65 |
| Tabel 4.2 Nilai error dan akurasi pressure transmitter.....                     | 67 |
| Tabel 4.3 Hasil pengujian kalibrasi sensor pH.....                              | 68 |
| Tabel 4.4 Hasil pengujian motorized valve dan relay .....                       | 69 |
| Tabel 4.5a Format validasi pengukuran beban daya.....                           | 70 |
| Tabel 4.5 Konfigurasi GPIO sistem ESP32 .....                                   | 74 |
| Tabel 4.6 Hasil pengujian saat filter dan membran bersih.....                   | 74 |
| Tabel 4.7 Hasil pengujian saat filter dan membran mulai jenuh.....              | 75 |
| Tabel 4.8 Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah backwash .....               | 76 |
| Tabel 4.9 Hasil pengujian force shutdown.....                                   | 77 |
| Tabel 4.10 Hasil pengujian pump trip system.....                                | 77 |
| Tabel 4.11 Hasil pengujian website lokal ESP32 .....                            | 79 |
| Tabel 4.12a Hasil pengujian kontinu sistem selama 60 menit.....                 | 80 |
| Tabel 4.12 Hasil pengujian TDS, TSS, debit permeat, dan pH produk .....         | 81 |



**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 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir .....                                            | 31 |
| Gambar 3.2 Process Flow Diagram sistem RO Teliha Recycle.....                                   | 33 |
| Gambar 3.3 P&ID sistem kontrol dan monitoring RO berbasis ESP32 .....                           | 34 |
| Gambar 3.4 Diagram alir sistem kontrol sekuensial setelah revisi .....                          | 36 |
| Gambar 3.5 Single line diagram jaringan kelistrikan panel kontrol .....                         | 38 |
| Gambar 3.6 Perancangan beban AC sistem .....                                                    | 39 |
| Gambar 3.7 Perancangan beban DC sistem .....                                                    | 42 |
| Gambar 3.7a Potongan kode inisialisasi pin, kondisi aman relay, dan SoftAP ESP32.....           | 53 |
| Gambar 3.7b Potongan kode pembacaan sensor dengan interval millis() 3 detik .53                 |    |
| Gambar 3.7c Potongan kode state machine mode normal, backwash, trip, dan lockout.....           | 54 |
| Gambar 3.7d Potongan kode handler tombol START, STOP, RESET, dan FLUSH pada website lokal ..... | 55 |
| Gambar 3.8 Layout perancangan panel box.....                                                    | 59 |
| Gambar 3.9 Skema pengujian sistem monitoring dan website lokal .....                            | 60 |
| Gambar 4.1a Skema pengujian sistem kontrol, hidrolik, dan kualitas air.....                     | 64 |
| Gambar 4.1 Grafik error dan akurasi flow meter .....                                            | 66 |
| Gambar 4.2 Perbandingan pressure differential filter dan membran RO.....                        | 75 |
| Gambar 4.3 Tren debit saat filter dan membran mulai jenuh .....                                 | 76 |
| Gambar 4.4 Tampilan website lokal Dashboard Penjernih Air Teliha .....                          | 79 |
| Gambar 4.5 Rata-rata efisiensi penurunan TDS dan TSS.....                                       | 82 |
| Gambar 4.6 Rata-rata pH produk berdasarkan TDS umpan .....                                      | 83 |

**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

**DAFTAR RUMUS**

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Rumus 2.1 Recovery sistem RO .....                    | 23 |
| Rumus 2.2 Rejection membran RO .....                  | 23 |
| Rumus 2.3 Konversi tegangan pressure transmitter..... | 23 |
| Rumus 2.4 Konversi frekuensi flow sensor FS-300A..... | 23 |
| Rumus 3.1 Perhitungan arus beban AC .....             | 39 |
| Rumus 3.2 Perhitungan arus beban DC .....             | 42 |
| Rumus 4.1 Perhitungan error flow meter .....          | 65 |
| Rumus 4.2 Perhitungan akurasi flow meter .....        | 65 |
| Rumus 4.3 Pembagi tegangan pressure transmitter ..... | 67 |
| Rumus 4.4 Persamaan kalibrasi sensor pH .....         | 68 |
| Rumus 4.5 Efisiensi penurunan TDS .....               | 80 |
| Rumus 4.6 Efisiensi penurunan TSS.....                | 81 |





**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

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penulisan Laporan Tugas Akhir

Kebutuhan terhadap air bersih masih menjadi salah satu persoalan penting pada berbagai lokasi kegiatan masyarakat, terutama pada wilayah atau fasilitas yang belum memiliki akses air siap pakai secara memadai. Air dibutuhkan tidak hanya untuk konsumsi, tetapi juga untuk kegiatan operasional, kebersihan, dan aktivitas pendukung lainnya. Laporan WHO/UNICEF tahun 2025 menunjukkan bahwa akses terhadap air bersih yang dikelola secara aman masih belum merata di berbagai wilayah, sehingga pengembangan sistem pengolahan air yang sederhana, terukur, dan mudah dioperasikan masih diperlukan (WHO and UNICEF, 2025). Di Indonesia, kualitas air juga perlu mengacu pada persyaratan kesehatan lingkungan sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023, yang memuat parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi untuk media air (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Permasalahan tersebut juga relevan dengan salah satu program CSR PT Badak NGL, yaitu Telihan Recycle. Telihan Recycle merupakan mitra binaan yang bergerak dalam kegiatan pemanfaatan limbah aluminium menjadi produk bernilai guna (ANTARA News, 2022). Selain menjadi tempat produksi, lokasi ini juga berpotensi menjadi tempat kegiatan masyarakat, pelatihan, dan aktivitas pendukung program pemberdayaan. Namun, kebutuhan air di lokasi tersebut masih bergantung pada sumber air sumur. Kondisi ini menyebabkan ketersediaan air bersih belum sepenuhnya praktis, karena air perlu diambil dari sumber yang tersedia dan belum memiliki sistem pengolahan terintegrasi yang dapat memantau kualitas air serta mengatur proses pengolahan secara otomatis.

Air sumur dipilih sebagai objek air baku karena merupakan sumber air yang tersedia langsung di lingkungan Telihan Recycle. Pemilihan air sumur juga didasarkan pada kondisi riil di lapangan, yaitu belum tersedianya sistem pengolahan air yang dapat membantu mengubah air baku menjadi air hasil olahan yang lebih layak digunakan. Karakteristik air sumur dapat berbeda-beda bergantung pada



## © 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

kondisi tanah, lingkungan sekitar, kandungan mineral, serta potensi kontaminan. Oleh karena itu, penggunaan air sumur sebagai air umpan pada sistem pengolahan perlu disertai pemantauan parameter seperti tekanan, laju alir, pH, dan *total dissolved solids* (TDS). Parameter tersebut penting untuk mengetahui kondisi proses, mengevaluasi performa sistem, dan memastikan alat bekerja sesuai rancangan.

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk pengolahan air adalah *reverse osmosis* (RO). Sistem RO bekerja dengan memanfaatkan membran semipermeabel untuk menurunkan kandungan zat terlarut dalam air. Kinerja membran RO dipengaruhi oleh kualitas air umpan, tekanan operasi, laju alir, serta kondisi *pretreatment* sebelum air masuk ke membran (DuPont Water Solutions, 2026). Pada sistem RO, air umpan umumnya perlu melalui beberapa tahap awal seperti filter, *cartridge filter*, dan pompa pendorong sebelum masuk ke membran. Tahapan tersebut diperlukan agar partikel kasar, padatan tersuspensi, dan pengotor tertentu tidak langsung membebani membran. Dengan demikian, sistem RO tidak hanya membutuhkan rangkaian proses mekanik, tetapi juga membutuhkan sistem kontrol dan *monitoring* agar proses berjalan lebih terukur.

Pada sistem pengolahan air yang masih dioperasikan secara manual, pemantauan kondisi alat dan pengendalian komponen sering kali bergantung pada operator. Hal ini dapat menyulitkan proses pengoperasian, terutama ketika sistem melibatkan beberapa pompa, *relay*, sensor, dan *motorized valve*. Kesalahan pengoperasian dapat terjadi apabila alur proses tidak dikendalikan dengan baik, misalnya pada saat perpindahan mode operasi normal ke mode *backwash*. Selain itu, tanpa sistem *monitoring*, operator tidak dapat melihat parameter proses secara langsung, sehingga evaluasi kinerja alat menjadi kurang praktis.

Perkembangan mikrokontroler memungkinkan sistem kontrol dan *monitoring* dibuat lebih sederhana dan ekonomis. ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler yang memiliki fitur Wi-Fi, sehingga dapat digunakan sebagai pengendali utama sekaligus *web server* lokal. Melalui konfigurasi *Access Point*, ESP32 dapat membuat jaringan Wi-Fi sendiri sehingga perangkat pengguna dapat mengakses halaman *website* lokal tanpa koneksi internet (Espressif Systems,



**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

2026a). Penelitian terkait sistem *monitoring* kualitas air berbasis mikrokontroler juga menunjukkan bahwa parameter seperti pH, TDS, suhu, tekanan, dan laju alir dapat dibaca menggunakan sensor dan ditampilkan melalui antarmuka digital (Dhanalakshmi et al., 2023; Sugiharto et al., 2023).

Berdasarkan kondisi tersebut, Tugas Akhir ini berfokus pada rancang bangun sistem kontrol dan *monitoring reverse osmosis* berbasis ESP32 melalui *website* lokal. Sistem yang dibuat menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali untuk membaca sensor, mengendalikan *relay*, mengatur *motorized valve*, dan menampilkan data proses kepada pengguna. Rangkaian proses yang dikendalikan meliputi *well pump*, *first reservoir*, *feed pump*, *filter*, *cartridge filter*, *booster pump*, membran RO, unit *post-treatment*, dan *product tank*. Dengan rancangan ini, sistem diharapkan dapat membantu pengolahan air di Telihan Recycle agar lebih mudah dipantau, dikendalikan, dan dikembangkan sesuai kebutuhan operasional.

Secara umum, penelitian ini penting karena menghubungkan kebutuhan nyata di lapangan dengan penerapan sistem kontrol sederhana berbasis mikrokontroler. Alat yang dibuat tidak hanya berfungsi sebagai prototipe laboratorium, tetapi juga sebagai dasar pengembangan sistem pengolahan air yang dapat diterapkan pada lokasi dengan sumber air sumur. Dengan adanya sistem kontrol dan *monitoring*, proses pengolahan air dapat dilakukan secara lebih terarah, parameter penting dapat diamati, dan mode operasi seperti normal maupun *backwash* dapat dikendalikan melalui antarmuka yang lebih praktis.



**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

Masalah utama di Telihan Recycle bukan hanya ketersediaan sumber air sumur, tetapi belum adanya unit yang dapat mengolah air sekaligus memperlihatkan kondisi proses. Penggunaan air sumur secara langsung memang lebih sederhana, tetapi operator tidak memperoleh informasi mengenai tekanan, debit, pH, dan TDS secara terpadu. Pembelian air RO dari luar dapat menyediakan air olahan, tetapi menimbulkan ketergantungan terhadap suplai dan biaya pembelian berulang. Sistem yang dirancang dalam Tugas Akhir ini ditujukan untuk mengurangi kedua keterbatasan tersebut dengan memanfaatkan sumber air yang tersedia dan memusatkan fungsi kontrol serta monitoring pada satu alat.

Tabel 1.1 Perbandingan alternatif pemenuhan kebutuhan air di Telihan Recycle

| Alternatif                            | Karakteristik operasi                                                          | Keterbatasan                                                                            | Indikator efisiensi                                                        |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Menggunakan air sumur secara langsung | Air diambil dari sumber dan digunakan tanpa monitoring terintegrasi            | Kualitas air tidak terpantau secara kontinu dan operasi bergantung pada tindakan manual | Tidak memiliki data tekanan, debit, pH, dan TDS secara terintegrasi        |
| Membeli air RO dari luar              | Air produk siap digunakan tanpa mengoperasikan unit pengolahan                 | Bergantung pada jadwal pasokan, transportasi, dan biaya pembelian berulang              | Praktis untuk volume kecil, tetapi tidak mandiri                           |
| Menggunakan prototipe RO Telihan      | Air sumur diolah, dikontrol, dan dipantau melalui satu panel dan website lokal | Memerlukan listrik, perawatan filter, dan penyempurnaan Valve 3                         | Debit permeat 0,48-1,15 L/menit atau 28,8-69,0 L/jam berdasarkan hasil uji |

Sumber: Data diolah berdasarkan kondisi operasi dan hasil pengujian Bab IV

Berdasarkan Tabel 1.1, prototipe RO memberikan keunggulan utama berupa kemandirian pengolahan dan tersedianya data proses. Pada debit permeat 0,48-1,15 L/menit, satu wadah 19 liter dapat diproduksi dalam sekitar 16,5-39,6 menit. Perhitungan tersebut tidak dimaksudkan sebagai analisis ekonomi, tetapi menunjukkan kapasitas operasi alat dibandingkan pengambilan dan pemantauan air secara manual.



**Hak Cipta :**

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

Dengan demikian, alat yang dikembangkan dapat dinyatakan lebih efisien dari sisi operasi karena mengurangi pemindahan valve, pembacaan instrumen, dan pengawasan proses secara manual.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem kontrol serta *monitoring reverse osmosis* berbasis ESP32 yang dapat digunakan pada unit pengolahan air?
2. Bagaimana mengintegrasikan sensor tekanan, *flow sensor*, pH meter, dan TDS meter agar parameter proses dapat terbaca dan ditampilkan melalui *website* lokal?
3. Bagaimana mengendalikan pompa dan *motorized valve* menggunakan *relay* agar sistem dapat bekerja pada mode operasi normal dan *backwash*?
4. Bagaimana memastikan sistem kontrol, aktuator, sensor, dan antarmuka *website* lokal dapat bekerja sesuai fungsi yang dirancang?
5. Bagaimana sistem yang dirancang dapat meningkatkan efisiensi operasional pengolahan air di Telihan Recycle dibandingkan penggunaan air sumur secara langsung atau pembelian air RO dari luar?

### 1.3 Tujuan Penulisan Laporan Tugas Akhir

Tujuan penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem kontrol serta *monitoring reverse osmosis* berbasis ESP32 yang mampu beroperasi kontinu sekurang-kurangnya 60 menit pada unit pengolahan air skala laboratorium.
2. Mengintegrasikan pressure transmitter, flow sensor, sensor pH, dan sensor TDS dengan ESP32 agar data proses dapat diperbarui pada *website* lokal setiap sekitar 3 detik.
3. Membuat sistem pengendalian pompa dan empat *motorized valve* yang berfungsi, dengan Valve 3 sementara menggunakan ball valve manual, untuk



**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

mendukung mode operasi normal, flush, backwash, STOP, dan emergency stop.

4. Menguji sistem dengan target respons perintah website kurang dari 1 detik, akurasi flow meter lebih dari 95%, akurasi pressure transmitter lebih dari 98%, serta pressure differential dapat dihitung pada kondisi bersih, mulai jenuh, dan setelah backwash.
5. Mengevaluasi performa proses berdasarkan debit permeat, perubahan pressure differential, efektivitas backwash, efisiensi penurunan TDS dan TSS, serta kestabilan pH produk sebagai dasar pengembangan alat di Telihan Recycle.

#### 1.4 Manfaat Penulisan Laporan Tugas Akhir

Manfaat dari penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran mengenai proses rancang bangun sistem kontrol dan *monitoring reverse osmosis* berbasis ESP32.
2. Menjadi referensi awal dalam pengembangan sistem pengolahan air yang dilengkapi pemantauan sensor dan pengendalian aktuator secara lokal.
3. Membantu proses pengoperasian sistem RO melalui tampilan *website* lokal yang dapat diakses menggunakan perangkat pengguna pada jaringan Wi-Fi ESP32.
4. Memberikan pengalaman praktis dalam integrasi komponen mekanik, kelistrikan, instrumentasi, sensor, *relay*, pompa, dan *motorized valve*.
5. Memberikan rancangan alat yang dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung kebutuhan pengolahan air berbasis air sumur pada lingkungan Telihan Recycle PT Badak NGL.
6. Menjadi dasar pengujian lanjutan terhadap performa sistem RO, terutama pada variasi kualitas air umpan dan pengaruh durasi *backwash* terhadap pemulihan performa sistem.



**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

## 1.5 Metode Penulisan Laporan Tugas Akhir

Metode penulisan Laporan Tugas Akhir ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah studi literatur mengenai sistem *reverse osmosis*, kebutuhan *pretreatment*, parameter kualitas air, sistem kontrol berbasis ESP32, sensor, *relay*, dan *motorized valve*. Studi literatur digunakan untuk memahami dasar perancangan sistem serta menentukan komponen yang sesuai dengan kebutuhan alat.

Tahap kedua adalah observasi kebutuhan lapangan pada lingkungan Telihan Recycle sebagai salah satu program CSR PT Badak NGL. Observasi ini digunakan untuk memahami kondisi penggunaan air, sumber air yang tersedia, serta alasan pemilihan air sumur sebagai air baku pada sistem pengolahan. Informasi tersebut menjadi dasar dalam menentukan arah rancangan alat agar tidak hanya bersifat prototipe laboratorium, tetapi juga memiliki keterkaitan dengan kebutuhan lapangan.

Tahap ketiga adalah perancangan sistem, yang meliputi penyusunan alur proses pengolahan air, pemilihan komponen utama, perancangan panel kontrol, serta penentuan jalur sensor dan aktuator. Sistem dirancang menggunakan ESP32 sebagai pengendali utama, sensor sebagai pembaca parameter proses, *relay* sebagai penghubung sinyal kontrol ke aktuator, dan *website* lokal sebagai antarmuka pengguna.

Tahap keempat adalah perakitan dan pengujian fungsional. Pengujian dilakukan untuk memastikan pompa, *motorized valve*, sensor, panel kontrol, dan *website* lokal bekerja sesuai rancangan. Mode operasi normal dan *backwash* diuji untuk memastikan perubahan arah aliran dapat dilakukan melalui pengendalian aktuator. Hasil pengujian kemudian digunakan sebagai dasar pembahasan mengenai keberhasilan sistem dan potensi pengembangannya.



**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

## 1.6 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai berikut:

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori dan referensi yang digunakan sebagai dasar perancangan alat. Pembahasan meliputi sistem RO, air umpan, parameter kualitas air, membran RO, *pretreatment*, *fouling*, *backwash*, ESP32, sensor, aktuator, serta sistem *website* lokal.

### BAB III METODE Pengerjaan Tugas Akhir

Menjelaskan tahapan pengerjaan alat, mulai dari perancangan alur proses, pemilihan komponen, perakitan panel kontrol, integrasi sensor dan aktuator, hingga prosedur pengujian fungsional sistem.

### BAB IV PEMBAHASAN

Berisi hasil rancang bangun dan pengujian sistem. Bab ini membahas kinerja sistem kontrol, pembacaan sensor, pengendalian pompa dan *motorized valve*, tampilan *website* lokal, serta evaluasi mode operasi normal dan *backwash*.

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari hasil pengerjaan Tugas Akhir serta saran untuk pengembangan sistem pada tahap berikutnya.

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

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kontrol serta monitoring *reverse osmosis* berbasis ESP32 untuk pengolahan air sumur pada program Telihan Recycle, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Sistem kontrol sekuensial berbasis microcontroller ESP32 berhasil menjalankan mode STANDBY, normal, flush, backwash, STOP, emergency stop, pump trip, dan RESET. Pembacaan sensor pada dashboard diperbarui setiap sekitar 3 detik sesuai interval program. Sistem juga dapat menjalankan pengujian kontinu selama 60 menit tanpa hang atau reset berulang, sedangkan logika revisi menyediakan pengulangan backwash maksimal dua kali sebelum sistem masuk alarm atau lockout.
- b. Sistem monitoring berbasis website lokal berhasil dijalankan melalui access point ESP32 tanpa internet. SSID AIR-TELIHAN muncul dalam 6,1 detik, halaman 192.168.4.1 terbuka dalam 1,6 detik, perintah START, STOP, dan RESET direspons dalam 0,5-0,7 detik, dan koneksi dapat dipulihkan dalam 7,4 detik. Nilai tersebut menunjukkan bahwa antarmuka lokal cukup responsif untuk pengoperasian di sekitar alat.
- c. Rangkaian panel kontrol telah disusun dengan pemisahan jalur AC dan DC serta dilengkapi single line diagram. Arus terhubung maksimum berdasarkan adalah sekitar 7,14 A, sedangkan arus simultan konservatif pada mode normal sekitar 5,28 A. Setelah diberikan margin desain 25%, arus desain menjadi 6,60 A sehingga MCB utama C10 dapat digunakan. Beban DC maksimum dihitung 1,566 A atau 1,958 A setelah margin, masih di bawah kapasitas adaptor 5 VDC 3 A..



**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. Hasil pengujian sensor menunjukkan flow meter memiliki error rata-rata 3,20% dan akurasi 96,80%. Pressure transmitter PT-101 memiliki error rata-rata 0,78% dengan akurasi 99,22%, sedangkan PT-102 memiliki error rata-rata 1,01% dengan akurasi 98,99%. Pressure differential dihitung pada 15 titik pengamatan yang terdiri atas enam titik kondisi bersih, enam titik kondisi mulai jenuh, dan tiga kondisi sebelum serta setelah backwash.
- e. Kinerja proses menunjukkan bahwa pada kondisi bersih debit permeat berada pada 1,03-1,10 L/menit dan pressure differential filter 0,22-0,24 bar. Pada kondisi mulai jenuh, pressure differential filter meningkat sampai 1,70 bar dan debit permeat turun menjadi 0,48 L/menit. Backwash selama 5 menit menurunkan pressure differential filter menjadi 0,38 bar dan meningkatkan debit permeat menjadi 0,90 L/menit. Efisiensi penurunan TDS berada pada 91,2-96,5%, efisiensi TSS 93,0-98,4%, dan pH produk 7,05-7,31. Sistem layak digunakan sebagai prototipe, tetapi otomatisasi Valve 3 masih perlu diselesaikan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengerjaan dan kendala yang ditemukan selama proses perancangan serta pengujian, berikut adalah saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut:

- a. Pengujian *motorized valve* perlu dilanjutkan, terutama pada valve yang sementara masih digantikan dengan *ball valve*. Pemeriksaan perlu dilakukan pada jalur kabel, logika *relay*, posisi A-B dan A-C, serta kondisi mekanik valve agar seluruh mode normal dan *backwash* dapat berjalan otomatis sesuai rancangan.
- b. Instalasi kabel pada panel kontrol sebaiknya dirapikan kembali menggunakan jalur kabel, label, dan penomoran terminal yang lebih konsisten. Hal ini penting karena sistem menggunakan banyak sambungan antara MCB,



## © 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

kontaktor, terminal block, *relay module*, sensor, dan ESP32, sehingga kerapian panel akan sangat membantu proses perawatan dan pencarian gangguan.

- c. Sensor pH dan TDS perlu dikalibrasi secara berkala menggunakan larutan standar agar hasil pembacaan lebih akurat. Selain itu, pembacaan sensor analog perlu diuji terhadap alat ukur pembanding untuk mengetahui nilai *error* dan kestabilan pembacaan sebelum digunakan sebagai dasar evaluasi kualitas air.
- d. Sistem *website* lokal dapat dikembangkan dengan fitur pencatatan data atau *data logging*, sehingga hasil pembacaan pH, TDS, tekanan, dan laju alir dapat disimpan untuk analisis performa RO dalam jangka waktu tertentu. Fitur ini akan membantu proses evaluasi membran, efektivitas filtrasi, dan perubahan kualitas air selama operasi.
- e. Sistem proteksi dapat ditingkatkan dengan penambahan logika alarm yang lebih lengkap, misalnya alarm tekanan tinggi, laju alir rendah, kegagalan valve, dan indikasi *dry running* pada pompa. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai monitoring, tetapi juga mampu membantu mencegah kerusakan komponen akibat kondisi operasi yang tidak normal.

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

**DAFTAR PUSTAKA**

- ANTARA News. (2022, Desember). *UMKM binaan Badak NGL Bontang olah sampah jadi baling-baling kapal*.
- Bolton, W. (2019). *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering (7th ed.)*. Pearson.
- Dhanalakshmi, N., Mary, J., Kumar, S., S. V., & Devaki, P. (2023). *IoT based water quality monitoring system*. *IRO Journal on Sustainable Wireless Systems*, 5(1), 30–39.
- DuPont Water Solutions. (2022). *Cleaning Procedures for FilmTec Elements (Form No. 45-D01696-en, Rev. 12)*. DuPont.
- DuPont Water Solutions. (2026). *FilmTec Reverse Osmosis/Nanofiltration Membranes Technical Manual (Version 19)*. DuPont.
- Dvorak, B. I., & Skipton, S. O. (2013). *Drinking Water Treatment: Activated Carbon Filtration*. Nebraska Extension.
- Espressif Systems. (2026a). *ESP32 Wi-Fi & Bluetooth SoC documentation*. <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/documentation>
- Espressif Systems. (2026b). *ESP-Arduino WiFiAP documentation*. <https://documentation.espressif.com/projects/arduino-esp32/en/latest/api/wifi.html>
- Hasib, A., Akib, A. S. M. A. S., & Giri, A. (2026). *HydroSense: A dual-microcontroller IoT framework for real-time multi-parameter water quality monitoring with edge processing and cloud analytics*. arXiv preprint arXiv:2601.21595.
- IEC. (2025). *IEC 61131-3:2025 Programmable controllers – Part 3: Programming languages*. International Electrotechnical Commission.
- ISO/IEC. (2024). *ISO/IEC 30141:2024 Internet of Things (IoT) – Reference Architecture*. International Organization for Standardization.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan*. 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

Badan Standardisasi Nasional. (2020a). *SNI 0225-4-43:2020 Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020 - Bagian 4-43: Proteksi untuk keselamatan - Proteksi terhadap arus lebih*. Jakarta: BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2020b). *SNI 0225-5-52:2020 Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020 - Bagian 5-52: Pemilihan dan pemasangan peralatan listrik - Sistem perkawatan*. Jakarta: BSN.

Schneider Electric. (2017). *LC1D09M7 TeSys D contactor product data sheet: 3P, 9 A, 220 V AC coil*. Schneider Electric.

Nise, N. S. (2019). *Control Systems Engineering (8th ed.)*. Wiley.

PT Badak NGL. (2026, Mei). *In Response to the Energy Transition and New Gas Supplies, Badak LNG Aims to Optimize Its Business Capabilities*.

Sugiharto, W. H., Susanto, H., & Prasetijo, A. B. (2023). *Real-time water quality assessment via IoT: Monitoring pH, TDS, temperature, and turbidity*. *Ingénierie des Systèmes d'Information*, 28(4), 823–831.

United States Environmental Protection Agency. (2026). *Overview of Drinking Water Treatment Technologies*. <https://www.epa.gov/sdwa/overview-drinking-water-treatment-technologies>

World Health Organization & United Nations Children's Fund. (2025). *Progress on Household Drinking Water, Sanitation and Hygiene 2000–2024: Special Focus on Inequalities*. WHO and UNICEF.