



**RANCANG BANGUN SISTEM DOSING NUTRISI OTOMATIS
BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN KENDALI PID DAN
PEMANTAUAN IOT**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Disusun oleh:

Fahren Diaz

40040622650059

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN SISTEM DOSING NUTRISI OTOMATIS BERBASIS
ESP32 MENGGUNAKAN KENDALI PID DAN PEMANTAUAN IOT**

Diajukan oleh :

Fahren Diaz

40040622650059

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

Dosen Pembimbing



Fakhruddin Mangkusamito, S.T., M.T.
NIP. 198908202019031012

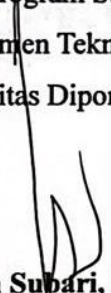
Tanggal **06 Oktober 2026**

Mengetahui

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri

Departemen Teknik Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



Arkhan Supari, S.T., M.Kom.
NIP. 197710012001121002

Tanggal **07 Oktober 2026**

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM DOSING NUTRISI OTOMATIS BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN KENDALI PID DAN PEMANTAUAN IOT

Diajukan oleh :

Fahren Diaz

40040622650059

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal :

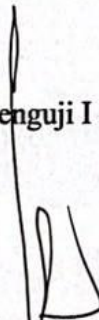
Hari : Selasa
Tanggal : 29 September 2026

Ketua Penguji



Dista Yoel Tadeus, S.T., M.T.
NIP. 1988122820150410002

Penguji I



Arkhan Subari, S.T., M.Kom.
NIP. 197710012001121002

Penguji II



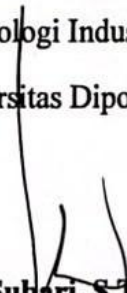
Fakhruddin Mangkusasmitho, S.T., M.T.
NIP. 198908202019031012

Mengetahui,

Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro



Arkhan Subari, S.T. M.Kom.
NIP. 197710012001121002

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fahren Diaz
NIM : 40040622650059
Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Dosing Nutrisi Otomatis
Berbasis ESP32 Menggunakan Kendali PID dan
Pemantauan IoT

Dengan ini menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dituliskan atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 tahun 2010 dan peraturan perundang – undangan yang berlaku.

Semarang, 25 September 2026



Fahren Diaz
NIM. 40040622650059

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur yang tak terhingga penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas selesainya penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Karya sederhana ini tidak akan pernah terwujud tanpa adanya doa, bimbingan, dukungan, dan kasih sayang dari berbagai pihak yang sangat berarti. Oleh karena itu, dengan penuh rasa syukur, karya ini saya persembahkan kepada:

1. Tuhan yang Maha Esa, atas segala penyertaan, kasih karunia, dan kebaikan-Nya yang sangat luar biasa dalam setiap langkah hidup saya, sehingga saya diberikan kekuatan dan kemudahan untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua, Bapak dan Mama. Tiada kata yang cukup untuk menggambarkan betapa besar cinta, pengorbanan, dan doa yang telah kalian curahkan. Setiap tetes keringat dan setiap doa yang kalian panjatkan menjadi kekuatan bagi langkah-langkah penulis. Karya ini adalah bukti kecil dari segala harapan dan ajaran yang telah kalian tanamkan sejak kecil. Terima kasih atas segalanya.
3. Kakak dan Adik saya, terima kasih atas segala dukungan, nasihat, dan semangat yang selalu diberikan agar saya terus melangkah maju dan pantang menyerah.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri. Terima kasih atas dedikasinya dalam memimpin program studi tempat saya menimba ilmu.
6. Fakhrudin Mangkusasmito, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan sabar memberikan ilmu, bimbingan, serta arahan selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

7. Seluruh staf pengajar dan karyawan Program Studi Teknik Listrik Industri, atas segala bantuan dan ilmu yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
8. Arsyad Azharuddin dan Naren Dramardhani Sasda yang sudah banyak membantu saya dalam mempersiapkan segala keperluan untuk seminar hasil saya hingga sidang akhir.
9. Teman-teman sejurusan Teknik Listrik Industri angkatan 2022, atas kebersamaan, solidaritas, dan kenangan luar biasa yang kita lewati bersama selama menempuh masa perkuliahan.
10. Serta seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan alat tugas akhir ini.

ABSTRAK

Pengelolaan nutrisi pada sistem hidroponik modern membutuhkan tingkat presisi yang tinggi untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman. Pengendalian nilai konsentrasi nutrisi dalam satuan *Part Per Million* secara manual maupun menggunakan sistem On/Off konvensional seringkali tidak efisien dan rentan memicu fenomena *overshoot*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun prototipe sistem *dosing* nutrisi otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi dengan algoritma kendali *Proportional-Integral-Derivative* adaptif dan terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things*. Sistem ini menggunakan sensor *Total Dissolved Solids* untuk membaca kepekatan larutan, sensor suhu DS18B20 untuk kompensasi suhu air, dan tiga unit aktuator pompa peristaltik DC yang dikendalikan melalui modul driver L298N menggunakan sinyal PWM. Algoritma penjadwalan *gain* heuristik (*auto-tuning*) diterapkan agar parameter PID dapat menyesuaikan nilainya secara dinamis terhadap besaran nilai *error* aktual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode PID adaptif mampu merespons dengan cepat dan mendarat secara stabil tanpa lonjakan berlebih. Pada pengujian kenaikan dengan setpoint 400 PPM, sistem berhasil mencapai waktu naik (*rise time*) dalam 215,6 detik dengan *overshoot* yang sangat minim di angka 0,20%, serta nilai *steady-state error* sebesar 5,07 PPM. Sistem ini juga terbukti tangguh dalam mengatasi gangguan eksternal mendadak berupa penambahan air murni, dengan catatan waktu pemulihan 96,5 detik dan toleransi *overshoot* maksimal 5,00%. Selain itu, integrasi infrastruktur IoT melalui platform Blynk, pencatatan otomatis di Google Spreadsheet, dan keberadaan *Local Web Server* telah berhasil memfasilitasi pengguna untuk memantau kelancaran operasional secara *real-time* dari jarak jauh. Kesimpulannya, rancang bangun alat ini efektif dalam mengatasi kelemahan sistem kendali statis dan mampu memberikan efisiensi kerja yang tinggi pada budidaya pertanian.

Kata Kunci: Hidroponik, ESP32, PID Adaptif, Sensor TDS, Internet of Things (IoT), Dosing Otomatis.

ABSTRACT

Nutrient management in modern hydroponic systems requires a high level of precision to optimize plant growth. Controlling nutrient concentration values in Parts Per Million manually or using conventional On/Off systems is often inefficient and prone to triggering overshoot phenomena. Therefore, this study aims to design and develop an automated nutrient dosing system prototype using an ESP32 microcontroller equipped with an adaptive Proportional-Integral-Derivative control algorithm and Internet of Things integration. The system utilizes a Total Dissolved Solids sensor to read the solution concentration, a DS18B20 temperature sensor for water temperature compensation, and three DC peristaltic pump actuators controlled via an L298N driver module using PWM signals. A heuristic gain-scheduling (auto-tuning) algorithm is implemented so that the PID parameters can dynamically adjust their values according to the actual error magnitude. The test results demonstrate that the adaptive PID method is capable of responding quickly and stabilizing without excessive surges. In an ascending test with a 400 PPM setpoint, the system successfully achieved a rise time of 215.6 seconds with a highly minimal overshoot of 0.20%, and a steady-state error of 5.07 PPM. The system also proved robust in handling sudden external disturbances, such as the addition of pure water, recording a recovery time of 96.5 seconds and a maximum overshoot tolerance of 5.00%. Furthermore, the integration of IoT infrastructure through the Blynk platform, automated logging on Google Spreadsheets, and the availability of a Local Web Server successfully facilitated users in monitoring operational fluidity in real-time remotely. In conclusion, the design of this device effectively overcomes the weaknesses of static control systems and is capable of providing high working efficiency in agricultural cultivation.

Keywords: *Hydroponics, ESP32, Adaptive PID, TDS Sensor, Internet of Things, Automated Dosing.*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan sekaligus menyusun laporan Tugas Akhir dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM DOSING NUTRISI OTOMATIS BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN KENDALI PID DAN PEMANTAUAN IOT” sebagai salah satu syarat bagi penulis dalam menyelesaikan program studi Sarjana Terapan di Teknik Listrik Industri Universitas Diponegoro.

Laporan Tugas Akhir ini diharapkan dapat menambah kreativitas dan pengetahuan yang baik bagi penulis maupun pembaca laporan Tugas Akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam tersusunnya laporan ini dengan baik. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Tuhan yang Maha Esa, atas segala penyertaan, kasih karunia, dan kebaikan-Nya yang sangat luar biasa dalam setiap langkah hidup saya, sehingga saya diberikan kekuatan dan kemudahan untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua, Bapak dan Mama. Tiada kata yang cukup untuk menggambarkan betapa besar cinta, pengorbanan, dan doa yang telah kalian curahkan. Setiap tetes keringat dan setiap doa yang kalian panjatkan menjadi kekuatan bagi langkah-langkah penulis. Karya ini adalah bukti kecil dari segala harapan dan ajaran yang telah kalian tanamkan sejak kecil. Terima kasih atas segalanya.
3. Kakak dan Adik saya, terima kasih atas segala dukungan, nasihat, dan semangat yang selalu diberikan agar saya terus melangkah maju dan pantang menyerah.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

5. Bapak Arkhan Subari, S.T., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Listrik Industri. Terima kasih atas dedikasinya dalam memimpin program studi tempat saya menimba ilmu.
6. Fakhruddin Mangkusasmito, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan sabar memberikan ilmu, bimbingan, serta arahan selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh staf pengajar dan karyawan Program Studi Teknik Listrik Industri, atas segala bantuan dan ilmu yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
8. Arsyad Azharuddin dan Naren Dramardhani Sasda yang sudah banyak membantu saya dalam mempersiapkan segala keperluan untuk seminar hasil saya hingga sidang akhir.
9. Teman-teman sejurusan Teknik Listrik Industri angkatan 2022, atas kebersamaan, solidaritas, dan kenangan luar biasa yang kita lewati bersama selama menempuh masa perkuliahan.
10. Serta seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan alat tugas akhir ini.

Usaha maksimal dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak luput dari kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan kekhilafan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan, saran, dan kritik yang membangun dari pembaca untuk kesempurnaan laporan ini. Akhir kata penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan wawasan kita semua. Semoga Tuhan yang Maha Esa memberkati usaha yang kita lakukan, aamiin.

Semarang, 25 September 2026



Fahren Diaz

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penyusunan Laporan	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Nutrisi Hidroponik dan Parameter <i>Part Per Million</i> (PPM).....	9
2.2.2 Mikrokontroler ESP32	10
2.2.3 Sensor <i>Total Dissolved Solids</i> (TDS).....	12
2.2.4 Aktuator Pompa Peristaltik Motor DC dan <i>Driver</i> Motor L298N	13
2.2.5 Sistem Kendali <i>Proportional-Integral-Derivative</i> (PID).....	16
2.2.6 Parameter Performansi Sistem Kendali	18
2.2.7 Kendali Adaptif dan Penjadwalan Gain (<i>Gain Scheduling</i>).....	19

2.2.8 <i>Internet of Things</i> (IoT), Platform Blynk, dan Google Spreadsheet	21
2.2.9 <i>Dosing</i> Nutrisi	22
2.2.10 Sinyal Pulse Width Modulation (PWM)	27
BAB III PERANCANGAN TUGAS AKHIR	32
3.1 Diagram Blok	32
3.2 Wiring Diagram.....	34
3.2.1 Rangkaian sensor TDS ke ESP32	34
3.2.2 Rangkaian sensor DS18B20 ke ESP32	35
3.2.3 Rangkaian keseluruhan	36
3.3 Flowchart Sistem.....	38
3.4 Perancangan Kontrol PID Adaptif	40
3.4.1 Gambaran Umum dan Pendekatan Perancangan	40
3.4.2 Parameter Perancangan	41
3.4.3 Proses Kerja PID Adaptif.....	42
3.4.4 Formula Auto-Tuning (Penjadwalan Gain).....	43
3.4.5 Persamaan Kontrol PID Diskret.....	45
3.4.6 Konversi Sinyal Kontrol ke PWM dan Logika Deadband.....	46
3.5 Desain Alat.....	46
BAB IV PROSES PEMBUATAN ALAT	49
4.1 Pembuatan Perangkat Keras.....	49
4.1.1 Alat dan Bahan	50
4.1.2 Pembuatan Perangkat Elektronik	51
4.1.3 Pembuatan Perangkat Mekanik dan Integrasi Sistem Hidroponik NFT	53
4.2 Kalibrasi Sensor	55
4.2.1 Kalibrasi Sensor TDS.....	55
4.2.2 Kalibrasi Sensor DS18B20	58
4.3 Pembuatan Perangkat Lunak.....	58
4.3.1 Program untuk koneksi jaringan dan IoT.....	60
4.3.2 Program untuk Web Server Lokal	65
4.3.3 Program untuk Pembacaan Modul Sensor	67
4.3.4 Program untuk Algoritma Kontrol PID Adaptif.....	70

4.3.5 Program untuk Koneksi ke Rangkaian Aktuator.....	72
4.3.6 Program untuk Koneksi ke Tampilan LCD.....	74
4.3.7 Program Penanganan Gangguan (<i>Failsafe</i>)	76
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISA ALAT	79
5.1 Prosedur Pengukuran dan Pengujian.....	79
5.2 Pengujian Respons Sistem dengan Penalaan PID Manual.....	81
5.2.1 Hasil pengujian I	81
5.2.2 Hasil Pengujian II ($K_p = 1,489$, $K_i = 0.001$, dan $K_d = 28$).....	83
5.2.3 Hasil Pengujian III ($K_p = 1,489$, $K_i = 0.15$, dan $K_d = 30$).....	85
5.3 Pengujian Respons Sistem dengan Penalaan PID Adaptif (<i>Auto-Tuning</i>)	87
5.3.1 Hasil Pengujian Sesi 1 (Setpoint 400 PPM).....	88
5.3.2 Hasil Pengujian Sesi 2 (Setpoint 600 PPM).....	89
5.3.3 Hasil Pengujian Sesi 3 (Setpoint 800 PPM).....	92
5.4 Perbandingan Kinerja PID Adaptif dan PID Manual	93
5.5 Pengujian Penolakan Gangguan pada PID Adaptif.....	95
5.6 Pengujian Pemantauan Melalui Platform Blynk.....	97
BAB VI PENUTUP	101
6.1 Kesimpulan	101
6.2 Saran.....	102
DAFTAR ISI	104
LAMPIRAN.....	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pin ESP32.....	11
Gambar 2. 2 Sensor TDS	12
Gambar 2. 3 Pompa Peristaltik.....	14
Gambar 2. 4 Driver Motor L298N	15
Gambar 2. 5 Sinyal PWM pada Pin Masukan Driver untuk Duty Cycle (a) 100%, (b) 75%, dan (c) 50%	30
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem	32
Gambar 3. 2 Koneksi Sensor TDS	34
Gambar 3. 3 Koneksi Sensor DS18B20	35
Gambar 3. 4 Wiring Diagram.....	36
Gambar 3. 5 Flowchart Sistem.....	38
Gambar 3. 6 Diagram Blok Sistem Kendali PID Adaptif	40
Gambar 3. 7 Kurva Penjadwalan Gain (a) K_p dan K_i terhadap Error Ternormalisasi, (b) K_d terhadap Laju Error Ternormalisasi	45
Gambar 3. 8 Desain 3D Alat	47
Gambar 4. 1 Pemasangan LCD.....	52
Gambar 4. 2 Pemasangan Pompa Peristaltik.....	52
Gambar 4. 3 Penempatan dan Wiring Komponen.....	53
Gambar 4. 4 Tampilan Keseluruhan Alat	55
Gambar 4. 5 Pengambilan Sampel menggunakan TDS Meter	56
Gambar 4. 6 Hasil Pembacaan Sensor Setelah Kalibrasi	57
Gambar 4. 7 Library Utama	61
Gambar 4. 8 Konfigurasi Jaringan dan Otoritas IoT	62
Gambar 4. 9 Inisiasi Konektivitas	63
Gambar 4. 10 Setup Google Spreadsheet.....	64
Gambar 4. 11 Potongan Kode Program untuk Pembentukan Data JSON	65
Gambar 4. 12 Struktur HTML Halaman Konfigurasi dan Pemantauan Sistem....	66
Gambar 4. 13 Kode Program untuk Pembaruan Data Real-Time.....	66
Gambar 4. 14 Potongan Kode untuk Menyimpan Konfigurasi Sistem.....	67
Gambar 4. 15 Potongan Kode untuk Median Filter Data Sensor.....	68
Gambar 4. 16 Potongan Kode untuk Pembacaan Suhu dan Sensor TDS	69
Gambar 4. 17 Implementasi Perhitungan Nilai TDS Berdasarkan Sensor DFRobot	69
Gambar 4. 18 Potongan Kode untuk Penalaan PID Adaptif	71
Gambar 4. 19 Potongan Kode untuk Perhitungan Sinyal Kendali.....	72
Gambar 4. 20 Inisialisasi Pin Kendali Pompa Peristaltik dan Modul L298N.....	73
Gambar 4. 21 Implementasi Logika Kendali Aktuasi Pompa dengan Deadband .	74
Gambar 4. 22 Fungsi Pengecekan Status dan Pemulihan Jalur Komunikasi I2C .	75
Gambar 4. 23 Potongan Kode Fungsi untuk Eksekusi PWM ke Motor Pompa ...	76

Gambar 4. 24 Inisialisasi Jaringan WiFi dan Mode Access Point.....	77
Gambar 4. 25 Konfigurasi dan Koneksi ke Server Blynk IoT	78
Gambar 5. 1 Grafik Pengujian Manual 1	82
Gambar 5. 2 Grafik Pengujian Manual 2	84
Gambar 5. 3 Grafik Pengujian Manual 3	86
Gambar 5. 4 Grafik pengujian Adaptif 1.....	89
Gambar 5. 5 Grafik pengujian Adaptif 2.....	91
Gambar 5. 6 Grafik pengujian Adaptif 3.....	93
Gambar 5. 7 Grafik Perbandingan	94
Gambar 5. 8 Grafik Pengujian Terhadap Gangguan	96
Gambar 5. 9 Tampilan Dashboard Blynk 1	98
Gambar 5. 10 Tampilan Dashboard Blynk 2.....	98
Gambar 5. 11 Tampilan Widget Chart pada Blynk	99

DAFTAR TABEL

Table 2- 1 Spesifikasi Sensor TDS.....	12
Table 2- 2 Perbandingan Metode Dosing Nutrisi.....	24
Table 2- 3 Penerapan Konsep Dosing pada Sistem.....	27
Table 2- 4 Parameter Sinyal PWM pada Duty Cycle 100%, 75%, dan 50%.....	31
Tabel 3- 1 Parameter Perancangan PID Adaptif	42
Table 4- 1 Bahan yang digunakan.....	50
Table 4- 2 Alat yang digunakan	50
Table 5- 1 Data Hasil Pengujian Manual 1	81
Table 5- 2 Data Hasil Pengujian Manual 2	83
Table 5- 3 Data Hasil Pengujian Manual 3	85
Table 5- 4 Data Hasil Pengujian Adaptif 1.....	88
Table 5- 5 Data Hasil Pengujian Adaptif 2.....	90
Table 5- 6 Data Hasil Pengujian Adaptif 3.....	92
Table 5- 7 Hasil Perbandingan	94

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Alat	107
--------------------------------------	------------