

PENGEMBANGAN ROBOT CERDAS PREDIKSI POLUTAN AIR BERBANTUKAN TRANSMISI NIRKABEL

MUHAMMAD DANANG MUKTI DARMAWAN



**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

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



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAL LAPORAN PROYEK AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan proyek akhir dengan judul “Pengembangan Robot Cerdas Prediksi Polutan Air Berbantuan Transmisi Nirkabel.” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir laporan ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2024

Muhammad Danang Mukti Darmawan
J0304201008



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Perpustakaan IPB University



ABSTRAK

MUHAMMAD DANANG MUKTI DARMAWAN. Pengembangan Robot Cerdas Prediksi Polutan Air Berbantuan Transmisi Nirkabel. Dibimbing oleh RIDWAN SISKANDAR.

Pengembangan robot cerdas untuk memprediksi polutan air dengan transmisi nirkabel memungkinkan pengukuran kualitas air di berbagai sudut tanpa koneksi internet. Robot ini dirancang untuk perairan mikro, terutama air tawar, menggunakan model *hovercraft* yang dikendalikan dengan *remote control* FlySky Fs-iA6 berbasis frekuensi radio. Data sensor dikirimkan secara nirkabel dengan LoRa Ebyte E32. Prediksi akurasi polutan menggunakan logika *fuzzy* Mamdani. Dimensi robot adalah lebar 20 cm, panjang 52,3 cm, tinggi 20,9 cm, dengan berat 5 kg, dan durasi operasi 20 menit. Robot dapat bergerak hingga 500 meter, dengan jangkauan pengiriman data sensor hingga 2 km. Pengujian menunjukkan konsumsi daya 0.74 V selama 25 menit pada kecepatan 50%, 1.06 V selama 15 menit pada 75%, dan 1.27 V selama 6 menit pada 100%. Toleransi *error* sensor adalah 2%, dengan hasil prediksi konsisten antara Matlab dan Arduino IDE.

Kata kunci: logika *fuzzy* mamdani, LoRa, mikrokontroler, prediksi polutan air, sistem kendali

ABSTRACT

MUHAMMAD DANANG MUKTI DARMAWAN. Development of Smart Robot for Water Pollutant Prediction Based on Wireless Transmission. Supervised by RIDWAN SISKANDAR.

The development of an intelligent robot to predict water pollutants with wireless transmission enables the measurement of water quality at various angles without an internet connection. The robot is designed for micro-waters, especially freshwater, using a *hovercraft* model controlled with a radio frequency-based FlySky Fs-iA6 remote control. Sensor data is transmitted wirelessly with LoRa Ebyte E32. Prediction of pollutant accuracy using Mamdani fuzzy logic. The dimensions of the robot are 20 cm wide, 52.3 cm long, 20.9 cm high, with a weight of 5 kg, and an operation duration of 20 minutes. The robot can move up to 500 meters, with a sensor data transmission range of up to 2 km. Tests showed power consumption of 0.74 V for 25 minutes at 50% speed, 1.06 V for 15 minutes at 75%, and 1.27 V for 6 minutes at 100%. The sensor error tolerance is 2%, with consistent prediction results between Matlab and Arduino IDE.

Keywords: control system, LoRa, mamdani fuzzy logic, microcontroller, water pollutant prediction



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

PENGEMBANGAN ROBOT CERDAS PREDIKSI POLUTAN AIR BERBANTUKAN TRANSMISI NIRKABEL

MUHAMMAD DANANG MUKTI DARMAWAN

Laporan Proyek Akhir
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan pada
Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer

**TEKNOLOGI REKAYASA KOMPUTER
SEKOLAH VOKASI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Pengetahuan dan keterampilan yang diuji pada ujian Laporan Proyek Akhir: Dr. Inna Novianty, S.Si., M.Si.



Judul Proyek Akhir : Pengembangan Robot Cerdas Prediksi Polutan Air
Berbantuan Transmisi Nirkabel
Nama : Muhammad Danang Mukti Darmawan
NIM : J0304201008

Disetujui oleh

Pembimbing:
Ridwan Siskandar, S.Si., M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Inna Novianty, S.Si., M.Si
NPI. 201811 19861119 2 014

Dekan Sekolah Vokasi:
Dr. Ir. Aceng Hidayat, M. T
NIP. 19660717 199203 1 003



Tanggal Ujian:
5 Juli 2024

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga laporan proyek akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2023 sampai bulan Desember 2023 ini ialah *Robotic* dengan judul “Pengembangan Robot Cerdas Prediksi Polutan Air Berbantuan Transmisi Nirkabel”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada kedua orang tua, Hesti Ninggrum dan Mugiran yang selalu memberikan doa sekaligus dukungan baik secara moral maupun material selama penulis menjalankan studi di Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor. Terima kasih kepada Ridwan Siskandar, S.Si., M.Si, sebagai dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, ilmu serta masukannya sehingga terciptanya laporan tugas akhir ini. Terima Kasih kepada kepada Seluruh dosen program studi Teknologi Rekayasa Komputer yang telah memberikan banyak ilmu, doa, dan dukungan kepada penulis selama mengikuti studi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada teman mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer angkatan 57 Sekolah Vokasi Institut Pertanian Bogor atas kebersamaanya selama ini. Semoga laporan proyek akhir ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2024

Muhammad Danang Mukti Darmawan



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

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

Perpustakaan IPB University



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

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Robotika	5
2.2 Peran Robot Dalam Lingkungan	5
2.3 Kecerdasan Buatan	6
2.4 Logika <i>Fuzzy Mamdani</i>	6
2.5 Sensor	7
2.5.1 DS18B20	7
2.5.2 Sensor pH	8
2.5.3 Sensor <i>Total Dissolved Solids</i>	8
2.6 Proses Pengolahan Data Kualitas Air	9
2.7 Sistem Kendali Jarak Jauh	9
2.7.1 FlySky FS-i6 <i>Remote Control</i>	10
2.7.2 Arduino Mega 2560	11
2.7.3 Motor Brushless DC	12
2.7.4 Electronic Speed Controller 30A	13
2.8 Sistem Komunikasi Data	13
2.8.1 Arduino Uno	14
2.8.2 EByte LoRa E32	14
2.8.3 <i>Liquid Crystal Display I2C</i>	15
III METODE	17
3.1 Perancangan	20
3.1.1 Perancangan <i>Hardware</i>	20
3.1.1.1 Blok diagram	20
3.1.1.2 <i>Flowchart</i>	21
3.1.1.3 Rangkaian elektronika	22
3.1.2 Perancangan <i>Software</i>	23
3.1.2.1 Inisialisasi pin kode program	24
3.1.2.2 Kode program kerja pembacaan sensor pH	24
3.1.2.3 Kode program kerja pembacaan sensor TDS	25
3.1.2.4 Kode program kerja pembacaan sensor DS18B20	25

3.1.2.5	Kode program LoRa <i>receiver</i>	26
3.1.2.6	Kode program LoRa <i>transmitter</i>	26
3.1.2.7	Kode program kerja logika <i>fuzzy</i>	27
3.1.3	Analisa Logika <i>Fuzzy</i> Untuk Prediksi Polutan Air	29
3.1.3.1	Pembentukan himpunan <i>fuzzy</i>	29
3.1.3.2	Penetapan aturan	30
3.1.3.3	Penetapan fungsi implikasi	31
3.1.4	Perancangan Sistem Gerak Motor	31
3.1.4.1	Perancangan sistem gerak maju motor BLDC	31
3.1.4.2	Perancangan sistem belok motor <i>servo</i>	32
3.1.5	Perancangan Mekanik	32
3.1.5.1	Desain mekanis robot	32
3.1.5.2	Desain kipas penggerak	34
3.1.5.3	Desain sirip robot	35
3.1.5.4	Desain kendali <i>transceiver</i> pengiriman data sensor	35
3.1.6	Perancangan Sistem Kendali Jarak Jauh	36
3.1.6.1	Pemetaan sistem kendali pada <i>remote control</i>	36
3.1.6.2	Transmisi kendali dari transmitter Fs-iA6	36
3.1.7	Perancangan Sistem Komunikasi Data	37
3.1.7.1	Komunikasi pengiriman data sensor secara nirkabel	37
3.2	Metode Pengujian Kinerja	37
3.2.1	Metode Pengujian Mekanik Robot	38
3.2.1.1	Metode pengujian ketahanan mekanik robot	38
3.2.2	Metode Pengujian Sistem Gerak Motor	38
3.2.2.1	Metode pengujian kecepatan sistem gerak motor penggerak	38
3.2.2.2	Metode pengujian perbandingan waktu sistem belok berdasarkan sudut yang terbentuk	39
3.2.3	Metode Pengujian Sistem Kendali Robot	39
3.2.3.1	Metode pengujian konsumsi kapasitas daya robot	39
3.2.3.2	Metode pengujian jangkauan transmisi kontrol robot	39
3.2.4	Metode Pengujian Sistem Komunikasi Data Sensor	39
3.2.4.1	Metode pengujian pengiriman data sensor menggunakan transmitter Ebyte LoRa E3	40
3.2.4.2	Metode pengujian perbandingan pembacaan sensor dengan alat ukur	40
IV	HASIL PEMBAHASAN	42
4.1	Prototipe Robot	42
4.2	<i>Remote Transceiver</i>	43
4.3	Mekanik Robot	44
4.4	Uji Ketahanan Mekanik Robot	44
4.5	Uji Kecepatan Motor Penggerak	45
4.6	Uji Manuver Belok Motor Servo	46

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



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

4.7	Uji Pemakaian Kapasitas Baterai	46
4.8	Uji Jangkauan Transmisi Kontrol Robot	48
4.9	Uji Pengiriman Data Sensor Secara Nirkabel	48
4.10	Uji Perbandingan Pembacaan Sensor Dengan Alat Ukur	48
4.11	Defuzifikasi <i>Fuzzy Logic Mamdani</i> via MatLab dan Arduino IDE	50
V	SIMPULAN DAN SARAN	52
5.1	Simpulan	52
5.2	Saran	52
	DAFTAR PUSTAKA	53
	LAMPIRAN	56
	RIWAYAT HIDUP	74



DAFTAR TABEL

1	Kebutuhan fungsionalitas alat	18
2	Kebutuhan perangkat lunak	19
3	Fungsi keanggotaan prediksi tingkat persentase polutan air	29
4	<i>Fuzzy rule base</i>	30
5	Spesifikasi robot cerdas prediksi polutan air	42
6	Uji ketahanan mekanik	45
7	Pengujian kecepatan motor	45
8	Pengujian pemakaian kapasitas baterai	47
9	Uji transmisi kontrol	48
10	Uji transmisi pengiriman data	48
11	Uji perbandingan antara nilai sensor dan alat ukur	49
12	Uji perbandingan nilai antara nilai sensor dan alat ukur (<i>lanjutan</i>)	50
13	Uji prediksi persentase polutan air berbasis Arduino IDE	50

DAFTAR GAMBAR

1	<i>State of the art</i>	4
2	DS18B20	7
3	Sensor pH	8
4	Sensor TDS	8
5	FlySky FS-i6 <i>remote control</i>	10
6	Arduino Mega2560	11
7	<i>Brushless motor dc</i>	12
8	Deskripsi motor BLDC A2212	12
9	ESC 30A	13
10	<i>Datasheet</i> Arduino Uno	14
11	E-Byte LoRa E32	14
12	Prinsip kerja LoRa	15
13	LCD modul I2C (Sumber: waveshare.com)	16
14	Proses wawancara: (a) dengan Dosen Perikanan SV IPB; (b) dengan Mitra Bogorians Aquatics	17
15	Observasi lokasi: (a) Bak Perikanan SV IPB; (b) Bogorians Aquatics	18
16	Blok diagram	21
17	<i>Flowchart</i>	22
18	Rangkaian kontrol dan pembacaan sensor	23
19	Rangkaian sistem <i>monitoring</i> dan transmisi data	23
20	Inisialisasi pin kode program: (a) <i>transmitter</i> ; dan (b) <i>receiver</i>	24
21	Kode program pembacaan sensor pH	24
22	Kode program pembacaan sensor TDS	25
23	Kode program pembacaan sensor DS18B20	25
24	Kode program <i>receiver</i> data LoRa	26
25	Kode program <i>transmitter</i> data LoRa	26
26	Kode program membentuk himpunan <i>fuzzy</i>	27

27	Kode program membentuk fungsi keanggotaan	27
28	Kode program pembentukan aturan dan fungsi implikasi	28
29	Kode program defuzifikasi persentase polutan air	29
30	Himpunan keanggotaan <i>fuzzy</i> : (a) ph; (b) suhu; (c) tds; dan (d) persentase polutan air	30
31	Fungsi implikasi	31
32	Tingkat kecepatan dan pembagian rpm motor	32
33	Sistem belok sirip robot: (a) kiri; (b) tengah; dan (c) kanan	32
34	Desain mekanik robot : (a) gambar teknik tampak atas; (b) desain 3d tampak atas; (c) gambar teknik tampak samping; (d) desain 3d tampak samping; (e) gambar teknik tampak depan; dan (f) desain 3d tampak depan	33
35	Desain <i>bracket</i> kipas penggerak robot : (a) tampak depan; (b) tampak samping; (c) tampak isometrik; dan (d) tampak belakang	34
36	Pelindung kipas penggerak	34
37	Desain sirip robot : (a) tampak samping; (b) tampak	35
38	Gambar teknik kipas penggerak beserta <i>bracket</i>	35
39	<i>Remote</i> kendali transmisi data	36
40	<i>Mapping system</i> FlySky Fs-iA6	36
41	Penggunaan <i>channel transmitter</i> Fs-iA6	37
42	Skema komunikasi data sensor secara nirkabel	37
43	Pengambilan sampel air: (a) kolam ikan hias; (b) kolam	41
44	Proses kalibrasi pengujian sensor dan alat ukur	41
45	Prototipe robot	42
46	<i>Casing remote transceiver data sensor</i>	44
47	Mekanik robot: (a) tampak samping kanan; (b) tampak samping kiri; (c) tampak belakang; dan (d) tampak depan	44
48	Jari - jari <i>propeller</i>	46
49	Hasil pengujian manuver belok	46
50	Defuzifikasi: (a) MatLab; (b) Arduino IDE; (c) <i>surface</i> via MatLab	51

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kode program LoRa <i>transmitter</i>	57
2	Kode program LoRa <i>receiver</i>	60
3	Kode program logika <i>fuzzy</i> mamdani	62
4	Gambar teknik keseluruhan robot	69
5	Gambar teknik <i>body</i> rangka robot	70
6	Gambar teknik sirip dan pelindung kipas robot	71
7	Gambar teknik tutup rangka robot	72
8	Gambar teknik robot per bagian	73