

LAPORAN STUDI KELAYAKAN
PENELITIAN TERAPAN – PENELITIAN PRODUK VOKASI



IPB University
— Bogor Indonesia —

**Rekayasa Robot Terkontrol *Computer Vision* untuk
Mendeteksi Polutan Air dan Panen Ikan Air Tawar Berbasis
*Fuzzy Logic***

TIM PENGUSUL

Sesar Husen Santosa, S.T.P, M.M.

Dr Ridwan Siskandar, S.Si., M.Si.

Dr. Wiyoto, S.Pi., M.Sc.

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

AGUSTUS

2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Studi Kelayakan (*Feasibility Study*) dari penelitian yang berjudul Rekayasa Robot Terkontrol *Computer Vision* untuk Mendeteksi Polutan Air dan Panen Ikan Air Tawar Berbasis *Fuzzy Logic*. *Feasibility study* ini disusun dengan tujuan untuk lebih memahami tentang kelayakan usaha atau bisnis dari penelitian yang dikembangkan terkait apakah dapat dikatakan layak/tidaknya.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu terealisasinya laporan *Feasibility Study* ini. Penulis sangat menyadari laporan ini masih belum menemukan kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna hasil yang lebih baik lagi.

Semoga laporan *Feasibility Study* ini dapat berguna bagi penulis dan bagi semua pembaca, semoga apa yang penulis bahas di sini dapat dijadikan tambahan ilmu pengetahuan. Terima kasih.

Salam hormat
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR LAMPIRAN	iii
BAB I	1
IKHTISAR STUDI KELAYAKAN	1
BAB II.....	2
TINJAUAN PUSTAKA.....	2
2.1. Aspek Kebutuhan Pelanggan/Konsumen	2
2.2. Aspek Kondisi Pasar	2
2.3. Aspek Hukum.....	2
2.4. Aspek Teknis dan Teknologi	3
2.5. Aspek Keuangan.....	3
2.6. Aspek Ekonomi dan Sosial.....	3
2.7. Aspek Lingkungan	3
BAB III	4
ASPEK-ASPEK DALAM <i>FEASIBILITY STUDY</i>	4
3.1. Aspek Kebutuhan Pelanggan/ Konsumen	4
3.2. Aspek Kondisi Pasar	5
3.3. Aspek Hukum.....	6
3.4. Aspek Teknis dan Teknologi	7
3.5. Aspek Finansial	12
3.6. Aspek Ekonomi & Sosial	14
3.7. Aspek Lingkungan	16
DAFTAR PUSTAKA	19

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Arsitektur dan desain robot: (a) tampak atas; (b) tampak depan-samping kanan; (c) tampak belakang-samping kanan; (d) tampak depan; (e) tampak belakang; dan (f) tampak samping	8
Gambar 2	Pemilihan fabrikasi sensor	9
Gambar 3	Ebyte LoRa E32 Communications	9
Gambar 4	Sistem kontrol dan pemetaan channel	10
Gambar 5	Mekanisasi robot: (a) tampak samping kanan; (b) tampak samping kiri; (c) tampak belakang; dan (d) tampak depan	11

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Uji transmisi kontrol.....	12
Tabel 2 Uji transmisi pengiriman data	12

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode program LoRa transmitter.....	22
Lampiran 2 Kode program LoRa receiver	25
Lampiran 3 Kode program logika fuzzy mamdani	27
Lampiran 4 Desain teknik keseluruhan robot	35
Lampiran 5 Gambar teknik body rangka robot.....	36

Lampiran 6 Gambar teknik sirip dan pelindung kipas robot.....	37
Lampiran 7 Gambar teknik tutup rangka robot.....	38
Lampiran 8 Gambar teknik robot per bagian	39
Lampiran 9 Uji prediksi persentase polutan air berbasis software	40

BAB I IKHTISAR STUDI KELAYAKAN

Polutan di Indonesia mengkhawatirkan dengan tingkat polusi air yang terus meningkat, mengancam kesehatan masyarakat dan ekosistem perairan. Data Kementerian Lingkungan Hidup mencatat bahwa hampir 40% perairan di kota-kota Indonesia tercemar. Penyebab utama polusi air melibatkan aktivitas industri dan limbah domestik, serta deforestasi dan penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan. Dalam mengatasi masalah ini, diperlukan alat deteksi polutan air yang memberikan informasi akurat tentang persentase polutan, memungkinkan upaya pencegahan dan mitigasi yang lebih efektif. Faktor utama yang memengaruhi kualitas air mencakup keasaman (pH), suhu air, dan total padatan partikel. Keseimbangan antara ketiga faktor ini kunci untuk mencapai kualitas air yang optimal. Tingkat keasaman air, suhu dan total padatan partikel menjadi parameter kritis dalam menjaga kualitas air.

Meskipun alat pengukuran kualitas air konvensional sudah ada, secara umum masih memiliki kekurangan seperti biaya instalasi tinggi dan fungsionalitas yang terpisah-pisah. Untuk mengatasi hal ini, dilakukan pengembangan menggunakan robot terkontrol sebagai alat monitoring air. Namun, hingga saat ini, belum ada mekanisme pengambilan keputusan terkait tingkat polutan dalam air dan pertimbangan kelayakan untuk budidaya ikan. Oleh karena itu, perlu pengembangan lebih lanjut untuk menciptakan sistem yang memberikan informasi akurat terkait persentase polutan dan kelayakan untuk budidaya ikan.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan suatu robot terkontrol deteksi polutan air dengan membangun algoritma dan mengumpulkan data dari para ahli untuk menentukan persentase tingkat polutan hasil pembacaan sensor dalam bentuk *fuzzy logic*; merancang sistem deteksi dari computer vision untuk menampilkan dan menghitung jumlah ikan air tawar untuk proses panen; merancang sistem kontrol mekanisasi robot; merancang sistem monitoring berbasis *computer vision*; dan merancang komunikasi robot deteksi polutan air berbasis LoRa.

Kata kunci: *computer vision*, *fuzzy logic*, monitoring kualitas air, polutan air, robot deteksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Kajian kelayakan bisnis merupakan sebuah evaluasi mendalam terhadap prospek dan kelayakan usaha yang diusulkan. Kajian ini bertujuan untuk menentukan apakah usaha tersebut layak untuk dijalankan berdasarkan analisis berbagai faktor, seperti peluang pasar, kemampuan operasional, potensi keuntungan, dan risiko yang dihadapi (Siahaan & Hasibuan, 2021). Studi kelayakan atau *feasibility study* adalah sebuah analisis yang komprehensif dan sistematis untuk mengevaluasi kemungkinan keberhasilan sebuah proyek atau usaha (Hafni Pardede et al., 2022). Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengukur faktor-faktor yang mempengaruhi kesuksesan proyek, serta untuk memberikan informasi yang diperlukan untuk membuat keputusan yang berisiko tinggi dengan lebih baik. Berikut adalah beberapa poin penting yang mendefinisikan studi kelayakan:

2.1. Aspek Kebutuhan Pelanggan/Konsumen

Dalam pengembangan dan implementasi teknologi inovatif seperti robot terkontrol deteksi polutan air, memahami dan memenuhi kebutuhan pelanggan merupakan hal yang sangat penting (Prasetyo & Aji, 2023). Identifikasi kebutuhan pelanggan membantu memastikan bahwa solusi yang ditawarkan tidak hanya efektif dari segi teknis, tetapi juga relevan dan bermanfaat bagi pengguna akhir (Mili et al., 2021).

2.2. Aspek Kondisi Pasar

Studi pasar merupakan elemen penting dalam memahami potensi penerimaan dan adopsi teknologi robot terkontrol deteksi polutan air (Kaloop et al., 2017).

2.3. Aspek Hukum

Aspek hukum memegang peranan penting dalam pengembangan dan implementasi teknologi inovatif seperti robot terkontrol deteksi polutan air. Memastikan bahwa semua langkah dan proses dalam proyek ini sesuai dengan regulasi yang berlaku adalah krusial untuk keberlanjutan dan penerimaan teknologi ini di masyarakat (Hidayat et al., 2024). Sub bab ini membahas berbagai aspek hukum yang harus dipatuhi, termasuk regulasi lingkungan, perizinan operasional, standar dan sertifikasi, perlindungan data dan privasi, penggunaan teknologi LoRa, serta kewajiban pelaporan dan dokumentasi.

2.4. Aspek Teknis dan Teknologi

Aspek teknis dan teknologi memainkan peranan penting dalam pengembangan robot terkontrol untuk deteksi polutan air. Pada sub bab ini dijelaskan secara detail mengenai desain dan arsitektur robot, teknologi sensor yang digunakan, sistem komunikasi, kontrol dan mekanisasi, integrasi *computer vision*, pengolahan data dan antarmuka pengguna, serta proses uji coba dan validasi. Pemahaman yang mendalam terhadap aspek-aspek teknis ini diperlukan untuk memastikan bahwa robot yang dikembangkan mampu beroperasi dengan efektif dan efisien dalam berbagai kondisi perairan.

2.5. Aspek Keuangan

Aspek keuangan merupakan elemen kunci dalam pengembangan dan implementasi teknologi inovatif seperti robot terkontrol untuk deteksi polutan air. Sub bab ini membahas secara detail estimasi biaya pengembangan, sumber pendanaan, analisis biaya dan manfaat, proyeksi pendapatan, analisis *break-even point*, serta risiko keuangan dan mitigasinya. Pemahaman yang mendalam terhadap aspek keuangan ini diperlukan untuk memastikan keberhasilan proyek dari sisi ekonomi dan memastikan keberlanjutan operasional dalam jangka panjang.

2.6. Aspek Ekonomi dan Sosial

Aspek ekonomi dan sosial memainkan peranan yang krusial dalam pengembangan dan implementasi teknologi inovatif seperti robot terkontrol untuk deteksi polutan air. Pada bab ini, akan dibahas secara mendetail dampak ekonomi dari teknologi ini, peluang pekerjaan yang diciptakan, peningkatan kesejahteraan masyarakat, dukungan bagi petani dan nelayan, peningkatan kesadaran lingkungan, partisipasi masyarakat, serta sinergi dengan program pemerintah.

2.7. Aspek Lingkungan

Aspek lingkungan merupakan elemen yang sangat penting dalam pengembangan dan penerapan teknologi deteksi polutan air. Pada bab ini dibahas secara detail dampak positif terhadap kualitas air, pelestarian ekosistem perairan, reduksi limbah industri dan domestik, pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya, edukasi dan kesadaran lingkungan, serta dukungan terhadap kebijakan lingkungan. Pemahaman yang mendalam terhadap aspek lingkungan ini diperlukan untuk memastikan bahwa teknologi yang dikembangkan tidak hanya memberikan solusi teknis, tetapi juga membawa manfaat signifikan bagi kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

BAB III

ASPEK-ASPEK DALAM *FEASIBILITY STUDY*

3.1. Aspek Kebutuhan Pelanggan/ Konsumen

Aspek ini membahas secara mendalam mengenai kategori pelanggan utama, kebutuhan utama pelanggan, serta bagaimana solusi yang dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Dalam menentukan aspek ini salah satunya dengan mengidentifikasi kebutuhan dan solusi atas masalah pelanggan.

a. Kebutuhan Utama Pelanggan

Para pelanggan ini memiliki kebutuhan utama yang harus dipenuhi oleh robot deteksi polutan air, yaitu:

- + Pemantauan *real-time*: merupakan kebutuhan krusial. Sistem yang dapat memberikan data secara langsung memungkinkan pelanggan untuk bereaksi cepat terhadap perubahan kualitas air. Hal ini sangat penting bagi petani ikan untuk menjaga kondisi ideal di kolam mereka dan bagi industri untuk memastikan bahwa mereka tidak melanggar batasan emisi yang ditetapkan oleh regulator.
- + User-Friendly: sehingga dapat dioperasikan oleh individu tanpa latar belakang teknis yang mendalam. Hal ini akan meningkatkan adopsi teknologi oleh berbagai pemangku kepentingan.
- + Efisiensi biaya: adalah kebutuhan lainnya, karena solusi yang mahal akan sulit diimplementasikan secara luas. Robot ini harus lebih terjangkau baik dari segi biaya instalasi maupun operasional dibandingkan metode konvensional.

b. Solusi yang Ditawarkan

Pengembangan robot terkontrol ini menawarkan solusi yang komprehensif untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Robot ini dilengkapi dengan sensor multi-parameter yang dapat mengukur berbagai aspek kualitas air, seperti pH, suhu, dan total padatan partikel. Hal ini memungkinkan pemantauan yang menyeluruh dan mendalam terhadap kondisi air.

Implementasi teknologi *fuzzy logic* dalam analisis data memberikan interpretasi yang lebih baik dan akurat, membantu pelanggan memahami kondisi air dengan lebih jelas. Sistem ini juga dirancang dilengkapi dengan *computer vision* untuk memonitoring jumlah ikan, memberikan informasi tambahan yang berharga bagi petani ikan. Robot ini dirancang dengan

komunikasi berbasis LoRa, memungkinkan pemantauan jarak jauh dan integrasi data yang mudah ke dalam sistem yang ada. Teknologi ini memastikan bahwa data dapat diakses dari mana saja, kapan saja, memberikan fleksibilitas dan kenyamanan bagi pengguna.

Antarmuka pengguna yang intuitif dirancang untuk memudahkan akses dan analisis data oleh berbagai jenis pengguna, mulai dari petani ikan hingga teknisi industri dan pejabat pemerintah. Dengan solusi ini, diharapkan kualitas air di berbagai perairan dapat dipantau dan dijaga dengan lebih efektif, mendukung keberlanjutan lingkungan dan kesehatan masyarakat.

3.2. Aspek Kondisi Pasar

Aspek ini memuat riset pasar yang telah dilakukan, ditemukan beberapa temuan kunci yang relevan:

a. Permintaan Pasar

Ada peningkatan kesadaran dan kebutuhan akan solusi pemantauan kualitas air di kalangan petani ikan, industri, dan lembaga pemerintah. Permintaan ini didorong oleh peningkatan insiden polusi air dan tekanan regulasi yang lebih ketat terkait lingkungan.

b. Tren Pasar

Pasar untuk teknologi pemantauan kualitas air menunjukkan tren pertumbuhan yang positif, dengan peningkatan investasi dalam teknologi sensor dan otomatisasi. Hal ini memberikan indikasi bahwa robot deteksi polutan air memiliki potensi pasar yang signifikan.

c. Persaingan Pasar

Meskipun sudah ada beberapa solusi pemantauan kualitas air yang tersedia, banyak di antaranya memiliki keterbatasan seperti biaya yang tinggi, kompleksitas penggunaan, dan fungsionalitas yang terpisah-pisah (P.K, 2020). Robot terkontrol ini menawarkan keunggulan kompetitif dengan menyediakan solusi yang lebih terintegrasi, efisien biaya, dan mudah digunakan.

d. Segmentasi Pasar

Segmen pasar utama yang ditargetkan meliputi:

- ✚ Budidaya Perikanan. Pasar ini membutuhkan solusi yang dapat memastikan kualitas air yang optimal untuk pertumbuhan ikan.
- ✚ Industri Pengolahan Limbah. Industri ini memerlukan pemantauan yang akurat untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan.

- ✚ Regulator dan Lembaga Lingkungan. Pengguna membutuhkan data yang dapat diandalkan untuk pengawasan dan pengelolaan kualitas air.

e. Strategi Pemasaran

Untuk memasuki pasar, strategi pemasaran akan difokuskan pada:

- ✚ Edukasi dan Sosialisasi. Menyediakan informasi tentang manfaat dan keunggulan robot deteksi polutan air melalui seminar, workshop, dan media digital.
- ✚ Kemitraan Strategis. Bekerjasama dengan pemerintah, lembaga lingkungan, dan asosiasi perikanan untuk meningkatkan adopsi teknologi.
- ✚ Demonstrasi Produk. Menyelenggarakan demonstrasi langsung di lapangan untuk menunjukkan keefektifan dan kemudahan penggunaan robot. Dengan pemahaman mendalam tentang kondisi pasar dan kebutuhan pelanggan, proyek ini memiliki potensi besar untuk berhasil dan memberikan dampak positif bagi lingkungan dan ekonomi.

3.3. Aspek Hukum

Pada aspek ini dibahas kepatuhan proyek terhadap regulasi lingkungan, perizinan operasional, standar dan sertifikasi, dan perlindungan data & privasi.

a. Kepatuhan terhadap Regulasi Lingkungan

Pengembangan dan implementasi teknologi robot terkontrol untuk mendeteksi polutan air harus mematuhi berbagai regulasi lingkungan yang berlaku di Indonesia. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjadi dasar hukum utama yang mengatur upaya pengendalian pencemaran dan kerusakan lingkungan. Regulasi ini menuntut semua pihak yang beroperasi di atau sekitar badan air untuk mematuhi standar kualitas air dan melaporkan kondisi lingkungan secara berkala. Robot deteksi polutan air harus mampu mengumpulkan data yang akurat dan relevan untuk membantu pengguna mematuhi persyaratan ini.

b. Perizinan Operasional

Mengoperasikan perangkat teknologi baru di perairan publik atau privat memerlukan serangkaian izin dari pemerintah. Izin ini termasuk, namun tidak terbatas pada, izin penelitian dan pengembangan dari Kementerian Riset dan Teknologi, serta izin lingkungan dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Selain itu, jika robot digunakan di wilayah perairan tertentu, mungkin diperlukan izin tambahan dari pemerintah daerah setempat. Proses

perizinan ini memastikan bahwa teknologi yang dikembangkan tidak merusak ekosistem perairan dan memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan.

c. Standar dan Sertifikasi

Untuk memastikan kualitas dan keandalan, robot deteksi polutan air harus memenuhi standar nasional dan internasional yang berlaku. Standar ini mencakup aspek teknis seperti kalibrasi sensor, metode pengambilan sampel, dan analisis data. Sertifikasi dari lembaga independen seperti Badan Standardisasi Nasional (BSN) atau lembaga internasional seperti ISO (*International Organization for Standardization*) dapat meningkatkan kredibilitas dan penerimaan pasar dari teknologi ini. Proses sertifikasi juga memastikan bahwa perangkat mematuhi persyaratan teknis dan operasional yang diperlukan untuk penggunaan yang aman dan efektif.

d. Perlindungan Data dan Privasi

Pengumpulan data lingkungan, terutama yang terkait dengan kualitas air, harus mematuhi regulasi perlindungan data yang berlaku. Data yang dikumpulkan oleh robot deteksi polutan air harus dikelola dengan cara yang memastikan kerahasiaan dan integritasnya. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik (ITE) dan peraturan perlindungan data pribadi mengatur bagaimana data harus disimpan, diproses, dan dibagikan. Memastikan kepatuhan terhadap regulasi ini penting untuk menjaga kepercayaan pengguna dan mencegah penyalahgunaan data. Dengan memahami dan mematuhi aspek hukum yang relevan, proyek pengembangan robot deteksi polutan air ini dapat berjalan dengan lancar dan memberikan manfaat yang maksimal bagi lingkungan dan masyarakat Indonesia. Kepatuhan hukum tidak hanya memastikan legalitas operasional, tetapi juga meningkatkan kepercayaan dan penerimaan teknologi ini di berbagai sektor.

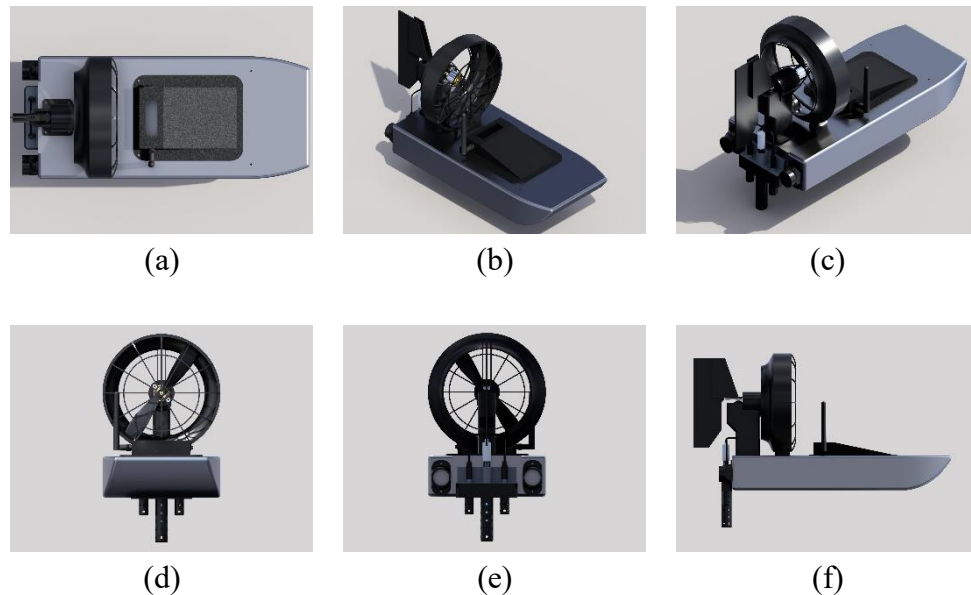
3.4. Aspek Teknis dan Teknologi

Pemahaman yang mendalam terhadap aspek-aspek teknis ini diperlukan untuk memastikan bahwa robot yang dikembangkan mampu beroperasi dengan efektif dan efisien dalam berbagai kondisi perairan di Indonesia.

a. Desain dan Arsitektur Robot

Pengembangan robot terkontrol untuk deteksi polutan air memerlukan desain dan arsitektur yang terintegrasi dengan baik. Robot ini dirancang untuk mengapung di permukaan air dan dilengkapi dengan berbagai sensor yang

mampu mengukur parameter kualitas air seperti pH, suhu, dan total padatan partikel.



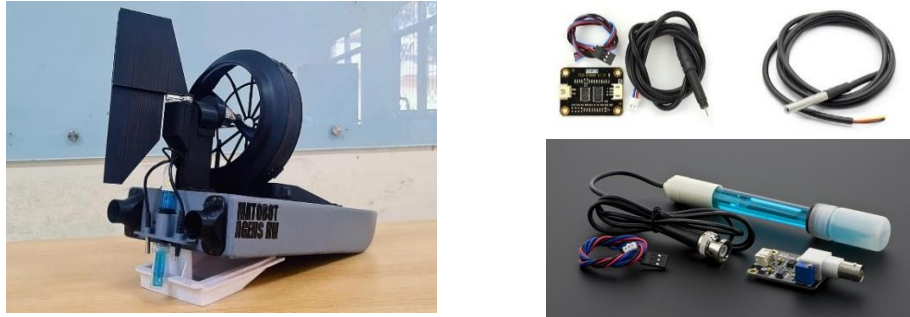
Gambar 1 Arsitektur dan desain robot: (a) tampak atas; (b) tampak depan-samping kanan; (c) tampak belakang-samping kanan; (d) tampak depan; (e) tampak belakang; dan (f) tampak samping

Desain fisik robot mempertimbangkan faktor-faktor seperti daya tahan terhadap kondisi air yang bervariasi, kemampuan manuver, dan efisiensi energi. Material yang digunakan harus tahan korosi dan ramah lingkungan untuk memastikan umur panjang dan minimalisasi dampak negatif terhadap ekosistem air. Material yang digunakan harus tahan terhadap korosi dan lingkungan yang mungkin agresif di dalam air. Oleh karena itu digunakan material berbahan PLA+. Robot cerdas ini dirancang dengan volume lebar sebesar 20 cm, panjang sebesar 52,3 cm, dan tinggi sebesar 20,9 cm. Robot ini mempunyai berat total kurang lebih sebesar 5 kg.

b. Sensor dan Teknologi Pengukuran

Komponen utama dari robot ini adalah berbagai sensor yang digunakan untuk mengukur kualitas air. Sensor pH mengukur tingkat keasaman air, sensor suhu memonitor suhu air, dan sensor total padatan partikel (TSS) mengukur jumlah partikel tersuspensi dalam air (Siskandar et al., 2023). Sensor-sensor ini harus sangat sensitif dan akurat, mampu memberikan data *real-time* dengan tingkat presisi yang tinggi. Implementasi teknologi *fuzzy logic* dalam

pengolahan data dari sensor-sensor ini memungkinkan interpretasi yang lebih baik dan pengambilan keputusan yang lebih tepat terkait kondisi kualitas air.



Gambar 2 Pemilihan fabrikasi sensor

c. Teknologi Komunikasi

Untuk memastikan data yang dikumpulkan dapat diakses secara real-time dan dari lokasi yang jauh, robot ini dilengkapi dengan teknologi komunikasi LoRa (Long Range). Komunikasi pengiriman data sensor secara nirkabel menggunakan LoRa. Data dikirim melalui transmitter kemudian diteruskan ke receiver. Setelah itu data yang sudah diterima akan ditampilkan pada LCD. Data yang ditampilkan ialah pembacaan sensor pH, pembacaan sensor TDS, pembacaan sensor DS18B20, dan prediksi persentase polutan airLoRa memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya yang rendah, sangat cocok untuk aplikasi di lingkungan terbuka seperti perairan (Prasetyo & Aji, 2023). Teknologi ini memastikan bahwa data dari sensor dapat dikirimkan secara terus-menerus ke pusat pemantauan atau perangkat mobile pengguna, memungkinkan pemantauan kualitas air secara efektif dan efisien



Gambar 3 Ebyte LoRa E32 Communications

d. Sistem Kontrol dan Mekanisasi

Robot ini dilengkapi dengan sistem kontrol dari *remote control* FlySky Fs-iA6 yang canggih untuk navigasi dan operasi sensor. Sistem kontrol ini memungkinkan robot untuk bergerak secara otonom di permukaan air, menghindari rintangan, dan melakukan pengukuran di berbagai titik yang telah ditentukan. Sistem kontrol mekanisasi ini dirancang untuk efisiensi energi, memanfaatkan algoritma optimalisasi yang memastikan penggunaan daya yang minimal tanpa mengurangi kinerja operasional. Desain mekanis juga memungkinkan robot untuk bertahan dalam berbagai kondisi air, termasuk arus yang kuat dan perubahan suhu yang ekstrem.



Gambar 4 Sistem kontrol dan pemetaan *channel*

e. Integrasi *Computer Vision*

Selain sensor kualitas air, robot ini juga dilengkapi dengan sistem *computer vision* untuk mengidentifikasi dan menghitung jumlah ikan di perairan. Sistem ini menggunakan kamera dan algoritma pengolahan citra untuk mendeteksi ikan dan menganalisis populasi ikan di area tertentu. Teknologi ini sangat berguna bagi petani ikan untuk memantau kondisi dan jumlah ikan secara langsung, memberikan informasi tambahan yang berharga untuk pengelolaan budidaya ikan yang lebih baik.

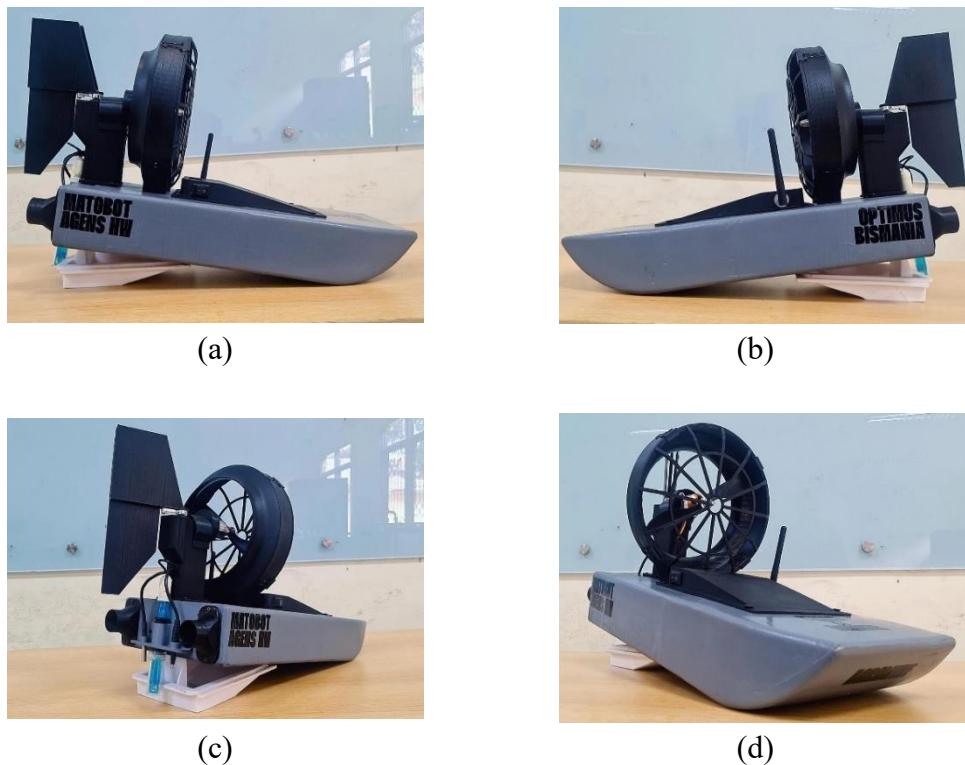
f. Pengolahan Data dan Antarmuka Pengguna

Data yang dikumpulkan oleh robot dikirim ke pusat pemantauan, dimana data tersebut diolah dan dianalisis. Sistem ini dilengkapi dengan perangkat lunak yang menganalisis data menggunakan teknik *fuzzy logic* untuk memberikan interpretasi yang akurat tentang kondisi kualitas air. Antarmuka pengguna dirancang untuk mudah digunakan, memungkinkan pengguna dari berbagai latar belakang untuk mengakses dan memahami data dengan mudah. Visualisasi data dalam bentuk grafik dan laporan membantu pengguna dalam pengambilan keputusan yang tepat dan cepat.

g. Uji Coba dan Validasi

Sebelum diimplementasikan secara luas, robot ini telah diuji pada serangkaian uji coba dan validasi untuk memastikan kehandalan dan akurasi. Uji coba dilakukan di berbagai kondisi perairan untuk menguji ketahanan fisik dan kinerja sensor. Data hasil uji coba dibandingkan dengan metode pengukuran konvensional untuk memvalidasi akurasi dan presisi sensor. Proses validasi ini penting untuk memastikan bahwa robot dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi nyata dan memberikan data yang dapat diandalkan. Pengembangan robot terkontrol deteksi polutan air ini menggabungkan berbagai aspek teknis dan teknologi yang canggih untuk menciptakan solusi yang efektif dan efisien dalam memantau kualitas air.

Robot ini memiliki artikulasi yang difungsikan sebagai sistem gerak. Dalam pelaksanaannya robot ini bergerak dibantu oleh adanya udara. Selain itu juga dilengkapi motor servo untuk memudahkan penggunaan sistem belok robot. Adapun sebuahudukan atau *bracket* untuk sensor, serta penggunaan *propeller* udara untuk daya dorong robot. Berikut ini merupakan mekanik robot yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 5 Mekanisasi robot: (a) tampak samping kanan; (b) tampak samping kiri; (c) tampak belakang; dan (d) tampak depan

Uji transmisi membantu mengoptimalkan kekuatan dan stabilitas sinyal, memastikan performa pengendalian yang mulus dan responsif. Berikut ini adalah data yang disajikan selama pengujian transmisi kontrol yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 1 Uji transmisi kontrol

Jarak (m)	Status	Keterangan
100	Terkoneksi	Robot dapat dikendalikan oleh <i>remote control</i>
150	Terkoneksi	Robot dapat dikendalikan oleh <i>remote control</i>
200	Terkoneksi	Robot dapat dikendalikan oleh <i>remote control</i>
250	Terkoneksi	Robot dapat dikendalikan oleh <i>remote control</i>
300	Terkoneksi	Robot dapat dikendalikan oleh <i>remote control</i>
350	Terkoneksi	Robot dapat dikendalikan oleh <i>remote control</i>
400	Terkoneksi	Robot dapat dikendalikan oleh <i>remote control</i>
450	Terkoneksi	Robot dapat dikendalikan oleh <i>remote control</i>
>500	Gagal	Robot dapat dikendalikan oleh <i>remote control</i>

Uji transmisi pengiriman data nilai sensor berbasis nirkabel melalui LoRa E-Byte E32 dilakukan dengan frekuensi *ISM band* sebesar 868MHz. Dalam pengujian disimpulkan semakin jauh pengiriman data maka semakin lemah sinyal transmisi. Berikut ini hasil tabel dari pengujian transmisi.

Tabel 2 Uji transmisi pengiriman data

Jarak (km)	Transmisi (dBm)	Keterangan
0,25	20,00	Terkoneksi
0,50	18,30	Terkoneksi
0,75	17,00	Terkoneksi
1,00	16,80	Terkoneksi
1,25	14,00	Terkoneksi
1,50	12,00	Terkoneksi
1,75	10,00	Terkoneksi
2,00	0,00	Gagal

3.5. Aspek Finansial

Pemahaman yang mendalam terhadap aspek keuangan ini diperlukan untuk memastikan keberhasilan proyek dari sisi ekonomi dan memastikan keberlanjutan operasional dalam jangka panjang.

a. Estimasi Biaya Pengembangan

Pengembangan robot terkontrol deteksi polutan air memerlukan investasi awal yang signifikan. Biaya ini mencakup penelitian dan pengembangan

(R&D), pembelian komponen dan material, serta biaya tenaga kerja. Estimasi biaya R&D mencakup eksperimen laboratorium, desain prototipe, dan pengujian awal. Pembelian komponen seperti sensor, modul komunikasi LoRa, dan perangkat keras lainnya. Biaya tenaga kerja yang melibatkan insinyur, teknisi, dan ahli lingkungan.

b. Sumber Pendanaan

Untuk mendanai proyek ini, berbagai sumber pendanaan dapat diakses. Sumber pendanaan utama bisa berasal dari investasi swasta, baik melalui *venture capital* atau *angel investors* yang tertarik dengan teknologi lingkungan. Hibah penelitian dari pemerintah dan lembaga internasional juga menjadi sumber penting, mengingat proyek ini berfokus pada solusi lingkungan yang inovatif. Selain itu, kerjasama dengan industri yang memerlukan teknologi ini untuk kepatuhan regulasi dapat memberikan dana tambahan. Strategi *crowdfunding* juga dapat dipertimbangkan untuk mendapatkan dana dari masyarakat yang peduli dengan isu polusi air.

c. Analisis Biaya dan Manfaat

Analisis biaya dan manfaat (*cost-benefit analysis*) dilakukan untuk memastikan bahwa investasi dalam pengembangan robot ini memberikan nilai ekonomis yang signifikan. Manfaat utama dari robot ini meliputi peningkatan efisiensi pemantauan kualitas air, penurunan biaya operasional jangka panjang, dan pengurangan risiko kerusakan lingkungan. Dari perspektif ekonomi, penggunaan robot ini dapat mengurangi biaya manual labor untuk pengambilan sampel dan analisis kualitas air, yang biasanya memakan biaya operasional tinggi. Selain itu, dengan deteksi dini dan akurat, kerugian ekonomi akibat polusi air yang tidak terdeteksi dapat diminimalisir.

d. Proyeksi Pendapatan

Proyeksi pendapatan dari penjualan robot deteksi polutan air didasarkan pada analisis pasar dan potensi adopsi teknologi. Dengan target pasar utama seperti petani ikan, industri, dan lembaga pemerintah, diestimasi bahwa dalam tahun pertama, penjualan dapat mencapai 100 unit (uji coba risiko keuangan dan mitigasinya) dengan harga jual per unit Rp 8 juta, menghasilkan pendapatan sebesar Rp 800 juta. Pada tahun kedua dan seterusnya, dengan asumsi peningkatan adopsi dan penetrasi pasar yang lebih luas, penjualan diharapkan meningkat menjadi dua kali lipat per tahun. Pendapatan tambahan juga dapat diperoleh dari layanan pemeliharaan dan dukungan teknis, serta penjualan perangkat lunak analisis data yang menyertainya.

e. Analisis *Break-Even Point*

Analisis titik impas (*break-even point*) dilakukan untuk menentukan berapa banyak unit robot yang harus terjual untuk menutup biaya pengembangan dan operasional. Dengan total biaya pengembangan Rp 162 jt dan biaya produksi per unit Rp 5 juta, serta harga jual per unit Rp 8 juta, titik impas tercapai setelah penjualan sekitar 54 unit. Dengan asumsi penjualan 100 unit pada tahun pertama, proyek ini diharapkan mencapai *break-even point* pada pertengahan tahun pertama, dan mulai menghasilkan keuntungan pada paruh kedua tahun pertama.

f. Risiko Keuangan dan Mitigasinya

Setiap proyek teknologi inovatif memiliki risiko keuangan yang perlu diidentifikasi dan dikelola. Risiko utama meliputi keterlambatan pengembangan, biaya produksi yang lebih tinggi dari perkiraan, dan adopsi pasar yang lebih lambat dari yang diharapkan. Untuk mengelola risiko ini, langkah-langkah mitigasi yang dapat diambil antara lain:

- ✚ Manajemen Proyek yang Efektif. Memastikan bahwa proyek berjalan sesuai jadwal melalui perencanaan yang detail dan monitoring yang ketat.
- ✚ Pengendalian Biaya. Melakukan pengendalian biaya yang ketat dan mencari alternatif bahan atau teknologi yang lebih ekonomis jika diperlukan.
- ✚ Strategi Pemasaran yang Agresif. Meningkatkan kesadaran pasar dan mempercepat adopsi teknologi melalui kampanye pemasaran yang intensif dan kolaborasi dengan stakeholder kunci.

Dengan pemahaman yang jelas tentang aspek keuangan ini, proyek pengembangan robot terkontrol deteksi polutan air dapat dikelola dengan lebih baik, memastikan bahwa investasi yang dilakukan memberikan hasil yang optimal bagi semua pihak yang terlibat.

3.6. Aspek Ekonomi & Sosial

Pemahaman mendalam terhadap aspek ekonomi dan sosial ini diperlukan untuk memastikan bahwa teknologi yang dikembangkan tidak hanya memberikan keuntungan finansial, tetapi juga membawa manfaat signifikan bagi masyarakat dan lingkungan.

a. Dampak Ekonomi

Pengembangan dan penerapan robot terkontrol deteksi polutan air memiliki dampak ekonomi yang signifikan bagi berbagai sektor. Dengan teknologi ini, industri dapat mengurangi biaya operasional yang berkaitan dengan pemantauan dan pengelolaan kualitas air. Teknologi ini memungkinkan deteksi dini polusi yang pada gilirannya dapat mencegah kerugian finansial yang disebabkan oleh kerusakan lingkungan, seperti penurunan produktivitas pertanian dan perikanan (Altig et al., 2022). Selain itu, teknologi ini dapat mendorong industri untuk beroperasi lebih efisien dan ramah lingkungan, yang pada akhirnya meningkatkan daya saing mereka di pasar global.

b. Peluang Pekerjaan dan Pengembangan Kompetensi

Proyek ini juga menciptakan peluang pekerjaan baru di bidang teknologi dan lingkungan. Pekerjaan yang diciptakan meliputi penelitian dan pengembangan, manufaktur, pemeliharaan, dan analisis data. Selain itu, peningkatan kebutuhan akan tenaga kerja yang terampil dalam mengoperasikan dan memelihara teknologi ini dapat mendorong lembaga pendidikan dan pelatihan untuk mengembangkan program khusus yang terkait dengan teknologi lingkungan dan robotika. Ini akan meningkatkan kompetensi tenaga kerja lokal dan memperkuat ekonomi berbasis pengetahuan di Indonesia.

c. Peningkatan Kesejahteraan Masyarakat

Dampak sosial dari penggunaan robot deteksi polutan air juga sangat signifikan. Kualitas air yang lebih baik secara langsung meningkatkan kesehatan masyarakat, mengurangi insiden penyakit yang disebabkan oleh air tercemar seperti diare, kolera, dan penyakit kulit (Bergman et al., 2020). Dengan demikian, biaya kesehatan dapat ditekan dan produktivitas masyarakat meningkat. Selain itu, kualitas air yang lebih baik juga mendukung keberlanjutan sumber daya air yang merupakan bagian penting dari kehidupan sehari-hari dan aktivitas ekonomi masyarakat.

d. Dukungan untuk Petani dan Nelayan

Petani dan nelayan merupakan kelompok yang sangat diuntungkan dari teknologi ini. Dengan adanya robot deteksi polutan air, petani dapat memantau kualitas air yang digunakan untuk irigasi, memastikan bahwa air yang digunakan tidak tercemar dan berpotensi merusak tanaman (Gao et al., 2019). Nelayan dan pembudidaya ikan dapat menggunakan data yang dihasilkan oleh robot ini untuk memastikan bahwa air kolam atau tambak mereka memiliki kualitas yang sesuai untuk budidaya ikan, meningkatkan hasil panen dan

kualitas produk perikanan. Hal ini secara langsung meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani dan nelayan.

e. Kesadaran Lingkungan dan Partisipasi Masyarakat

Teknologi ini juga berpotensi meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga kualitas air dan lingkungan. Dengan data yang mudah diakses dan dipahami, masyarakat dapat lebih sadar tentang kondisi lingkungan mereka dan termotivasi untuk berpartisipasi dalam upaya pelestarian lingkungan. Partisipasi aktif dari masyarakat sangat penting untuk keberhasilan program-program lingkungan jangka panjang. Kesadaran ini juga dapat mendorong perilaku yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan, seperti mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan membuang limbah secara benar.

f. Sinergi dengan Program Pemerintah

Pengembangan robot deteksi polutan air juga mendukung berbagai program pemerintah dalam bidang lingkungan dan kesehatan. Teknologi ini sejalan dengan upaya pemerintah untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup dan kesehatan masyarakat. Pemerintah dapat memanfaatkan data yang dihasilkan oleh robot ini untuk perencanaan dan pengambilan keputusan yang lebih baik terkait pengelolaan sumber daya air dan lingkungan. Sinergi ini dapat memperkuat efektivitas program-program pemerintah dan memastikan bahwa kebijakan yang diterapkan didasarkan pada data yang akurat dan relevan.

Secara keseluruhan, pengembangan dan penerapan robot terkontrol deteksi polutan air memberikan manfaat ekonomi dan sosial yang luas, tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing industri, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup dan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan. Dengan teknologi ini, Indonesia dapat bergerak menuju masa depan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

3.7. Aspek Lingkungan

Pemahaman yang mendalam terhadap aspek lingkungan ini diperlukan untuk memastikan bahwa teknologi yang dikembangkan tidak hanya memberikan solusi teknis, tetapi juga membawa manfaat signifikan bagi kelestarian lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

a. Dampak Positif terhadap Kualitas Air

Penggunaan robot terkontrol untuk deteksi polutan air dapat membawa dampak positif yang signifikan terhadap kualitas air di Indonesia. Dengan kemampuan untuk mengukur berbagai parameter kualitas air seperti pH, suhu, dan total padatan partikel, robot ini memungkinkan pemantauan yang lebih akurat dan *real-time* (Latekeng, 2024). Data yang dikumpulkan dapat digunakan untuk mengidentifikasi sumber polusi dan tingkat kontaminasi, yang memungkinkan pihak berwenang untuk mengambil tindakan segera dalam mengatasi masalah tersebut. Dengan demikian, penggunaan teknologi ini dapat membantu dalam mengurangi tingkat polusi air dan meningkatkan kualitas air di sungai, danau, dan sumber air lainnya.

b. Pelestarian Ekosistem Perairan

Kualitas air yang buruk dapat merusak ekosistem perairan, membahayakan flora dan fauna yang bergantung pada air yang bersih. Dengan deteksi polutan yang lebih baik, robot ini dapat membantu dalam pelestarian ekosistem perairan dengan memastikan bahwa air tetap berada dalam kondisi yang mendukung kehidupan biota air. Informasi yang diperoleh dari robot ini juga dapat digunakan untuk mengembangkan strategi konservasi yang lebih efektif, seperti restorasi habitat dan pengendalian populasi spesies invasif. Selain itu, teknologi ini dapat membantu dalam memantau dan melindungi spesies yang terancam punah dengan memastikan bahwa habitat mereka tetap bebas dari polutan berbahaya.

c. Reduksi Limbah Industri dan Domestik

Salah satu manfaat utama dari penggunaan robot deteksi polutan air adalah kemampuannya untuk memantau dan mengurangi limbah industri dan domestik yang mencemari perairan. Dengan deteksi awal dan data yang akurat, industri dapat diminta untuk memperbaiki proses pengolahan limbah mereka sehingga tidak membuang polutan ke perairan. Demikian pula, limbah domestik dapat dikelola dengan lebih baik melalui peningkatan infrastruktur pengolahan air limbah dan pendidikan masyarakat tentang pentingnya pengelolaan limbah yang baik. Pengurangan limbah ini akan berkontribusi pada peningkatan kualitas air secara keseluruhan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

d. Pengurangan Penggunaan Bahan Kimia Berbahaya

Dengan kemampuan untuk memantau kualitas air secara terus-menerus, robot ini dapat membantu dalam mengurangi penggunaan bahan kimia

berbahaya seperti pestisida dan pupuk. Petani dapat menggunakan data yang diperoleh untuk menyesuaikan penggunaan bahan kimia sesuai dengan kebutuhan yang sebenarnya, menghindari penggunaan berlebihan yang dapat mencemari sumber air. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi polusi air tetapi juga meningkatkan keberlanjutan praktik pertanian. Selain itu, pengurangan penggunaan bahan kimia berbahaya ini dapat meningkatkan kesehatan tanah dan mengurangi risiko kesehatan bagi petani dan konsumen.

e. Edukasi dan Kesadaran Lingkungan

Robot deteksi polutan air juga berperan penting dalam edukasi dan peningkatan kesadaran lingkungan. Data dan informasi yang diperoleh dari robot ini dapat digunakan dalam program pendidikan untuk masyarakat, sekolah, dan organisasi lingkungan. Masyarakat dapat lebih memahami kondisi aktual kualitas air di lingkungan mereka dan pentingnya menjaga kebersihan air. Kesadaran ini dapat mendorong perubahan perilaku, seperti mengurangi pembuangan sampah ke sungai dan meningkatkan partisipasi dalam kegiatan bersih-bersih lingkungan (Gunnarsdottir et al., 2020). Edukasi yang baik akan menghasilkan masyarakat yang lebih bertanggung jawab dan proaktif dalam menjaga kualitas lingkungan (Sherrard et al., 1987).

f. Dukungan terhadap Kebijakan Lingkungan

Informasi yang akurat dan real-time dari robot ini dapat mendukung pembuatan kebijakan lingkungan yang lebih efektif. Data yang dikumpulkan dapat digunakan oleh pemerintah dan lembaga terkait untuk mengembangkan regulasi dan standar kualitas air yang lebih ketat. Selain itu, data ini dapat digunakan untuk memantau dan menilai efektivitas kebijakan yang telah diterapkan, memungkinkan penyesuaian dan perbaikan yang diperlukan. Dengan demikian, teknologi ini tidak hanya membantu dalam pemantauan kualitas air tetapi juga dalam pengelolaan sumber daya air yang lebih baik melalui dukungan kebijakan yang berbasis data.

Secara keseluruhan, aspek lingkungan dari penggunaan robot terkontrol deteksi polutan air ini sangat luas dan mencakup berbagai manfaat yang signifikan. Dengan teknologi ini, Indonesia dapat mengambil langkah besar dalam mengatasi masalah polusi air dan menjaga keberlanjutan lingkungan untuk generasi mendatang

DAFTAR PUSTAKA

- Altig, D., Barrero, J. M., Bloom, N., Davis, S. J., Meyer, B., & Parker, N. (2022). Surveying business uncertainty. *Journal of Econometrics*, *231*(1), 282–303. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2020.03.021>
- Bergman, K., Henriksson, P. J. G., Hornborg, S., Troell, M., Borthwick, L., Jonell, M., Philis, G., & Ziegler, F. (2020). Recirculating Aquaculture Is Possible without Major Energy Tradeoff: Life Cycle Assessment of Warmwater Fish Farming in Sweden. *Environmental Science and Technology*, *54*(24), 16062–16070. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01100>
- Gao, G., Xiao, K., & Chen, M. (2019). An intelligent IoT-based control and traceability system to forecast and maintain water quality in freshwater fish farms. *Computers and Electronics in Agriculture*, *166*. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105013>
- Gunnarsdottir, M. J., Gardarsson, S. M., Figueras, M. J., Puigdomènech, C., Juárez, R., Saucedo, G., Arnedo, M. J., Santos, R., Monteiro, S., Avery, L., Pagaling, E., Allan, R., Abel, C., Eglitis, J., Hamsch, B., Hügler, M., Rajkovic, A., Smigic, N., Udovicki, B., Hunter, P. (2020). Water safety plan enhancements with improved drinking water quality detection techniques. *Science of the Total Environment*, *698*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134185>
- Hafni Pardede, D., Ramadhani Tanjung, S., Goli, I., & Ekonomi Dan Bisnis, F. (2022). Business Plan Analysis of the Business Feasibility Case Study Analisis Business Plan terhadap Studi Kasus Kelayakan Usaha. *Januari*, *3*(1), 207–213. <https://doi.org/10.53697/emak.v3i1>
- Hidayat, A., Martini, R., Ristianingrum, A., Priatna, W. B., Indrawan, P., Manalu, D. S. T., Wiraguna, E., Dewi, H., Dewi, S. P., Pratama, A. J., Ratnawati, B., Putri, R. G. H., Manaf, I., Balqis, N., Hanafi, M. H., Ginting, K. J., Rizkialita, A., Darma, R. Y. B., Darmawan, M. D. M., & Siskandar, R. (2024). Predictions and Policies on Carbon Footprint Release Data at the College of Vocational Studies, IPB University (SV IPB) Based on the Contribution of Campus Operational Activities. *Environment and Ecology Research*, *12*(1), 40–53. <https://doi.org/10.13189/eer.2024.120105>

- Kalooop, M. R., El-Diasty, M., & Hu, J. W. (2017). Real-time prediction of water level change using adaptive neuro-fuzzy inference system. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 1320–1332. <https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1327464>
- Latekeng, N. T. S. Y. R. N. I. (2024). Monitoring Kualitas Air Sungai (Kekeruhan, Suhu, TDS, pH) Menggunakan Mikrokontroler Atmega 328. *Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 6(1), 70–75.
- Mili, S., Ennouri, R., Fatnassi, M., Laouar, H., Zarrouk, H., & Chargui, T. (2021). Technical notes on structures of small-scale freshwater fish farming in Tunisia. *Journal of Aquaculture and Marine Biology*, 10(5), 218–223. <https://doi.org/10.15406/jamb.2021.10.00324>
- P., K. (2020). Artificial Recurrent Neural Network Architecture in Customer Consumption Prediction for Business Development. *Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks*, 2(2), 111–120. <https://doi.org/10.36548/jaicn.2020.2.004>
- Prasetyo, B., & Aji, P. T. (2023). Hardware Realization of Long Range (LoRa) Based Telemetry System for Aquaculture Monitoring. In *Journal of Robotics, Automation, and Electronics Engineering* (Vol. 1, Issue 2). <https://journal.student.uny.ac.id/index.php/jraee/index>
- Sherrard, J. H., Moore, D. R., & Dillaha, T. A. (1987). Total dissolved solids: Determination, sources, effects, and removal. *Journal of Environmental Education*, 18(2), 19–24. <https://doi.org/10.1080/00958964.1987.9943484>
- Siahaan, S. D. N., & Hasibuan, N. I. (2021). Analisis Kelayakan Bisnis Restoran Chicken Crush Tuasan Medan. *Niagaawan*, 10(2). <https://doi.org/10.24114/niaga.v10i2.24843>
- Siskandar, R., Wiyoto, W., Santosa, S. H., Hidayat, A. P., Kusumah, B. R., & Darmawan, M. D. M. (2023). Prediction of Freshwater Fish Disease Severity Based on Fuzzy Logic Approach, Arduino IDE and Proteus ISIS. *Universal Journal of Agricultural Research*, 11(6), 1089–1101. <https://doi.org/10.13189/ujar.2023.110616>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode program LoRa transmitter

```

#include <EEPROM.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include "GravityTDS.h"

#define pHPin A0
#define tdsPin A1
#define tempPin 22

#define Offset 0.00
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40

int pHArray[ArrayLenth];
int pHArrayIndex=0;
float temperature = 25, tdsValue = 0;

OneWire oneWire(tempPin);
SoftwareSerial lora(2,3);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
GravityTDS gravityTds;

int arreys[] = {};

void setup() {
  lora.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
  gravityTds.setPin(tdsPin);
  gravityTds.setAref(5.0);
  gravityTds.setAdcRange(1024);
  gravityTds.begin();
}

void loop() {
  static unsigned long samplingTime = millis();
  static unsigned long printTime = millis();
  static float pHValue,voltage;

  sensors.requestTemperatures();
  int tempValue = sensors.getTempCByIndex(0);

```

```

gravityTds.update();
tdsValue = gravityTds.getTdsValue();

if(millis()-samplingTime > samplingInterval)
{
pHArray[pHArrayIndex++]=analogRead(phPin);
if(pHArrayIndex==ArrayLenth)pHArrayIndex=0;
voltage = avergearray(pHArray,
                    ArrayLenth)*5.0/1024;
pHValue = 3.5*voltage+Offset;
samplingTime=millis();
}

if(millis() - printTime > printInterval)
{
Serial.println(pHValue);
Serial.println(tempValue);
Serial.print(tdsValue,0);
}

int arreys[] = {tempValue, pHValue, tdsValue};
String strTemp = String(tempValue);
String strpH =
String(pHValue); String strTds
= String(tdsValue);
String dataToSend = strTemp+","+strpH+","+strTds;

Serial.println(dataToSend);
lora.print(dataToSend); // Send the data
delay(2000);
}

double avergearray(int* arr, int
number){ int i;
int max,min;
double avg;
long
amount=0;
if(number<=0
){
Serial.println("Error number for the array to
avraging!/n");
return 0;
}
}

```

```
if(number<5){
    for(i=0;i<number;i++){
        amount+=arr[i];
    }

    avg = amount/number;
    return avg;
}else{
    if(arr[0]<arr[1]){
        min = arr[0];max=arr[1];
    }

    else{
        min=arr[1];max=arr[0];
    }

    for(i=2;i<number;i++){
        if(arr[i]<min){
            amount+=min; //arr<min
            min=arr[i];
        }else { if(arr[i]>max){
            amount+=max; //arr>max max=arr[i];
        }else{
            amount+=arr[i]; //min<=arr<=max
        }
    }

    }//if
} //for
avg = (double) amount/ (number-2);
} //if return
avg;
}
```

Lampiran 2 Kode program LoRa receiver

```
#include
<SoftwareSerial.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
SoftwareSerial lora(2, 3);
String data =
""; int tempVal
= 0; float
pHVal = 0.0;
float tdsVal =
0.0;

void setup() {
  lcd.init();
  lora.begin(9600);
  Serial.begin(9600);
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print("Data Transfer");
  lcd.setCursor(4,1);
  lcd.print("Completed!");
}

void loop() {
if (lora.available()) {
  data = lora.readString();
  Serial.println("Received data: " + data);
  int delimiterIndex1 = data.indexOf(',');
  int delimiterIndex2 = data.indexOf(',',
                                delimiterIndex1 + 1);
  String tempString = data.substring(0,
  delimiterIndex1);
  String pHString = data.substring(delimiterIndex1 +
  1, delimiterIndex2);
  String tdsString = data.substring(delimiterIndex2
  + 1);
```

```
tempVal = tempString.toInt();
pHVal = pHString.toFloat();
tdsVal = tdsString.toFloat();
Serial.println();
Serial.println("Parsed values:");
Serial.println("Temperature: " + String(tempVal));
Serial.println("pH Value: " + String(pHVal, 2));

Serial.println("TDS Value: " + String(tdsVal, 2));

lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("pH:");
lcd.print(pHVal, 2);
lcd.setCursor(8,0);
lcd.print("Temp:");
lcd.print(tempVal);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("TDS :");
lcd.print(tdsVal, 2);
} else {
Serial.println("No data received");
}

// No delay here to prevent blinking or fading
}
```

Lampiran 3 Kode program logika fuzzy mamdani

```

include <Fuzzy.h>
#include <DHT22.h>
#include <EEPROM.h>
#include
<SoftwareSerial.h>
#include <OneWire.h>
#include
<DallasTemperature.h>
#include "GravityTDS.h"

#define phPin
A0 #define
tdsPin A1
#define tempPin
22

#define Offset 0.00
#define samplingInterval 20
#define printInterval 800
#define ArrayLenth 40

int
pHArray[ArrayLenth];
int pHArrayIndex=0;
float temperature = 25, tdsValue =
0; OneWire oneWire(tempPin);
DallasTemperature
sensors(&oneWire); GravityTDS
gravityTds;

// Fuzzy
Fuzzy *fuzzy = new Fuzzy();

// FuzzyInput
FuzzySet *dingin = new FuzzySet(0, 0, 25.8, 26);
FuzzySet *sedang = new FuzzySet(25.8, 26, 32, 32.2);
FuzzySet *panas = new FuzzySet(32, 32.2, 30, 58);

```



```
// FuzzyInput
FuzzySet *asam = new FuzzySet(0, 0, 5.8, 6);
FuzzySet *netral = new FuzzySet(5.8, 6, 8, 8.2);
FuzzySet *basa = new FuzzySet(8, 8.2, 14, 14);

// FuzzyInput
FuzzySet *baik = new FuzzySet(0, 0, 250, 300);
FuzzySet *buruk = new FuzzySet(250, 300, 1000, 1000);

// FuzzyOutput
FuzzySet *tercemarRingan = new FuzzySet(0, 20, 20,
30);
FuzzySet *tercemarSedang = new FuzzySet(30, 50, 50,
70);
FuzzySet *tercemarBerat = new FuzzySet(60, 80, 80,
100);

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  randomSeed(analogRead(0));

  // FuzzyInput
  FuzzyInput *suhu = new FuzzyInput(1);
  suhu->addFuzzySet(dingin);
  suhu->addFuzzySet(sedang);
  suhu->addFuzzySet(panas);
  fuzzy->addFuzzyInput(suhu);

  // FuzzyInput
  FuzzyInput *ph = new FuzzyInput(2);
  ph->addFuzzySet(asam);
  ph->addFuzzySet(netral);
  ph->addFuzzySet(basa);
  fuzzy->addFuzzyInput(ph);

  // FuzzyInput
  FuzzyInput *tds = new FuzzyInput(3);
  tds->addFuzzySet(baik);
```

```
tds->addFuzzySet (buruk);
fuzzy->addFuzzyInput (tds);

// FuzzyOutput
FuzzyOutput *prediksiPolutan = new FuzzyOutput(1);
prediksiPolutan->addFuzzySet (tercemarRingan);
prediksiPolutan->addFuzzySet (tercemarSedang);
prediksiPolutan->addFuzzySet (tercemarBerat); fuzzy-
>addFuzzyOutput (prediksiPolutan);

    FuzzyRuleAntecedent *asamDANdinginDANbaik = new
FuzzyRuleAntecedent ();
    asamDANdinginDANbaik->joinWithAND (asam, dingin,
baik);
    FuzzyRuleAntecedent *asamDANsedangDANbaik = new
FuzzyRuleAntecedent ();
    asamDANsedangDANbaik->joinWithAND (asam, sedang,
baik);
    FuzzyRuleAntecedent *asamDANpanasDANbaik = new
FuzzyRuleAntecedent ();
    asamDANpanasDANbaik->joinWithAND (asam, panas,
baik);

    FuzzyRuleAntecedent *asamDANdinginDANburuk = new
FuzzyRuleAntecedent ();
    asamDANdinginDANburuk->joinWithAND (asam, dingin,
buruk);
    FuzzyRuleAntecedent *asamDANsedangDANburuk = new
FuzzyRuleAntecedent ();
    asamDANsedangDANburuk->joinWithAND (asam, sedang,
buruk);
    FuzzyRuleAntecedent *asamDANpanasDANburuk = new
FuzzyRuleAntecedent ();
    asamDANpanasDANburuk->joinWithAND (asam, panas,
buruk);

    FuzzyRuleAntecedent *netralDANdinginDANbaik = new
FuzzyRuleAntecedent ();
    netralDANdinginDANbaik->joinWithAND (netral, dingin,
```

```
baik);
    FuzzyRuleAntecedent *netralDANsedangDANbaik = new
FuzzyRuleAntecedent();
    netralDANsedangDANbaik->joinWithAND(netral, sedang,
baik);
    FuzzyRuleAntecedent *netralDANpanasDANbaik = new
FuzzyRuleAntecedent();
    netralDANpanasDANbaik->joinWithAND(netral,
panas, baik);

    FuzzyRuleAntecedent *netralDANdinginDANburuk = new
FuzzyRuleAntecedent();

    netralDANdinginDANburuk->joinWithAND(netral, dingin,
buruk);
    FuzzyRuleAntecedent *netralDANsedangDANburuk = new
FuzzyRuleAntecedent();
    netralDANsedangDANburuk->joinWithAND(netral,
sedang, buruk);
    FuzzyRuleAntecedent *netralDANpanasDANburuk = new
FuzzyRuleAntecedent();
    netralDANpanasDANburuk->joinWithAND(netral, panas,
buruk);

    FuzzyRuleAntecedent *basaDANdinginDANbaik = new
FuzzyRuleAntecedent();
    basaDANdinginDANbaik->joinWithAND(basa, dingin,
baik);
    FuzzyRuleAntecedent *basaDANsedangDANbaik = new
FuzzyRuleAntecedent();
    basaDANsedangDANbaik->joinWithAND(basa, sedang,
baik);
    FuzzyRuleAntecedent *basaDANpanasDANbaik = new
FuzzyRuleAntecedent();
    basaDANpanasDANbaik->joinWithAND(basa, panas,
baik);

    FuzzyRuleAntecedent *basaDANdinginDANburuk = new
FuzzyRuleAntecedent();
```

```

    basaDANdinginDANburuk->joinWithAND(basa, dingin,
buruk);
    FuzzyRuleAntecedent *basaDANsedangDANburuk = new
FuzzyRuleAntecedent();
    basaDANsedangDANburuk->joinWithAND(basa, sedang,
buruk);
    FuzzyRuleAntecedent *basaDANpanasDANburuk = new
FuzzyRuleAntecedent();
    basaDANpanasDANburuk->joinWithAND(basa, panas,
buruk);

    FuzzyRuleConsequent *airtercemarBerat = new
FuzzyRuleConsequent();
    airtercemarBerat->addOutput(tercemarBerat);

    FuzzyRuleConsequent *airtercemarSedang = new
FuzzyRuleConsequent();
    airtercemarSedang->addOutput(tercemarSedang);
    FuzzyRuleConsequent *airtercemarRingan = new
FuzzyRuleConsequent();
    airtercemarRingan->addOutput(tercemarRingan);

    FuzzyRule *fuzzyRule1 = new FuzzyRule(1,
asamDANdinginDANbaik, airtercemarSedang);
    fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule1);
    FuzzyRule *fuzzyRule2 = new
FuzzyRule(2,
asamDANsedangDANbaik,
    airtercemarRingan); fuzzy-
    >addFuzzyRule(fuzzyRule2); FuzzyRule
    *fuzzyRule3 = new FuzzyRule(3,
asamDANpanasDANbaik,
    airtercemarSedang); fuzzy-
    >addFuzzyRule(fuzzyRule3); FuzzyRule
    *fuzzyRule4 = new FuzzyRule(4,
asamDANdinginDANburuk,
    airtercemarBerat); fuzzy-
    >addFuzzyRule(fuzzyRule4); FuzzyRule
    *fuzzyRule5 = new FuzzyRule(5,

```

```

asamDANsedangDANburuk,
    airtercemarSedang); fuzzy-
>addFuzzyRule(fuzzyRule5); FuzzyRule
*fuzzyRule6 = new FuzzyRule(6,
asamDANpanasDANburuk,
    airtercemarBerat); fuzzy-
>addFuzzyRule(fuzzyRule6); FuzzyRule
*fuzzyRule7 = new FuzzyRule(7,
netralDANdinginDANbaik,
    airtercemarRingan); fuzzy-
>addFuzzyRule(fuzzyRule7); FuzzyRule
*fuzzyRule8 = new FuzzyRule(8,
netralDANsedangDANbaik,
    airtercemarRingan); fuzzy-
>addFuzzyRule(fuzzyRule8); FuzzyRule
*fuzzyRule9 = new FuzzyRule(9,
netralDANpanasDANbaik,
    airtercemarRingan); fuzzy-
>addFuzzyRule(fuzzyRule9);
    FuzzyRule *fuzzyRule10 = new FuzzyRule(10,
netralDANdinginDANburuk, airtercemarSedang);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule10);
    FuzzyRule *fuzzyRule11 = new
    FuzzyRule(11,
netralDANsedangDANburuk,
    airtercemarRingan); fuzzy-
>addFuzzyRule(fuzzyRule11);

    FuzzyRule *fuzzyRule12 = new FuzzyRule(12,
netralDANpanasDANburuk, airtercemarSedang);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule12); FuzzyRule
*fuzzyRule13 = new FuzzyRule(13,
basaDANdinginDANbaik, airtercemarSedang);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule13); FuzzyRule
*fuzzyRule14 = new FuzzyRule(14,
basaDANsedangDANbaik, airtercemarRingan);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule14); FuzzyRule
*fuzzyRule15 = new FuzzyRule(15,
basaDANpanasDANbaik, airtercemarSedang);
fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule15); FuzzyRule

```

```

    *fuzzyRule16 = new FuzzyRule(16,
    basaDANdinginDANburuk, airtercemarBerat);
    fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule16); FuzzyRule
    *fuzzyRule17 = new FuzzyRule(17,
    basaDANsedangDANburuk, airtercemarSedang);
    fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule17); FuzzyRule
    *fuzzyRule18 = new FuzzyRule(18,
    basaDANpanasDANburuk, airtercemarSedang);
    fuzzy->addFuzzyRule(fuzzyRule18);
    }

void loop()
{
    static unsigned long samplingTime = millis();
    static unsigned long printTime = millis();
    static float pHValue,voltage;
    int input1 = sensors.getTempCByIndex(0);
    int input2 = dht22.getHumidity();
    int input3 = gravityTds.getTdsValue();

    Serial.println("\n\n\nData Masuk: ");
    Serial.print("\t\tSuhu: ");
    Serial.print(input1);
    Serial.print(", pH: ");
    Serial.print(input2);
    Serial.print(", dan TDS: ");
    Serial.println(input3);

    fuzzy->setInput(1,
    input1);          fuzzy-
    >setInput(2,      input2);
    fuzzy->setInput(3,
    input3);

    fuzzy->fuzzify();

    Serial.println("Input: ");
    Serial.print("\tSuhu: Dingin-> ");

```

```

Serial.print(dingin-
>getPertinence()); Serial.print(",
Sedang-> "); Serial.print(sedang-
>getPertinence()); Serial.print(",
Panas-> "); Serial.println(panas-
>getPertinence());

Serial.print("\tpH: Asam-> ");
Serial.print(kering-
>getPertinence()); Serial.print(",
Netral-> "); Serial.print(normal-
>getPertinence()); Serial.print(",
Basa-> "); Serial.println(basah-
>getPertinence());

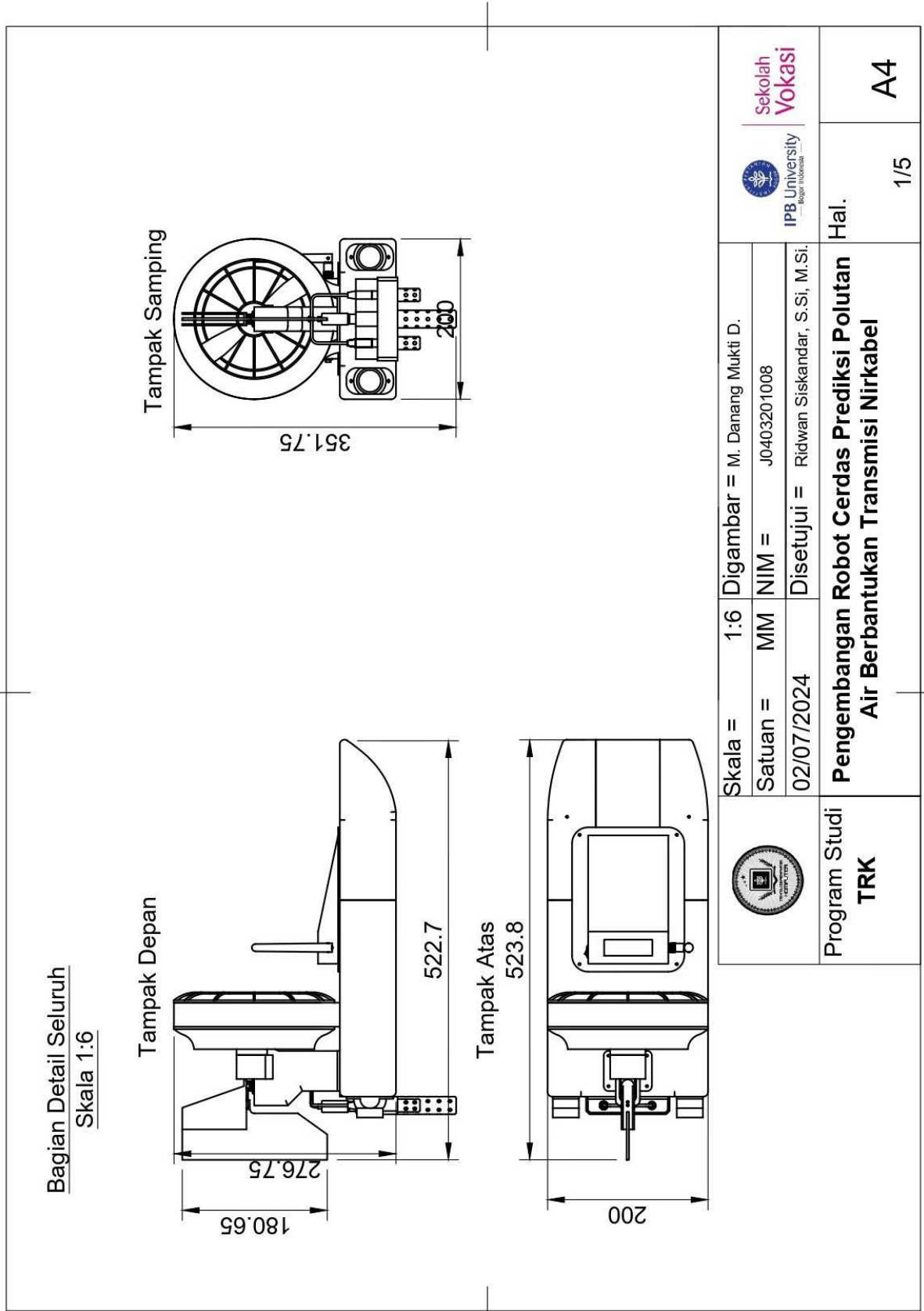
Serial.print("\tTDS: Baik-> ");
Serial.print(kering-
>getPertinence()); Serial.print(",
Buruk-> "); Serial.print(normal-
>getPertinence());

float output1 = fuzzy->defuzzify(1);

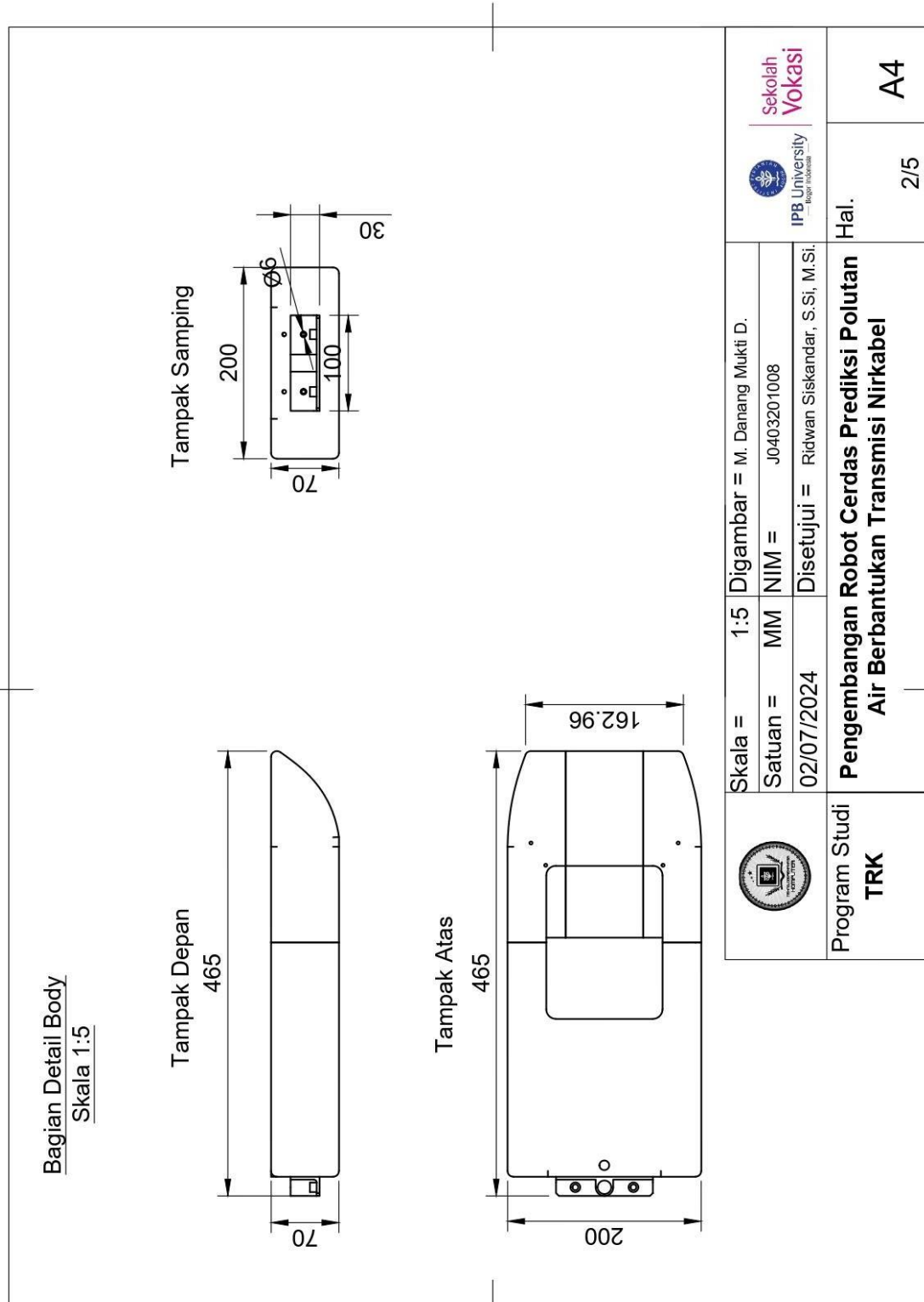
Serial.println("Output: ");
Serial.print("\tKondisi Air: tercemarRingan->
"); Serial.print(tercemarRingan-
>getPertinence()); Serial.print(",
tercemarSedang-> ");
Serial.print(tercemarSedang->getPertinence());
Serial.print(", tercemarBerat-> ");
Serial.println(tercemarBerat->getPertinence());

Serial.println("Result: ");
Serial.print("\t\t\tPersentase Polutan Air: ");
Serial.print(output1);
}

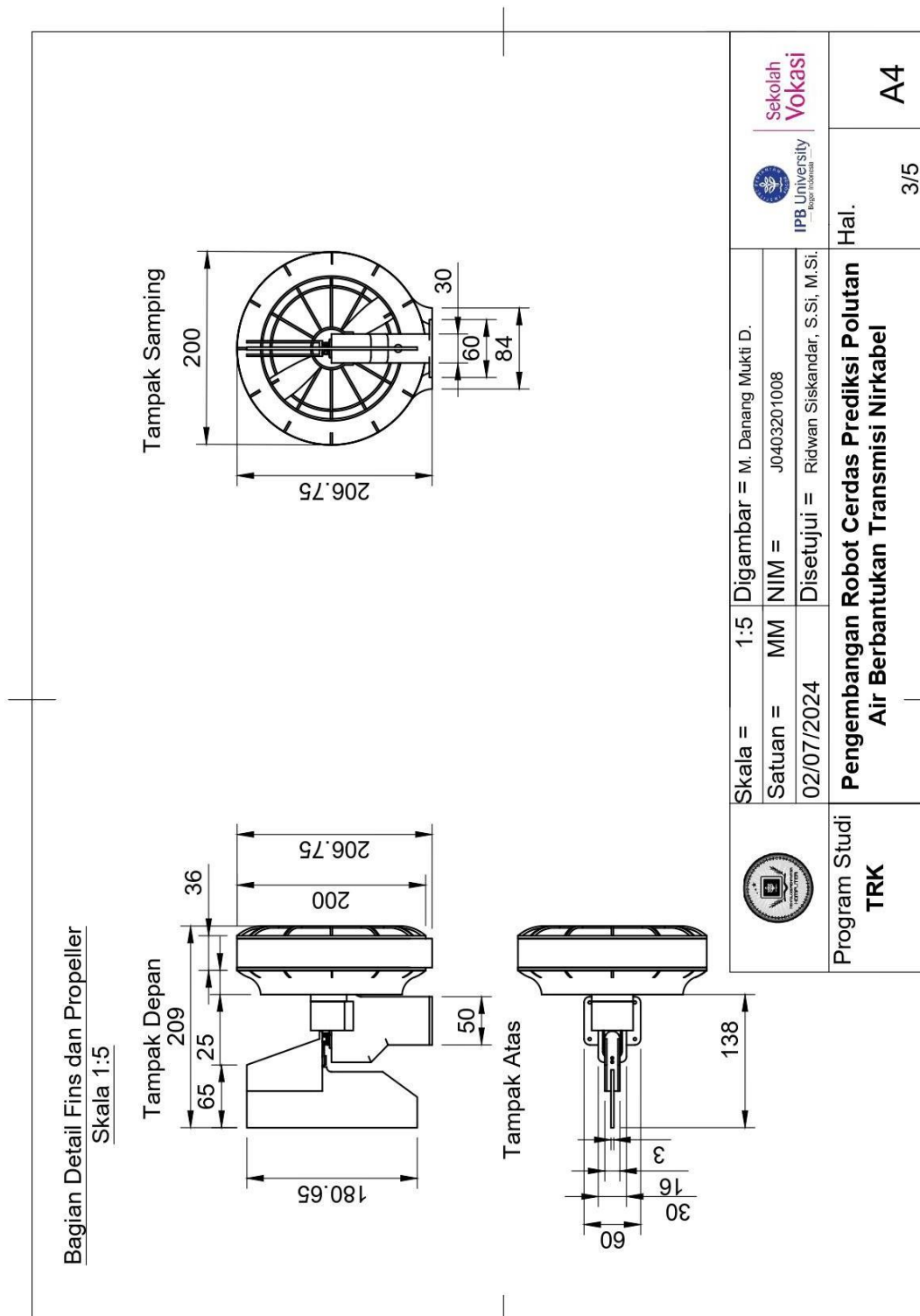
```



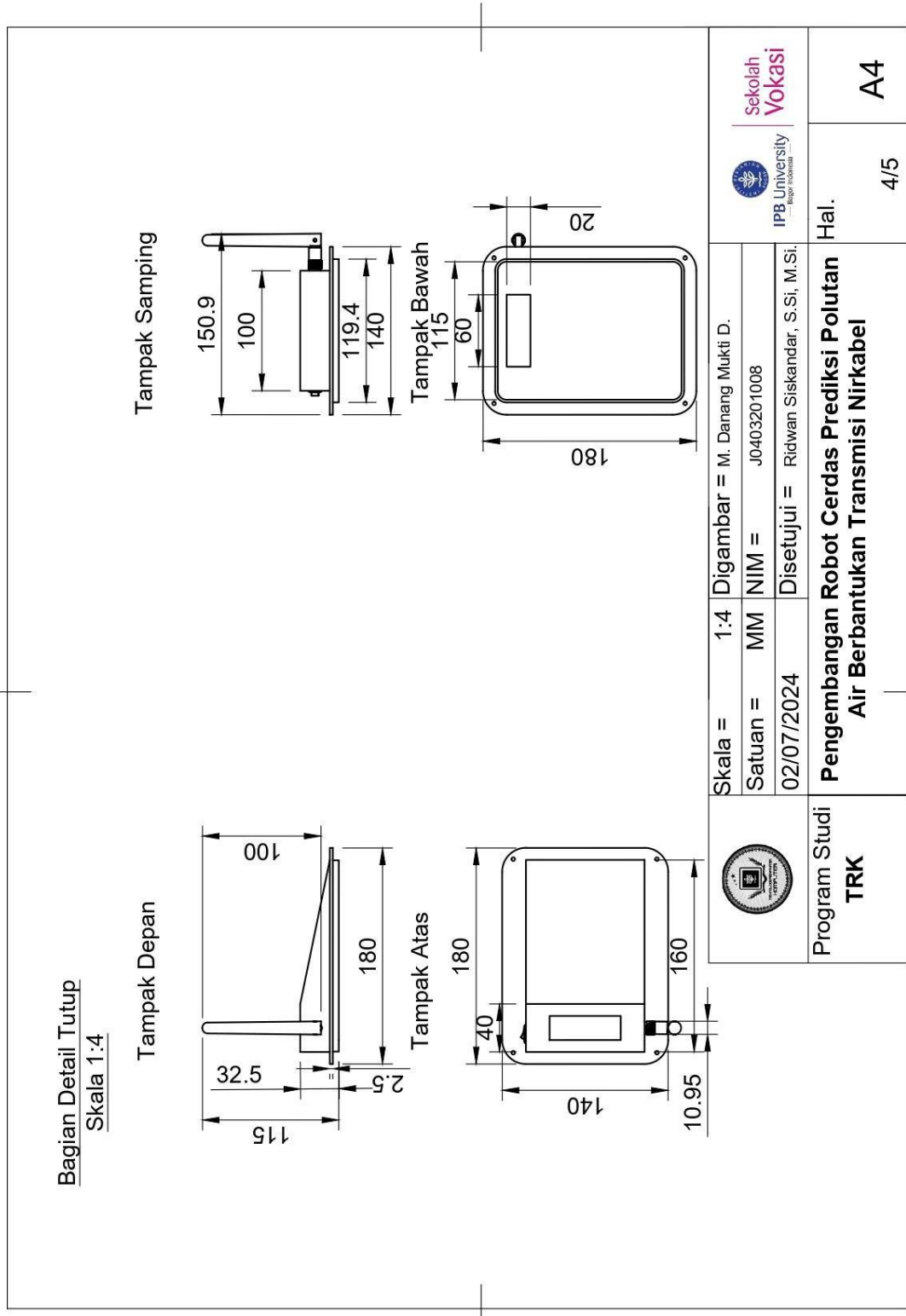
Lampiran 5 Gambar teknik body rangka robot



Lampiran 6 Gambar teknik sirip dan pelindung kipas robot



Lampiran 7 Gambar teknik tutup rangka robot



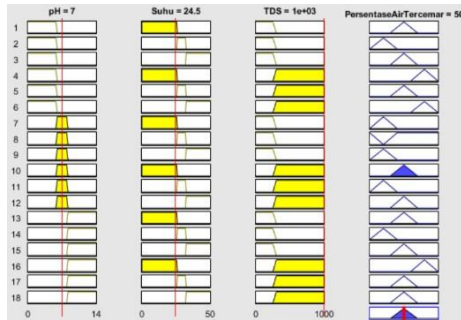
Lampiran 8 Gambar teknik robot per bagian

12	Shield belakang
11	Shield
10	Propeller shield
9	Motor bracket
8	Electronic cover
7	Body 2
6	Servo shield
5	Servo Mount - Arm Metal Standard
4	Servo MG995
3	Propeller
2	A2212 1000KV Brushless
1	PH-probe (Atlas Instruments)
Item	Part Number

23	Antenna_WiFi_RP-SMA_conn v2
22	MINI SWITCH LED v2
19	Sensor DS18B20
18	Sensor TDS
17	Filter Sensor
13	Fins
Item	Part Number

Parts List	
Skala =	1:10
Satuan =	MM
02/07/2024	
Digambar = M. Denang Mukti D. NIM = J0403201008 Disetujui = Ridwan Siskandar, S.Si, M.Si.	
 Program Studi TRK	IPB University Sekolah Vokasi
Pengembangan Robot Cerdas Prediksi Polutan Air Berbantuan Transmisi Nirkabel	
Hal.	5/5
A4	

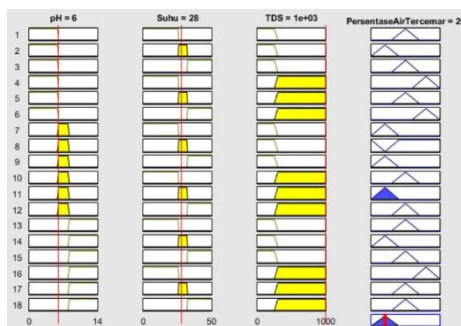
Lampiran 9 Uji prediksi persentase polutan air berbasis software



```

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'CO... New

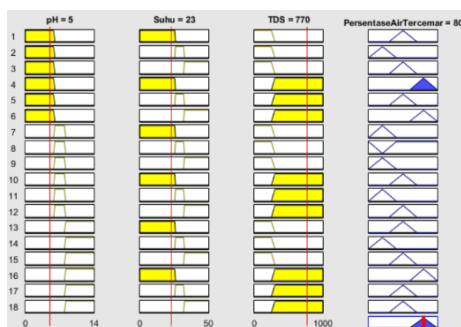
16:43:51.664 -> Data Entrance:
16:43:51.664 -> TDS : 1000
16:43:51.697 -> Temp: 24.5
16:43:51.697 -> pH : 7
16:43:51.697 ->
16:43:51.697 -> Result:
16:43:51.729 -> Percentage Pollution: 50
16:43:51.729 ->
  
```



```

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'CO... New

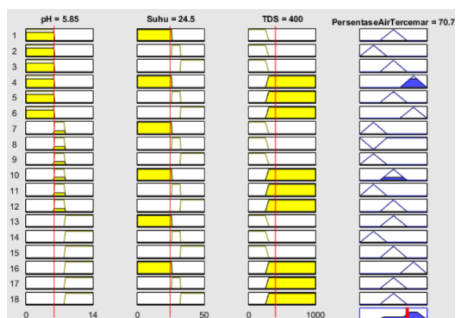
16:43:57.706 -> Data Entrance:
16:43:57.808 -> TDS : 1000
16:43:57.808 -> Temp: 28
16:43:57.812 -> pH : 6
16:43:57.812 ->
16:43:57.812 -> Result:
16:43:57.812 -> Percentage Pollution: 20
16:43:57.820 ->
  
```



```

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'CO... New

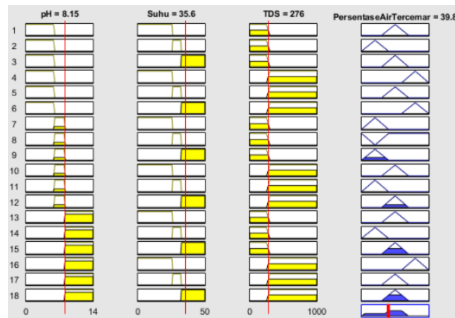
16:44:03.783 -> Data Entrance:
16:44:03.816 -> TDS : 770
16:44:03.816 -> Temp: 23
16:44:03.816 -> pH : 5
16:44:03.816 ->
16:44:03.816 -> Result:
16:44:03.848 -> Percentage Pollution: 80
16:44:03.890 ->
  
```



```

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'CO... New

16:44:09.853 -> Data Entrance:
16:44:09.853 -> TDS : 400
16:44:09.887 -> Temp: 24.5
16:44:09.887 -> pH : 5.85
16:44:09.887 ->
16:44:09.887 -> Result:
16:44:09.920 -> Percentage Pollution: 70.7
16:44:09.960 ->
  
```



```
Output Serial Monitor X
Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'CO... New
16:44:15.927 -> Data Entrance:
16:44:15.927 ->           TDS : 276
16:44:15.960 ->           Temp: 35.6
16:44:15.960 ->           pH  : 8.15
16:44:15.960 ->
16:44:15.960 -> Result:
16:44:15.993 ->           Percentage Pollution: 39.8
16:44:16.032 ->
```