

**Pengembangan Sistem Deteksi Objek Berbasis Sonar
Menggunakan Transduser Piezoelektrik Untuk Pencitraan Bawah
Air**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Adri Kartadinata

221341001



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:
**Pengembangan Sistem Deteksi Objek Berbasis Sonar
Menggunakan Transduser Piezoelektrik Untuk Pencitraan Bawah
Air**

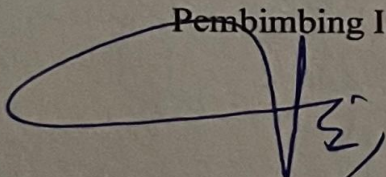
Oleh:
Adri Kartadinata
221341001

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 04 Agustus 2025

Disetujui,

Pembimbing I,

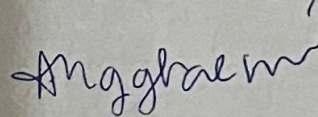


Dr. Setyawan Ajie Sukarno, SST.,

M.T., M.Sc.Eng.

NIP. 198004282008102001

Pembimbing II,

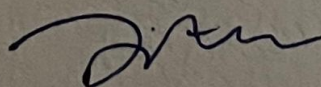


Anggraeni Mulyadewi, S.Si., M.T.

NIP. 199612172024062002

Disahkan,

Penguji II,




Fitriya Suryatini, S.Pd.,

M.T.

NIP. 198804242018032001

Penguji III,



Aan Eko Setiawan, S.T.,

M.T.

NIP. 199306082024061002

Dr. Ing. Yuliadi Erdani,

M.Sc., Dipl.El.HTL.

NIP. 196807021997021001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adri Kartadinata
NIM : 221341001
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Sistem Deteksi Objek Berbasis Sonar Menggunakan Transduser Piezoelektrik Untuk Pencitraan Bawah Air

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 04-Agustus-2025
Yang Menyatakan,

(Adri Kartadinata)
NIM 221341001

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adri Kartadinata
NIM : 221341001
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Sistem Deteksi Objek Berbasis Sonar Menggunakan Transduser Piezoelektrik Untuk Pencitraan Bawah Air

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 04-Agustus-2025
Yang Menyatakan,

(Adri Kartadinata)
NIM 221341001

MOTO PRIBADI

Ada kalanya jalan yang ditempuh terasa penuh batu dan liku yang memanjang tanpa ujung. Namun berhenti karena gentar hanyalah menunda tujuan yang sudah menanti di kejauhan. Saat rintangan berdiri menghadang, tetaplah melangkah dengan hati yang mantap, tempuh setiap lekuk dengan keyakinan, sebab untuk mencapai keberhasilan tidak dituntut kesempurnaan; yang diperlukan hanyalah keberanian untuk memulai dan terus melaju meski langkah masih goyah.

Dalam gentar justru keberanian ditempa, ketika napas tercekak namun langkah tetap bergerak. Waktu tidak berhenti menunggu ratap, ia terus berjalan tanpa menoleh. Maka setiap kesempatan harus digenggam, setiap kejatuhan harus dijawab dengan bangkit. Karena langkah yang teguh, walau kecil, akan membawa pada puncak yang abadi.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Pengembangan Sistem Deteksi Objek Berbasis Sonar Menggunakan Transduser Piezoelektrik Untuk Pencitraan Bawah Air”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesainya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat., S.S.T., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ridwan., S.S.T., M.Eng.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Bapak Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si., M.Si.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Dr. Setyawan Ajie Sukarno, S.ST., M.T., M.Sc.Eng., dan Ibu Anggraeni Mulyadewi, S.Si., M.T.

5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Dr. Ing. Yuliadi Erdani, M.Sc., Dipl.El.HTL., Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T., dan Bapak Aan Eko Setiawan, S.T., M.T.
6. Panitia Tugas Akhir yang telah mengoordinasikan seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir dengan baik.
7. Teristimewa, penulis persembahkan rasa hormat dan kasih sayang yang mendalam kepada kedua orang tua tercinta, Heldani Oktorina (Ibu) dan Dadan Ibrahim (Bapak). Terima kasih atas doa yang tak pernah putus, cinta yang tulus, serta segala pengorbanan dan dukungan, baik moril maupun materi. Berkat kasih sayang dan ketulusan beliau berdua, penulis dapat melewati setiap proses hingga akhirnya menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk adik saya tercinta, Mirza Arramdani Kartadinata, serta seluruh saudara saya, terima kasih atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang selalu menguatkan saya.
9. Untuk partner saya, Linda Agustin, terima kasih telah setia menemani, mendukung, dan memberikan semangat di setiap proses yang saya jalani hingga tugas akhir ini terselesaikan.
10. Untuk Teman-teman saya geng bu Shanti (Ahmad, Anugrah, Alfin, Hidayah, Fabian, Galih, Mumtaz)
11. Kepada Bapak Aria Maulana, selaku CEO PT Alfaro Subsea, beserta seluruh tim yang telah membantu dalam proses pembuatan dan penulisan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 4 Agustus 2025

Penulis

ABSTRAK

Kebutuhan akan sistem pengindraan bawah laut terus meningkat seiring dengan bertambahnya aktivitas eksplorasi dan pemantauan lingkungan perairan, terutama karena visibilitas sering kali menurun akibat partikel tersuspensi seperti sedimen yang menyerap atau membiaskan cahaya, sehingga sistem visual sulit mengenali objek. Hal ini bisa mengganggu navigasi dan menyebabkan kegagalan deteksi. Penelitian sebelumnya menggunakan dua sensor DYP-L04 secara menyilang untuk mengukur volume sedimen, namun akurasinya terganggu oleh interferensi sinyal dan getaran motor, dengan deviasi rata-rata 4–7%. Penelitian ini merancang sistem sonar menggunakan enam sensor ultrasonik berbasis piezoelektrik DYP-L04 yang dipasang statis pada *casing* berbahan ABS. Sensor disusun dalam konfigurasi sektoral dengan sudut tetap $17,05^\circ$ hingga $162,95^\circ$, mencakup bidang horizontal 175° . Setiap sensor bekerja bergantian menggunakan komunikasi UART ke mikrokontroler Arduino Uno dengan jeda 50 milidetik. Data jarak ditransmisikan ke Python dan divisualisasikan dalam koordinat kartesian 2D. Uji performa dilakukan melalui pengukuran sudut deteksi, tingkat kekeruhan, dan kemampuan visualisasi objek. Sensor mulai mendeteksi dari sudut 10° hingga 170° , dengan deviasi pembacaan 0,03–0,05 cm. Pada uji kekeruhan dengan tiga tingkat kejernihan, deviasi tertinggi 1,13 cm muncul pada jarak 100 cm. Deteksi objek menggunakan ikan dan mika bening menunjukkan sistem mampu menampilkan posisi objek hingga 300 cm di GUI. Sistem ini berhasil direalisasikan dan dapat mendeteksi objek bawah air dalam berbagai tingkat kejernihan secara visual.

Kata kunci: Sonar, Piezoelektrik, Arduino, Deteksi, Visualisasi

ABSTRACT

The need for underwater sensing systems continues to grow alongside the increasing activities in marine exploration and environmental monitoring, especially due to reduced visibility caused by suspended particles such as sediment that absorb or refract light, making it difficult for visual systems to detect objects. This limitation compromises navigational accuracy and may result in detection failures. Prior studies employing dual DYP-L04 ultrasonic sensors in a crosswise arrangement aimed to estimate sediment volume but were hindered by signal interference and motor-induced vibration, yielding an average deviation of 4–7%. This research presents the development of a static sonar-based system utilising six piezoelectric based DYP-L04 ultrasonic transducers mounted on an ABS housing. The sensors are arranged in a sectorial configuration with fixed angular positions ranging from 17.05° to 162.95°, offering a horizontal coverage of 175°. Each sensor operates sequentially via UART communication interfaced with an Arduino Uno microcontroller, incorporating a 50-millisecond interval between transmissions. Distance measurements are relayed to a Python-based interface and Graphically rendered in a 2D Cartesian coordinate system. Performance evaluation encompassed angular detection capacity, turbidity level assessment, and object visualisation efficacy. The system demonstrated effective detection across a 10° to 170° arc, with measurement deviations confined to 0.03–0.05 cm. Under varying turbidity conditions, the highest deviation, 1.13 cm, was recorded at a distance of 100 cm. Object detection trials employing a live fish and a transparent acrylic sheet confirmed the system's capability to accurately depict object positioning up to 300 cm on the GUI. Conclusively, the system was successfully implemented and proved capable of visual underwater object detection across differing turbidity levels, offering a viable solution for subaqueous spatial monitoring in low-visibility environments.

Keywords: Ultrasonic, Piezoelectric, Microcontroller, Detection, Visualization

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI).....	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan Penelitian.....	I-4
I.5 Manfaat Penelitian.....	I-4
I.6 Sistematika Penulisan.....	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 <i>Ultrasonic Wave</i> (Gelombang Ultrasonik)	II-1
II.1.2 Piezoelektrik	II-1
II.1.3 <i>Underwater Acoustic transceiver</i>	II-2
II.1.4 SONAR (<i>Sound Navigation and Ranging</i>).....	II-3
II.1.5 <i>Time-of-flight (ToF)</i>	II-4
II.1.6 <i>Beam Spread</i>	II-5
II.1.7 <i>Piezoelectric Array</i>	II-5
II.1.8 Lebar Sudut Pancaran Sensor DYP-L04.....	II-6
II.2 Tinjauan Alat.....	II-6
II.2.1 <i>Ultrasonic Sensor DYP-L04</i>	II-6
II.2.2 Mikrokontroler Arduino UNO	II-8
II.2.3 Plastik ABS	II-9

II.3	Studi Penelitian Terdahulu	II-9
BAB III	METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH.....	III-1
III.1	<i>Requirements</i>	III-1
III.2	<i>System Design</i>	III-3
III.3	<i>Domain-specific design</i>	III-3
III.3.1	Domain Mekanik.....	III-4
III.3.2	Domain Elektrik.....	III-8
III.3.3	Domain Informatik.....	III-11
III.3.3.1	<i>Graphical Unit Interface</i>	III-12
III.3.4	<i>System Integration</i>	III-17
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1	Hasil Desain Sistem.....	IV-1
IV.2	Uji Pemetaan Jangkauan Deteksi Sensor pada Konfigurasi <i>Array</i> Statis IV-1	
IV.2.1	Tujuan Pengujian:	IV-1
IV.2.2	Metode dan Skema Pengujian:.....	IV-2
IV.2.3	Data Hasil Pengujian pendeteksian tiap sudut	IV-3
IV.3	Uji Karakteristik Respons Spasial Transduser DYP-L04 pada Konfigurasi Statis <i>Multi</i> -Sudut	IV-8
IV.3.1	Tujuan Pengujian:	IV-8
IV.3.2	Metode dan Skema Pengujian:.....	IV-8
IV.3.3	Data Hasil Pengujian:.....	IV-10
IV.4	Uji Pengaruh Keketukan Medium terhadap Deviasi Pengukuran Jarak IV-20	
IV.4.1	Tujuan Pengujian:	IV-20
IV.4.2	Metode dan Skema Pengujian:.....	IV-20
IV.4.3	Data Hasil Pengujian:.....	IV-24
IV.5	Uji Akurasi Sensor Ultrasonik DYP-L04 pada Deteksi Jarak dalam Air Berkeketukan Variatif.....	IV-28
IV.5.1	Tujuan Pengujian:	IV-28
IV.5.2	Metode dan Skema Pengujian:.....	IV-29
IV.5.3	Data Hasil Pengujian:.....	IV-32
IV.6	Uji Deteksi Beberapa Jenis Objek	IV-35
IV.6.1	Tujuan Pengujian:	IV-35
IV.6.2	Metode dan Skema Pengujian:.....	IV-35
BAB V	PENUTUP.....	V-1
V.1.1	Kesimpulan	V-1

V.1.2	Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA	V-1
LAMPIRAN	V-1

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Fitur Sensor DYP-L04.....	II-7
Tabel II. 2 Penelitian Terdahulu.....	II-10
Tabel III. 1 Persyaratan Sistem.....	III-2
Tabel III. 2 List Komponen Elektrikal.....	III-9
Tabel III. 3 Koneksi Elektrik antar komponen.....	III-9
Tabel III. 4 Deskripsi Fitur Tab Sonar.....	III-13
Tabel III. 5 Deskripsi Fitur Tab Sonar saat dijalankan.....	III-15
Tabel III. 6 Fitur Sonar Untuk Pengaturan <i>Port Serial</i>	III-16
Tabel III. 7 List Komponen.....	III-17
Tabel IV. 1 Hasil pengujian sudut untuk Sensor 1 sampai dengan sensor 3.....	IV-3
Tabel IV. 2 Hasil pengujian sudut untuk Sensor 4 sampai dengan sensor 6.....	IV-5
Tabel IV. 3 Tabel Data Uji Sudut Sensor 1.....	IV-14
Tabel IV. 4 Tabel Data Uji Sudut Sensor 2.....	IV-15
Tabel IV. 5 Tabel Data Uji Sudut Sensor 3.....	IV-16
Tabel IV. 6 Tabel Data Uji Sudut Sensor 4.....	IV-17
Tabel IV. 7 Tabel Data Uji Sudut Sensor 5.....	IV-18
Tabel IV. 8 Tabel Data Uji Sudut Sensor 6.....	IV-19
Tabel IV. 9 Pengujian jarak SONAR pada air jernih.....	IV-27
Tabel IV. 10 Pengujian Jarak SONAR pada air keruh.....	IV-27
Tabel IV. 11 Hasil Pengukuran Kondisi <i>Turbidity</i> Ringan (14–15%).....	IV-32
Tabel IV. 12 Hasil Pengukuran Kondisi <i>Turbidity</i> Menengah (49–51%).....	IV-33
Tabel IV. 13 Hasil Pengukuran Kondisi <i>Turbidity</i> Berat (86–87%).....	IV-34
Tabel IV. 14 Hasil Deteksi Mika Transparan.....	IV-37
Tabel IV. 15 Hasil Deteksi Ikan Nila.....	IV-40
Tabel IV. 16 Hasil Deteksi Dedaunan.....	IV-42

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Material Piezoelektrik <i>Cymbal</i> [11]	II-1
Gambar II. 2 Cara kerja sistem sonar[30]	II-3
Gambar II. 3 Gelombang pantul dari berbagai permukaan miring yang ditargetkan[31].	II-4
Gambar II. 4 Ilustrasi <i>Beam Spread</i> [33]	II-5
Gambar II. 5 Sudut Pancar DYP-L04[24].....	II-6
Gambar II. 6 Sensor DYP-L04.....	II-6
Gambar II. 7 Ukuran Transducer seri DYP-L04 [24]	II-7
Gambar II. 8 Mikrokontroler Arduino UNO.....	II-8
Gambar II. 9 Roll ABS[36].....	II-9
Gambar III. 1 Skema VDI 2206.....	III-1
Gambar III. 2 Gambaran Umum Sistem	III-3
Gambar III. 3 Desain tiga dimensi <i>Casing</i>	III-4
Gambar III. 4 Gambar Desain Mekanik <i>Casing</i>	III-5
Gambar III. 5 Desain tiga dimensi Tutup <i>Casing</i> `	III-7
Gambar III. 6 Gambar Desain Mekanik Tutup <i>Casing</i>	III-7
Gambar III. 7 Rancangan Domain Elektrik	III-8
Gambar III. 8 <i>Design</i> informatik System.....	III-11
Gambar III. 9 Desain GUI SONAR untuk <i>Tab</i> Sonar	III-12
Gambar III. 10 Desain GUI SONAR utuk <i>Tab</i> Sonar ketika dijalankan.....	III-14
Gambar III. 11 Desain GUI SONAR untuk Pengaturan <i>Port Serial</i>	III-15
Gambar III. 12 Integrasi Sistem Dalam <i>Casing</i>	III-17
Gambar III. 13 Integrasi Sistem Luar <i>Casing</i>	III-18
Gambar IV. 1 Bak untuk Pengujian Sudut.....	IV-2
Gambar IV. 2 Busur derajat untuk mengukur sudut objek	IV-2
Gambar IV. 3 Hasil pengujian GUI untuk sudut 170 derajat untntuk sensor 1 ...	IV-3
Gambar IV. 4 Kolam Ikan pengujian.....	IV-8
Gambar IV. 5 Pengukuran Jarak menggunakan meteran sebelum pengujian....	IV-9
Gambar IV. 6 Menggunakan Busur Derajat sebagai acuan untuk sudut (0°)....	IV-9
Gambar IV. 7 Menggunakan Busur Derajat sebagai acuan untuk sudut (15°) IV-10	
Gambar IV. 8 Data uji sudut 0 derajat pada sensor 1.....	IV-11
Gambar IV. 9 Data uji sudut 10 derajat pada sensor 1.....	IV-11
Gambar IV. 10 Data uji sudut 15 derajat pada sensor 2.....	IV-12
Gambar IV. 11 Data uji sudut 20 derajat pada sensor 4.....	IV-12
Gambar IV. 12 Data uji sudut 5 derajat pada sensor 3.....	IV-13
Gambar IV. 13 Grafik Deviasi Sudut Sensor 1	IV-14
Gambar IV. 14 Grafik Deviasi Sudut Sensor 2	IV-15
Gambar IV. 15 Grafik Deviasi Sudut Sensor 3.....	IV-16
Gambar IV. 16 Grafik Deviasi Sudut Sensor 4.....	IV-17
Gambar IV. 17 Grafik Deviasi Sudut Sensor 5.....	IV-18
Gambar IV. 18 Grafik Deviasi Sudut Sensor 6.....	IV-19
Gambar IV. 19 Kolam Renang Pengujian untuk Uji di Air Jernih	IV-20
Gambar IV. 20 Kolam Ikan untuk pengujian untuk Uji di Air Keruh	IV-21
Gambar IV. 21 Sensor <i>Turbidity</i> Untuk Air yang jernih	IV-21
Gambar IV. 22 Pengujian di Air Jernih untuk jarak dekat (30 cm)	IV-22
Gambar IV. 23 Pengujian di Air Jernih untuk jarak jauh (300 cm).....	IV-22

Gambar IV. 24 Sensor <i>Turbidity</i> untuk air yang keruh.....	IV-23
Gambar IV. 25 Pengujian di Air keruh untuk jarak dekat (10 cm).....	IV-23
Gambar IV. 26 Pengujian di Air Keruh Jarak Jauh (300 cm).....	IV-24
Gambar IV. 27 Data Uji GUI untuk jarak 1 cm pada sensor 2 (Air Jernih)	IV-25
Gambar IV. 28 Data Uji GUI untuk jarak 1 cm pada sensor 2 (Air Keruh)	IV-25
Gambar IV. 29 Data Uji GUI untuk jarak 300 cm pada sensor 2 (Air Jernih) IV-26	
Gambar IV. 30 Data Uji GUI untuk jarak 300 cm pada sensor 2 (Air Keruh) IV-26	
Gambar IV. 31 Kalibrasi Sensor <i>Turbidity</i>	IV-29
Gambar IV. 32 Hasil Voltage yang keluar ketika air jernih	IV-29
Gambar IV. 33 Pengujian <i>Turbidity</i> Sensor di air dengan kekeruhan ringan ..	IV-30
Gambar IV. 34 Pengujian <i>Turbidity</i> Sensor di air dengan kekeruhan menengah	IV-31
Gambar IV. 35 Pengujian <i>Turbidity</i> Sensor di air dengan kekeruhan berat	IV-31
Gambar IV. 36 Pengujian pada jarak 100 cm untuk air dengan Kekeruhan Ringan	IV-32
Gambar IV. 37 Pengujian pada jarak 100 cm untuk air dengan Kekeruhan Menengah.....	IV-33
Gambar IV. 38 Pengujian pada jarak 100 cm untuk air dengan Kekeruhan Berat	IV-34
Gambar IV. 39 Skema Pengujian untuk beberapa objek	IV-36
Gambar IV. 40 Pengujian menggunakan mika pada jarak 30 cm.....	IV-36
Gambar IV. 41 Pengujian menggunakan mika pada jarak 300 cm.....	IV-37
Gambar IV. 42 Hasil Pembacaan Mika pada jarak 300 cm	IV-37
Gambar IV. 43 Pengujian menggunakan ikan nila pada jarak 30 cm.....	IV-38
Gambar IV. 44 Pengujian menggunakan ikan nila pada jarak 300 cm.....	IV-39
Gambar IV. 45 Hasil Pembacaan ikan Nila pada jarak 300 cm.....	IV-39
Gambar IV. 47 Pengujian menggunakan daun pada jarak 30 cm	IV-41
Gambar IV. 48 Pengujian menggunakan daun pada jarak 300 cm	IV-41
Gambar IV. 49 Hasil Pembacaan Dedaunan pada jarak 300 cm	IV-42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil *Similarity test* menggunakan Turnitin

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

I = arus listrik [Ampere]

E = beda potensial [Volt]

R = resistansi [Ohm]

t = waktu [detik]

d = jarak objek [centimeter]

v = kecepatan rambat gelombang suara di air [meter per detik]

f = frekuensi gelombang ultrasonik [Hertz]

θ = sudut pancaran sensor [derajat]

%Error = persentase deviasi hasil pengukuran terhadap acuan [%]

S = jumlah sensor yang digunakan [-]

N = jumlah sampling per sensor [-]

ToF = Time of Flight [detik]

UART = Universal Asynchronous Receiver Transmitter [-]

TX = Transmit line (jalur kirim data) [-]

RX = Receive line (jalur terima data) [-]

ABS = Acrylonitrile Butadiene Styrene (bahan casing) [-]

PCB = Printed Circuit Board [-]

GUI = Graphical User Interface [-]

DYP-L04 = Tipe sensor ultrasonik piezoelektrik [-]

ADC = Analog to Digital Converter [-]

cm = centimeter [satuan panjang]

mm = millimeter [satuan panjang]

ms = millisecond [satuan waktu]

V = tegangan listrik [Volt]

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dewasa ini, pengindraan bawah laut menjadi semakin penting seiring meningkatnya kebutuhan eksplorasi dan monitoring di lingkungan perairan. Namun, visibilitas di bawah permukaan air sering kali menurun tajam akibat partikel atau sedimen yang mengapung[1]. Partikel-partikel ini membiaskan atau menyerap cahaya, sehingga menghambat perambatannya dan menurunkan efektivitas deteksi visual. Kondisi tersebut dapat membahayakan operasional perangkat, mengganggu navigasi, atau bahkan menyebabkan kegagalan dalam proses identifikasi objek bawah air.[2][3][4]. Akibatnya, benda yang sebenarnya dekat sekali pun bisa sulit terlihat oleh pengindraan visual[5][6].

Cahaya memiliki keterbatasan dalam air karena tiap warna dalam spektrum memiliki daya tembus berbeda; merah dan jingga cepat menghilang dalam jarak 3–5 meter, sementara biru dan hijau bisa menembus lebih dalam. Kondisi ini diperburuk oleh pantulan permukaan yang tidak stabil, pengaruh cuaca, serta pencahayaan dasar perairan yang tidak merata[7][8]. Selain itu, saat cahaya berpindah dari udara ke air, terjadi pembiasan akibat perbedaan sifat fisik kedua medium, yang mengganggu akurasi sistem berbasis pantulan atau serapan optik. Akibatnya, sensor inframerah dan perangkat optis lain sering tidak dapat bekerja secara maksimal, sehingga sistem penginderaan visual gagal memberikan data spasial yang utuh dan stabil[9][10].

Menyiasati kelemahan sensor optik, teknologi akustik menawarkan alternatif lewat transduser piezoelektrik. Komponen ini mengubah energi listrik menjadi getaran mekanis penghasil gelombang ultrasonik[11][12][13]. Di medium air, gelombang suara merambat dengan kecepatan 1500 meter per detik dengan redaman lebih rendah pada frekuensi menengah hingga tinggi[14][15]. Metode pengukuran time-of-flight, mencatat selisih waktu pancar dan tangkap gema, memungkinkan kalkulasi jarak objek meski visibilitas buruk. Beberapa varian sensor kini mencapai frekuensi 2 MHz dengan sudut pancar sempit ($\pm 3,5^\circ$), meminimalkan interferensi

dan menekan kesalahan pengukuran hingga 5 cm[16][17][18][19]. Sistem ini bekerja dengan baik di berbagai jenis perairan dengan respons yang cepat. Data hasil ukur langsung dikirim ke mikrokontroler secara digital, disertai jeda antar-pengukuran untuk mencegah tabrakan sinyal[20][21].

Penelitian sebelumnya menggunakan dua sensor DYP-L04 yang dipasang menyilang untuk mengukur volume sedimen, dengan satu sensor membaca panjang secara horizontal dan satu lagi membaca tinggi secara vertikal. Sistem ini dikendalikan oleh Arduino dan melibatkan motor penggerak. Terdapat deviasi rata-rata 7,75% pada tinggi, 4,1% pada panjang, dan 6,6% pada lebar. Masalah utama yang muncul adalah interferensi sinyal saat kedua sensor aktif bersamaan serta gangguan akurasi akibat getaran dari motor[22].

Merujuk penelitian terdahulu, sistem sonar bawah air yang konsisten sebaiknya menghindari mekanisme gerak dan juga memiliki aktivasi sensor yang teratur. Penelitian ini merancang sistem pengindraan berbasis enam sensor ultrasonik DYP-L04 yang disusun tetap dalam bentuk *array* tanpa bagian bergerak. Sensor ditempatkan pada sudut pancar $\pm 7,5^\circ$ untuk menjangkau area horizontal mendekati 180° secara sektoral, mencakup sisi kiri, kanan, dan depan tanpa tumpang tindih. Sudut ini dipilih agar area rawan dapat terpantau optimal tanpa menimbulkan gangguan antar sensor atau data berlebih. Pengaturan pembacaan dilakukan secara bergantian menggunakan Arduino UNO melalui pin UART dengan *Software Serial*, diatur secara teratur agar setiap sensor aktif pada waktunya[23]. Saat diaktifkan, setiap sensor mengirimkan paket data berisi: satu *byte* inisiasi, dua *byte* hasil ukur, plus satu *byte* penanda validitas [24].

Waktu aktivasi antar sensor diatur agar tiap saluran bekerja secara bergiliran tanpa saling ganggu, jadi tidak ada data yang tumpang tindih atau saling tabrakan. Sistem ini memastikan jalur komunikasi dari mikrokontroler dapat membaca dan mengirim secara bergantian dengan teratur. Pada *casing* bagian depan, sensor DYP-L04 dipasang dengan sudut yang sudah ditentukan sehingga area pantau saling melengkapi tanpa perlu mekanisme rotasi, semua komponen kelistrikan ditempatkan dalam *casing* yang tertutup rapat. Mekanisme penutup *casing* menggunakan cincin karet elastis (*O-Ring*) diletakkan pada alur yang berfungsi untuk menahan air masuk. Tiap unit sensor melakukan pengukuran jarak, kemudian

data jarak diolah secara kolektif oleh mikrokontroler sehingga membentuk representasi grafis berbentuk bidang datar pada GUI. Citra hasil olahan ini memungkinkan pengguna memantau situasi bawah air secara *real-time*.

I.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab sejumlah pertanyaan terkait pengembangan sistem deteksi objek berbasis sonar menggunakan transduser piezoelektrik yang diuji pada kondisi air tenang :

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem SONAR menggunakan sensor ultrasonik DYP-L04?
2. Bagaimana kinerja sistem SONAR DYP-L04 dalam mendeteksi objek bawah air?

Dengan menjawab pertanyaan-pertanyaan ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang nyata dalam mendorong perkembangan teknologi pendeteksi bawah laut yang lebih tepat guna dan dapat diandalkan.

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Pengujian dilakukan dalam air tenang tanpa mempertimbangkan pengaruh arus, tekanan, turbulensi, atau keberadaan biota. Fokusnya diarahkan pada kondisi laboratorium yang stabil.
2. Sistem menggunakan mikrokontroler Arduino UNO tanpa tambahan perangkat komputasi tingkat lanjut seperti FPGA atau GPU.
3. Sudut cakupan deteksi dibatasi hingga 175 derajat, menyesuaikan susunan tetap enam sensor pada prototipe.
4. Tampilan GUI data hasil deteksi dalam bentuk dua dimensi sederhana, seperti posisi objek dan potensi tabrakan, tanpa fitur pemrosesan lanjutan atau integrasi peta digital.
5. Bidang pantul yang digunakan sebagai target dipastikan berada pada posisi stabil dan tidak berpindah selama proses uji.

6. Pengujian tidak mencakup kondisi ekstrem seperti interferensi suara, pantulan ganda, atau variasi salinitas, agar fokus tetap pada uji performa sensor secara dasar.
7. Jarak pembacaan sensor dibatasi antara 5 hingga 300 cm sesuai spesifikasi sensor yang digunakan.
8. Pengukuran jarak sensor ultrasonik hanya dilakukan pada ketinggian air hingga sekitar 1 m, sehingga variasi performa pada jarak lebih pendek atau lebih panjang tidak dibahas.

I.4 Tujuan Penelitian

1. Merancang dan merealisasikan prototipe sistem SONAR berbasis sensor ultrasonik DYP-L04 sebagai alat pemetaan objek bawah air, dengan memperhatikan aspek mekanik, elektronik, serta pemrograman antarmuka pengukuran.
2. Menguji performa sistem SONAR yang dikembangkan dalam mendeteksi keberadaan dan posisi objek di dalam air, serta mengevaluasi hasil pengukurannya melalui pengamatan langsung dalam lingkungan akuatik tertutup.

I.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan alternatif teknologi penginderaan berbasis gelombang suara yang dapat tetap berfungsi di lingkungan perairan dengan tingkat kekeruhan tinggi dan jarak pandang terbatas, menggantikan sistem berbasis cahaya yang tidak efektif dalam kondisi tersebut.
2. Mendukung pengembangan perangkat sonar digital yang mampu mendeteksi objek bawah air secara *real-time* dan menampilkan data hasil pengukuran melalui antarmuka grafis, sehingga dapat digunakan dalam kegiatan observasi, pemetaan ekosistem perairan, dan identifikasi objek dasar tanpa memerlukan instrumen mekanik kompleks.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut. BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu yang berkaitan dengan penelitian, komponen dan aplikasi yang digunakan, serta melihat hasil pencapaian dan potensi pengembangan dari penelitian terdahulu dengan kajian yang sama. BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berikut perancangan domain mekanik, domain elektrik, dan domain informatika yang disertai pemodelan dan perencanaan integrasi sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi jawaban permasalahan yang dirumuskan, dan penjelasan mengenai hasil-hasil penelitian.