

PURWARUPA SISTEM SONAR UNTUK DETEKSI OBJEK BAWAH AIR

PROTOTYPE OF SONAR SYSTEM FOR UNDERWATER OBJECT DETECTION

Astenio Fahreza D¹, Erfansyah Ali², Edwar³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung.

¹astenfhrz@student.telkomuniversity.ac.id, ²erfansyahali@telkomuniversity.ac.id,

³edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Sound Navigation and Ranging (SONAR) adalah teknologi untuk mendeteksi objek dan mengukur jarak dengan menggunakan gelombang suara atau akustik sebagai medianya. SONAR menggunakan metode perkiraan waktu kedatangan dari gelombang echo yang terkirim untuk mengetahui jarak terhadap objek tersebut. Salah satu penerapan sistem SONAR adalah pada kapal selam.

Dari penerapan sistem SONAR yang ada, mayoritas sistem membutuhkan lebih dari satu transduser dan peletakkannya berbeda-beda. Tujuan dari peletakan yang berbeda tersebut adalah meningkatkan kemampuan kerja, terutama sudut pancar dari transduser tersebut. Tugas Akhir ini mengusulkan untuk menggunakan sebuah motor stepper pada transdusernya dengan tujuan sistem mampu melakukan pemindaian secara berotasi satu putaran penuh. Sistem SONAR pada Tugas Akhir ini menggunakan mikrokontroler untuk membangkitkan frekuensi kerja sebesar 60KHz.

Sistem SONAR ini mampu mendeteksi target mulai dari jarak 70 cm hingga 600 cm dan mampu menampilkan hasil dalam peta dua dimensi, lengkap dengan informasi mengenai jarak dan sudut. Pada jarak 70 cm, akurasi sistem mampu mendeteksi hingga 100 persen. Namun seiring dengan meningkatnya jarak, akurasi sistem mulai berkurang. Tingkat akurasi sistem bervariasi antara 87.23% hingga 97.5%. Bahkan pada jarak 120 cm sudut 180° dan 470 cm sudut 45°, sistem mengalami kesalahan atau kelebihan deteksi dengan margin kesalahan masing-masing 1.67% dan 3.19%. Namun, kelebihan ini jarang terjadi dan penyebabnya adalah modul AJ-SR04M sebagai menjadi modul pengukur jarak yang terkadang mengalami kesalahan.

Kata Kunci: Sistem Sonar, Deteksi Objek Bawah Air, Mikrokontroler, Motor Stepper

Abstract

Sound Navigation and Ranging (SONAR) is a technology which use for detecting object and measure range use sound wave or acoustic wave as its media. SONAR using time arrival prediction from sent echo wave to know how much range with the object. One application of SONAR system is on the submarine.

From the existing applications of SONAR system, many of them needs more than one transducer and its variety placement. The purpose of this variety placement is enhance its capability, especially beam angle of transducer. This bachelor thesis suggest to install a stepper motor on transducer with the intention of full rotation scanning. This SONAR system uses microcontroller to generate 60KHz working frequency.

This SONAR system could detect target from 70 cm to 600 range and also could display in two dimensional map, complete with information of range and azimuth. In 70 cm range, system's accuracy could detect target up to 100%. But with the increased range, system's accuracy become decreased. Variation of accuracy from 87.23% to 97.5%. Even, in 120 cm range 180° azimuth and 470 cm 45° azimuth, system are experienced of error or overlapping detection with 1.67% and 3.19% of error margin. However, this error rarely happens and caused by AJ-SR04M module as its measuring range which sometime makes a mistake.

Keywords: Sonar System, Underwater Object Detection, Microcontroller, Stepper Motor

1. Pendahuluan

Wilayah laut meliputi 70% dari luas wilayah bumi [1]. Dari luas laut tersebut, manusia baru mengeksplorasi 5% dari wilayah tersebut. Faktor penyebab kurangnya eksplorasi laut adalah keterbatasan alat yang mampu menahan tekanan dari air laut tersebut. Adapun penemuan manusia yang setidaknya sudah mampu melakukan pemetaan bawah laut yaitu Sound Navigation and Ranging (SONAR).

Awal abad 20, manusia menggunakan teknologi ini untuk mencari kapal Titanic yang tenggelam pada tahun 1912 serta mendeteksi kapal selam musuh pada perang dunia pertama [2]. Angkatan laut Inggris dan Perancis mengembangkan sistem SONAR *Allied Submarine Detection Investigation Committee* (ASDIC) yang beresonansi secara mekanik pada frekuensi 38KHz pada tahun 1918.

Pada tahun 1994, Schafer [3] meneliti tentang hidrofon gelombang kejut dengan tujuan mengurangi biaya pembuatan, menentukan hubungan antara tahanan elektroda dan sensitivitas hidrofon, mengembangkan pendekatan pemantauan tahanan. Tahun 2000, Gough [4] bersama Hayes dan Wilkinson meneliti tentang algoritma yang

memungkinkan data dari beberapa hidrofona *Synthetic Aperture Sonar* (SAS) bergabung secara efektif untuk digunakan sebagai prosedur rekonstruksi citra pada hidrofona tunggal.

Selanjutnya pada tahun 2006, Repetto [5] bersama Palmese dan Trucco meneliti tentang desain dan penilaian sistem pencitraan SONAR tiga dimensi berbiaya rendah berbasis sparse array. Pada tahun 2011, Rajeshwari [6] bersama Kannan, Dilsha, dan Atmanand menunjukkan perkembangan dari hidrofona sub-array sebanyak empat buah dalam rentang frekuensi kerja dari 12 hingga 24 KHz.

Kemudian di tahun 2012, Umchid [7] melakukan eksperimen mengenai pengaruh meningkatnya frekuensi dan ukuran membran hidrofona terhadap pola direktivitas. Umchid menggunakan bahan untuk membran yaitu *Polyvinylidene Difluoride* (PVDF). Pada tahun 2015, Umchid [8] kembali melakukan penelitian berupa kalibrasi probe hidrofona ultrasonik pada frekuensi 250KHz hingga 1 MHz. Hasil dari penelitian ini adalah kalibrasi substitusi dengan *Time Delay Spectrometry* (TDS) mampu melakukan kalibrasi probe hidrofona ultrasonik.

Pada tahun yang sama, Papa bersama Del Core [9] meneliti tentang model SONAR untuk pendaratan yang aman pada *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Pada tahun 2018, Miftahul Firdaus [10] meneliti tentang SONAR dengan transduser ultrasonik array untuk deteksi target dua dimensi berdasarkan jarak yang dilakukan di medium udara.

Pada tahun 2019, Satrio [11] melakukan penelitian lanjutan dari Miftahul yaitu SONAR dengan transduser array untuk deteksi target dua dimensi berdasarkan jarak. Tahun 2019, Yasser bersama Erfansyah dan Aloysius [12] melakukan penelitian purwarupa RADAR ultrasonik yang menggunakan sensor SRF05 sebagai pendeteksi, motor servo untuk penentu sudut, Arduino Uno sebagai masukan dan keluaran perintah serta perangkat lunak Processing untuk menampilkan hasil deteksi.

Dari penelitian yang sudah terlaksana, belum ada sistem SONAR bawah air dengan transduser tunggal yang berputar. Untuk dapat meningkat sudut pancar yang lebih luas, sistem SONAR yang ada menggunakan susunan transduser secara array baik itu secara melingkar maupun memanjang. Hal lain yang menjadi dasar pembuatan Tugas Akhir ini adalah sistem SONAR yang ada masih tidak efisien karena transduser yang tidak diputar memiliki sudut pancar pada arah tertentu dan berbiaya tinggi secara komponennya. Tugas Akhir ini mengusulkan untuk menggunakan sebuah motor stepper sebagai penggerak transduser agar dapat meningkatkan kinerja, terutama sudut pancar dari SONAR tersebut. Tugas Akhir ini juga menampilkan hasil deteksi target dalam peta dua dimensi.

2. Dasar Teori

2.1 SONAR

SONAR atau *Sound Navigation and Ranging* adalah sebuah teknologi yang menggunakan gelombang suara atau akustik untuk mendeteksi suatu benda dan mengukur jarak terhadap benda tersebut [13]. Cara kerja SONAR yaitu mengirimkan gelombang akustik melalui transduser. Saat gelombang mengenai suatu objek, maka akan ada umpan balik ke transduser berupa gelombang pantul yang memiliki nama lain gema atau echo.

Dalam penerapan kerja SONAR, terbagi atas dua yaitu aktif dan pasif. SONAR Aktif adalah SONAR dengan transduser yang bekerja sebagai pengirim gelombang sekaligus penerima pantulannya. Gelombang terkirim atau *ping* akan memiliki waktu jeda antara satu dengan lainnya [10]. Waktu jeda ini yang merupakan penentuan jarak dari SONAR terhadap target. Berikut adalah rumus penentuan jarak.

$$R = \frac{v \times \Delta t}{2} \quad (2.1)$$

Pada persamaan (2.1) [11], R atau *range* adalah jarak yang terhitung dari SONAR ke target, Δt (*echo time*) adalah waktu jeda antara gelombang terkirim yang artinya durasi dari gelombang terkirim ke target hingga kembali ke transduser. Sementara v atau *velocity* adalah laju perambatan gelombang akustik.

2.2 Karakteristik Gelombang Akustik Dalam Sebuah Medium

Gelombang akustik atau suara adalah sebuah getaran mekanik. Kecepatan dari suara bergantung dari seberapa cepat energi getaran yang menyebar di sepanjang medium [13]. Gelombang akustik memiliki karakteristik yang berbeda-beda dalam setiap medium, baik di udara maupun di air. Berikut tabel yang berisi kecepatan suara atau gelombang akustik di medium udara, air, dan air laut.

Tabel 2.1 Kecepatan Suara di Udara dan Air

Medium	Kecepatan
Udara (suhu 20°C)	344 m/s
Air tawar (suhu 20°C)	1482 m/s
Air laut (suhu 20°C)	1522 m/s

Pada tabel 2.1 [13], perbandingan antara kecepatan suara di air dengan di udara sangat jauh, mencapai lima kali lipat. Faktor yang menyebabkan kecepatan suara berbeda jauh adalah massa jenis. Udara memiliki massa jenis sebesar 1.225 kilogram per meter kubik, sementara air sebesar 999 kilogram per meter kubik. Semakin besar massa jenis suatu bahan, maka semakin rapat ikatan antar molekul bahan tersebut dan menyebabkan gelombang

suara dapat merambat lebih cepat serta lebih jauh. Walaupun sama sama cair, antara air tawar dan laut juga memiliki perbedaan kecepatan suara. Hal yang menyebabkan perbedaan tersebut adalah suhu, tekanan, dan kadar garam atau salinitas [13].

2.3 Pengolahan Gelombang Kontinyu pada SONAR

Gelombang kontinyu atau Continuous Wave (CW) memiliki dua wujud, yaitu berbentuk dan tidak berbentuk [13]. Tidak berbentuk memiliki arti bahwa amplitudanya rata seiring dengan durasi pulsa dan dikenal dengan bentuk pulsa persegi panjang. Jika pulsa berbentuk persegi panjang, maka akan mendapat besar daya pada domain waktu dengan menggunakan transformasi Fourier. Pada persamaan 2.2, f adalah frekuensi sistem SONAR dan τ adalah durasi. Dari transformasi ini, dapat ditentukan juga lebar pita dari pulsa persegi panjang yang tertuang pada persamaan 2.3.

$$F(f) = \frac{[\sin(\pi f \tau)]^2}{\pi^2 f^2 \tau^2} \quad (2.6)$$

$$W = \frac{3}{4\tau} \quad (2.7)$$

2.4 Cross-Section pada SONAR

Jika pada RADAR menyebutkan istilah Radar Cross-Section (RCS) untuk mendefinisikan luas area dari target yang terdeteksi, maka pada SONAR mengenal istilah Target Strength (TS). TS merupakan perbandingan dalam skala desibel antara gelombang pantul terhadap gelombang suara yang mengenai target [13]. Persamaan 2.5 menampilkan perbandingan matematisnya.

$$TS = 10 \log \left(\frac{I_r}{I_i} \right) = 10 \log \left[\frac{\sigma}{4\pi} \right] \quad (2.4)$$

Pada persamaan 2.5, I_r adalah intensitas dari gelombang pantul yang bergantung pada karakteristik fisis dari target serta karakteristik sinyal dan I_i merupakan intensitas gelombang saat mengenai target. Sementara σ adalah backscattering cross-section yaitu nilai yang mewakili gelombang suara terhambur saat mengenai target, bergantung pada ukuran, bentuk dan daya pantul dari target.

2.5 Motor Stepper

Motor stepper adalah salah satu jenis motor yang bertindak sebagai aktuator [14]. Penggerak ini digunakan pada bidang yang terkait dengan robotika. Motor stepper tersusun dari kumparan pada bagian stator dan ferromagnetic pada rotor. Susunan inilah yang menyebabkan motor stepper dapat berputar pada sudut sesuai kebutuhan, baik searah jarum jam atau bahkan sebaliknya. Perputaran pada motor stepper tidak lepas dari peran mikrokontroler, yaitu dengan mengatur langkah atau sudut putar pada motor.

Motor stepper memiliki dua fasa, namun beberapa model ada yang memiliki tiga hingga lima fasa. Dengan kombinasi dua fasa, motor stepper dapat bergerak sebanyak 20 hingga 24 langkah per revolusi [14]. Setiap langkahnya menentukan seberapa besar sudut langkahnya. Menentukan sudut langkah atau resolusi yaitu dengan persamaan 2.6. Pada persamaan 2.6, θ_s merupakan besar sudut langkah. N adalah jumlah langkah putar. Jadi, resolusi merupakan pembagian dari sudut satu putaran yang dibagi terhadap banyak langkah putar. Motor stepper juga memiliki kecepatan putar dalam setiap menit untuk dapat melangkah. Menentukan kecepatan putar yaitu dengan persamaan 2.7 [14]. Pada persamaan 2.7, RPM merupakan besar putaran dalam satu menit. θ_s adalah besar sudut dalam setiap langkah. f_z adalah besar frekuensi pulsa. 60 dalam persamaan ini adalah 60 detik.

$$\theta_s = \frac{360^\circ}{N} \quad (2.5)$$

$$RPM = \frac{\theta_s}{360^\circ} \times f_z \times 60 \quad (2.6)$$

2.6 Arduino

Arduino [15] adalah papan sirkuit yang berbasis programmable open source, artinya setiap orang dapat menanamkan program atau perintah di dalam papan ini. Arduino menggunakan bahasa pemrograman C++. Papan sirkuit ini adalah mikrokontroler yang mampu diprogram untuk merasakan dan mengendalikan benda nyata. Karena fleksibel dan murah, Arduino menjadi pilihan yang sangat populer bagi orang-orang yang hendak membuat perangkat keras yang interaktif. Arduino merupakan sebuah platform awal bagi orang yang hendak terjun ke dunia pemrograman. Dalam dunia nyata, ada berbagai macam papan sirkuit Arduino tergantung dari spesifikasi kemampuan dan ukurannya. Untuk dapat memberi perintah ke dalam Arduino, ada sebuah perangkat lunak dengan nama Arduino IDE yang berfungsi sebagai tempat kerja program. Untuk dapat menghubungkan antara perangkat lunak dan papan sirkuitnya, Arduino menggunakan interface USB.

2.7 Transduser Elektroakustik

Transduser merupakan perangkat dengan fungsi mengubah energi tertentu menjadi energi yang lain. Sementara transduser elektroakustik merupakan perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi suara [13], begitupun sebaliknya. Seperti pada perancangan antena, baik bentuk, dimensi, dan bahan akan mempengaruhi pola pancar, termasuk sudut pancar yang nantinya akan berpengaruh pada kekuatan gelombang terkirim.

2.8 Optocoupler

Sensor optocoupler atau photocoupler adalah komponen elektronik yang di dalamnya terdapat Light Emitting Diode (LED) dan phototransistor dan berfungsi sebagai antarmuka untuk dua rangkaian yang berbeda tegangan[17]. Cara kerja dari sensor ini adalah LED mengubah nilai tegangan ke dalam bentuk intensitas cahaya dan photodiode mengubah kembali ke nilai tegangan. Selain sebagai antarmuka dua rangkaian, optocoupler mampu menghilangkan ketidakcocokan pada impedansi serta meningkatkan kemampuan isolasi antara masukan dan keluaran.

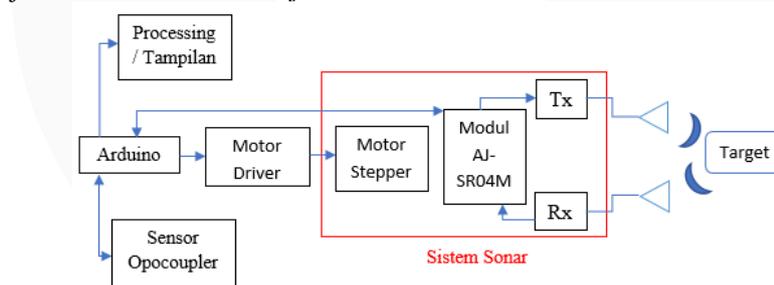
2.9 Processing

Processing merupakan sebuah perangkat lunak berbasis open source yang dapat memberikan pembelajaran tentang gambar visual baik berupa bentuk dan gerakan dengan menggunakan bahasa pemrograman komputer[18]. Bahasa Processing menggunakan bahasa pemrograman Java. Processing berbentuk sebuah editor teks yang dapat memanggil data dari sebuah komunikasi serial sehingga nantinya akan menampilkan sebuah visualisasi data.

3. Model dan Perancangan Sistem

3.1 Desain sistem

Tugas Akhir ini akan mendeteksi suatu objek yang berada di dalam air dengan menggunakan Transduser sebagai media pengirim serta penerima gelombang, Arduino Mega 2560 sebagai sumber pemberi perintah program, Motor Driver untuk aktuator dan Motor Stepper untuk memutar Transduser. Sehingga, sistem ini merupakan SONAR pendeteksi bawah air yang dapat berputar dan nantinya pada serial monitor IDE Arduino akan menampilkan jarak dan sudut deteksi objek.



Gambar 3.1 Diagram Sistem

Pada gambar 3.1, Arduino adalah perangkat yang memberikan perintah serta pada Transduser bagian Tx untuk mengirim gelombang suara, Sensor Optocoupler untuk penanda posisi referensi dan Motor Stepper untuk bergerak hingga mencapai posisi referensi serta bergerak satu putaran penuh dan sebaliknya. Perintah tersebut berasal dari perangkat lunak Arduino IDE. Arduino juga merupakan perangkat yang menerima aliran data dari modul AJ-SR04M serta motor driver mengenai informasi jarak dan sudut. Motor Driver membantu mengarahkan perintah dari Arduino agar Motor Stepper dapat memahami perintah. Transduser merupakan perangkat pengubah gelombang listrik yang terkirim menjadi gelombang suara. Bagian Tx dan Rx berada satu bagian dalam Transduser Agar dapat membaca jarak, sistem SONAR ini mengkombinasikan Transduser dari modul fish finder dengan modul AJ-SR04M. Setelah mengenai target dan gelombang echo kembali ke Transduser, kemudian AJ-SR04M membaca aliran data dan mengirimnya ke Arduino. Processing mengolah data jarak dan sudut dari Arduino yang berada di dalam serial monitor. Sesaat setelah menerima echo, Motor Stepper akan bergerak

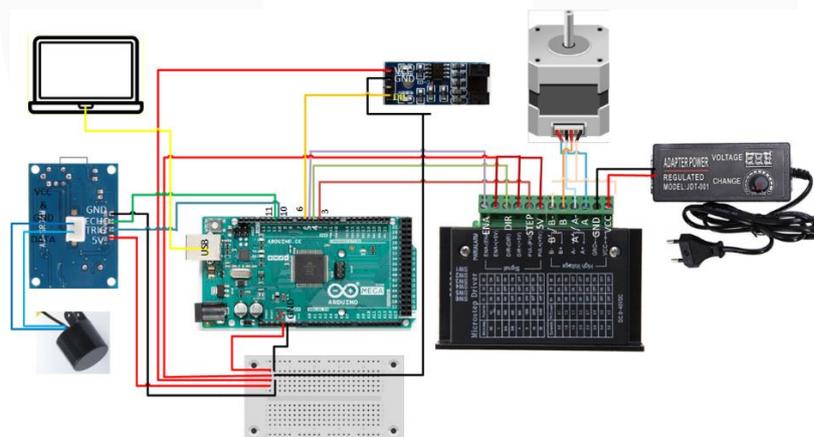
memutar sebesar 1° . Proses pemindaian berotasi ini berulang hingga derajat putaran pada Motor Stepper mencapai posisi 360° dan kembali lagi ke 0° . Setelah pemindaian kembali ke 0° , proses akan terus berulang.

3.2 Spesifikasi Perangkat Keras dan Lunak

Sistem SONAR ini terdiri atas beberapa perangkat keras dan lunak dengan spesifikasi yang tertera pada Tabel 3.1. Gambar 3.3 menyajikan diagram jalur kabel dari sistem.

Tabel 3.1 Spesifikasi Sistem SONAR

Frekuensi kerja	40 KHz (Modul AJ-SR04M)
Gelombang keluaran	Gelombang pulsa kotak 30 mA (Keluaran dari modul AJ-SR04M), Gelombang pulsa kontinu mekanik 30mA (Keluaran dari transduser)
Tegangan kerja	1.8 - 5 VDC 40mA (Transduser, Optocoupler dan Arduino) 9 VDC 1.7 A (Motor Stepper)
Sumber tegangan	5Volt DC (Koneksi antarmuka USB laptop) 9Volt DC 7 Ampere (Power Supply)
Sudut pancar transduser	45°
Jumlah fasa motor stepper	4
Sudut motor stepper	0.05625° /langkah (6400 langkah)
Jarak deteksi	70 – 600 cm
Antarmuka atau koneksi	USB tipe A ke USB (Arduino - laptop), Kabel <i>jumper</i> (Arduino – motor <i>driver</i> – motor stepper – transduser-optocoupler-power supply),
Perangkat lunak	Arduino IDE versi 1.8.12 (Pengaturan putaran dan sudut motor, perhitungan perkiraan waktu tempuh dan kedatangan gelombang <i>echo</i> , membaca data hasil deteksi melalui <i>serial monitor</i>), Processing IDE versi 3.5.4 (Visualisasi deteksi objek dengan informasi jarak dan sudut)
Bahasa pemrograman	C++ (Arduino IDE), Java (Processing IDE)



Gambar 3.3 Diagram Jalur Kabel Sistem

3.3 Parameter Pengambilan Data

Pengambilan data pada Tugas Akhir ini memperhatikan parameter, antara lain frekuensi, suhu sekitar atau dalam hal ini suhu air pada kolam pengujian yang terpengaruh pada waktu, jenis gelombang yang terkirim, ukuran dan bahan dari target deteksi. Parameter nantinya akan mempengaruhi hasil deteksi seperti persentase jarak antara hasil pengukuran dari sistem terhadap hasil sebenarnya. Untuk frekuensi kerja, sistem menggunakan frekuensi berdasarkan Tabel 3.1. Suhu berkisar antara 29°C hingga 33°C . Gelombang yang terkirim berupa gelombang kontinu atau continuous wave (CW). Ukuran target menggunakan satu ukuran dan berjumlah empat. Hal lain

yang menjadi perhatian adalah sudut pancar dari transduser karena memiliki lebar pancar 45°. Karena itu, maka ada kemungkinan peluang kesalahan jarak deteksi. Maka dari itu, penulis menetapkan margin kesalahan sebesar 10% mempertimbangkan dari jarak yang semakin meningkat dan lebar pancar dari transduser.



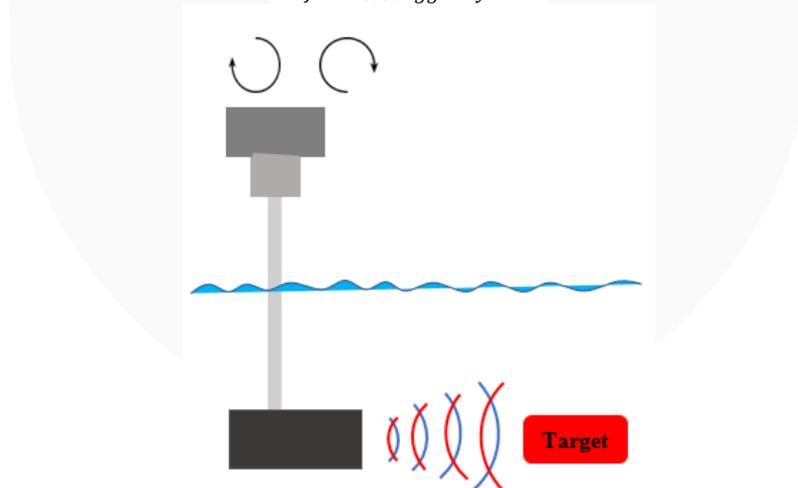
Gambar 3.4 Target dalam pengambilan data

3.4 Skenario Pengambilan Data Target

Untuk membuktikan bahwa sistem SONAR dapat bekerja dengan baik, maka perlu ada skema pengambilan data dari target buatan. Kegiatan ini dilakukan dengan cara menenggelamkan sensor transduser dan batang pemutar hingga kedalaman 50cm dan dapat mulai mengukur pada sudut dan jarak sesuai keinginan, selama tidak melebihi kemampuan dari sistem. Ukuran dari target buatan adalah 40cm x 40cm dan terbuat dari bahan plastik.

Skenario pengambilan data pertama adalah menempatkan satu target pada jarak 70cm dan sudut 45°. Apabila skenario ini berhasil, lakukan pengulangan deteksi dengan jarak yang sama sudut berbeda yaitu 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, dan 360°. Apabila dalam satu jarak sudah mencapai delapan posisi berbeda, maka skenario selanjutnya adalah pengulangan skenario dengan penambahan per 50cm dengan sudut yang sama seperti skenario awal. Untuk satu skenario akan terdapat delapan hasil deteksi. Maka dalam pengambilan data deteksi objek pertama akan terdapat 12 skenario pengambilan data. Data ini nantinya akan dihitung tingkat akurasi per sudutnya dengan menggunakan persamaan 3.1.

$$Akurasi = \frac{Jarak\ sistem}{Jarak\ sesungguhnya} \times 100\% \quad (3.1)$$

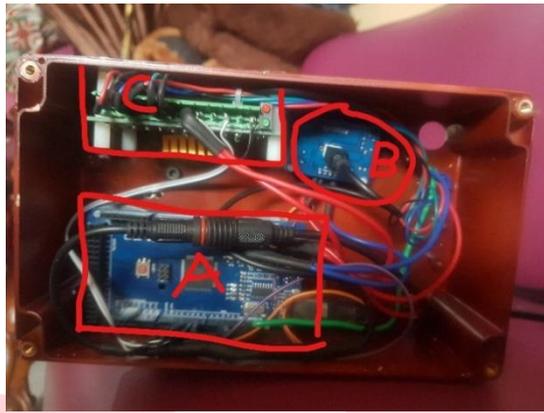


Gambar 3.5 Skenario Pengambilan Data Target

4. Hasil dan Analisa

4.1 Rancang Bangun Purwarupa

Sistem SONAR ini terbagi atas tiga bagian, yaitu kontrol, pemutar, dan pemindai. Bagian kontrol terdiri dari mikrokontroler arduino dan motor driver. Pada pemutar ada motor stepper dan sensor optocoupler. Bagian pemindai terdiri dari transduser dan modul AJ-SR04M. Kerja dari setiap bagian saling terkait antara satu dengan lainnya.



Gambar 4.1 Kotak Kendali Sistem

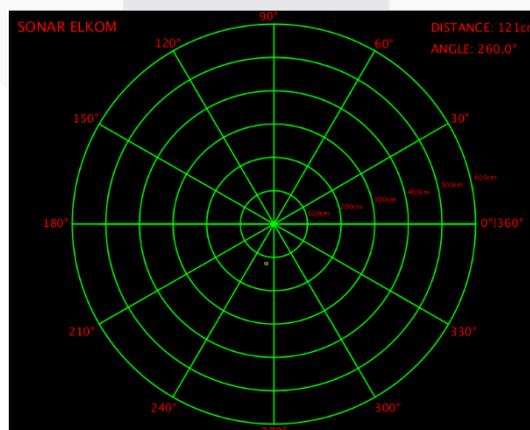
Pada Gambar 4.1, bagian A adalah mikrokontroler arduino yang juga mengatur waktu tunda agar perintah untuk masing-masing komponen sistem terkoordinasi dengan baik. Modul B adalah modul AJ-SR04M dan berfungsi menerjemahkan perintah pada transduser yang bersumber dari mikrokontroler sehingga nantinya jarak deteksi dapat terbaca. Bagian C adalah motor driver yang berfungsi sebagai pengatur gerak serta antarmuka antara mikrokontroler dan motor stepper.



Gambar 4.2 Bagian Pemutar

Pada Gambar 4.2 terdapat bagian D, E, dan F. Bagian D adalah motor stepper dengan fungsi sebagai pemutar transduser. Bagian E terdiri atas batang pemutar, kopling fleksibel dan sebuah potongan plastik. Batang pemutar dan kopling fleksibel juga berfungsi sebagai penghubung motor stepper dengan transduser. Potongan plastik berfungsi sebagai penanda arah transduser dan saat melewati tepat di antara celah sensor optocoupler, motor akan berhenti bergerak. Bagian F adalah sensor optocoupler yang berfungsi sebagai titik referensi motor stepper untuk mulai berputar dan bergerak kembali. Pada akhirnya, seluruh bagian A, B, C, D, E, F terhubung dan menjadi sebuah alat pada gambar 4.5.

4.2 Hasil Deteksi



Gambar 4.3 Layar Tampilan

Fitur yang ada pada layar tampilan yaitu data jarak dan posisi sudut sinyal yang sedang dipancarkan. Selain berupa data angka, ada tampilan grafis target bermodelkan bulat dalam peta lingkaran dua dimensi. Pergerakan dari target bulat ini mengikuti pada data jarak dan sudut yang masuk pada Arduino. Jarak pada layar terhadap jarak sebenarnya memiliki skala 1:2.

Tabel 4.1 merupakan perbandingan jarak sistem dan jarak sesungguhnya berdasarkan jarak maksimal sistem mendeteksi target dan berada di azimuth berapa nilai maksimal didapatkan. Berdasarkan tabel 4.1, Pada jarak minimal pengukuran, sistem mendeteksi sesuai jarak sesungguhnya pada semua posisi atau azimuth. Pada jarak 120 cm, sistem mulai menunjukkan perbedaan jarak dengan akurasi mencapai 97.5% pada azimuth 45° dan 135°. Bahkan pada azimuth 180°, terjadi kelebihan deteksi dua cm atau margin kesalahan mencapai 1.67%.

Pada jarak 170 cm, sistem mendeteksi target dengan akurasi 95.88% atau berbeda tujuh sentimeter pada azimuth 270°. Jarak 220 cm, sistem memiliki akurasi 94.09% atau perbedaan jarak 13 cm pada azimuth 0° atau 360°. Jarak 270 cm, sistem mengukur dengan jarak maksimal 252 cm pada azimuth 270° dengan akurasi 93.33%. Jarak 320 cm, sistem mendeteksi target dengan jarak maksimal 306 cm pada azimuth 270° dengan akurasi 95.62%.

Jarak 370 cm, sistem mendapatkan jarak deteksi target maksimal yaitu 340 cm pada azimuth 135° atau akurasi 91.89%. Pada jarak 420 cm, sistem mendeteksi target dengan jarak maksimal 390 cm pada azimuth 315° dengan akurasi mencapai 92.85%. Jarak 470 cm, sistem mendeteksi target hingga jarak maksimal mencapai 443 cm pada azimuth 225°. Adapun terjadi kelebihan deteksi oleh sistem pada azimuth 45° sebanyak 15 cm atau margin kesalahan sebesar 3.19%

Pada jarak 520 cm, sistem mendeteksi target dengan jarak maksimal 492 cm pada azimuth 0° atau 360° dengan akurasi mencapai 94.61%. Jarak selanjutnya adalah 570 cm. Sistem mendeteksi target pada jarak maksimal 547 cm pada azimuth 315° dengan akurasi mencapai 95.96%. Jarak terakhir pengambilan data atau jarak maksimal yang diklaim oleh sistem yaitu 600 cm. Sistem mendeteksi jarak maksimal mencapai 574 cm pada azimuth 315° atau perbedaan terhadap jarak sesungguhnya adalah 26 cm. Akurasi pada jarak 600 cm mencapai 95.67%



Gambar 4.5 Purwarupa Sistem SONAR

Tabel 4.1 Akurasi Sistem Berdasarkan Sudut dengan Jarak Maksimal Sistem

Jarak Sesungguhnya	Jarak Maksimal Sistem	Akurasi
70 cm	70 cm (All azimuth)	100%
120 cm	117 cm (45° & 135°)	97.5%
170 cm	163 cm (270°)	95.88%
220 cm	207 cm (0°/360°)	94.09%
270 cm	252 cm (270°)	93.33%
320 cm	306 cm (270°)	95.62%
370 cm	340 cm (135°)	91.89%
420 cm	390 cm (315°)	92.85%
470 cm	443 cm (225°)	94.25%

520 cm	492 cm (0°/360°)	94.61%
570 cm	547 cm (315°)	95.96%
600 cm	574 cm (315°)	95.67%

5. Kesimpulan

Pada Tugas Akhir ini membangun sebuah purwarupa perangkat deteksi objek di bawah air dan meneliti kemampuan purwarupa dalam mendeteksi objek bawah air dengan jarak 70 cm hingga 600 cm.

Hasil dari penelitian ini bervariasi. Awal pendeteksian objek didapat akurasi mencapai 100%, namun seiring bertambahnya jarak, akurasinya berkurang. Akurasi pada masing-masing jarak dan sudut terbilang tidak berbeda jauh, berkisar antara 87% hingga 97.5%. Bahkan saat penelitian, sistem mengalami kelebihan deteksi dari yang ditentukan atau mengalami kesalahan namun jarang terjadi. Adapun margin kesalahan yang terjadi tidak lebih dari 4%. Faktor yang menyebabkan ketidaktepatan pengukuran antara sistem dengan yang sesungguhnya adalah faktor dalam dan luar. Faktor dalam yaitu dari komponen sensor, khususnya AJ-SR04M. Faktor luar ketidaktepatan berupa kondisi lokasi penelitian yang berupa kolam ikan dan ada kemungkinan objek lain selain target yang lewat sebatas di area pancar transduser.

Daftar Pustaka :

- [1] M. Bollmann, "World Ocean Review", Maribus, 2010.
- [2] A. D. Amico dan R. Pittenger, "A Brief History of Active Sonar", 2009.
- [3] M. Schafer, T. Kraynak dan V. Krakhman, "Development of a Cost-Effective Shock Wave Hydrophone", 1994.
- [4] P. Gough, M. Hayes dan D. Wilkinson, "An Efficient Image Reconstruction Algorithm For A Multiple Hydrophone Array Synthetic Aperture Sonar", 2000.
- [5] S. Repetto, M. Palmese dan A. Trucco, "Design and Assessment of a Low-Cost 3-D Sonar Imaging System Based on a Sparse Array", IEEE, 2006.
- [6] P. Rajeshwari, C. Kannan, R. Dhillsha dan M. Atmanand, "Development of Hydrophone for Sonar Application", 2011.
- [7] S. Umchid dan T. Leeudomwong, "Ultrasonic Hydrophone's Effective Aperture Measurements", 2012.
- [8] S. Umchid, "Calibration of Ultrasonic Hydrophone Probes in The Frequency Range from 250 KHz to 1 MHz", 2015.
- [9] U. Papa dan G. Core, "Design of Sonar Sensor Model for Safe Landing of an UAV", 2015.
- [10] M. Firdaus, D. Arseno dan Edwar. , "2D Target Detection Using Transducer Array For Sonar Application", Bandung: Telkom University, 2018.
- [11] S. Prawiro, D. Arseno dan Edwar. , "Underwater Object Detection Based On Distance Measurement Using Ultrasonic", Bandung: Telkom University, 2019.
- [12] Y. Pulungan, E. Ali dan A. A. Pramudita, "ULTRASONIC RADAR PROTOTYPE BASED ON ARDUINO AS OBJECTS POSITION DETECTION", Bandung: Telkom University, 2019.
- [13] R. P. Hodges, "Underwater Acoustic: Analysis, Design and Performance of Sonar", John Wiley & Sons Ltd, 2010.
- [14] Syahrul, "Motor Stepper : Teknologi, Metoda dan Rangkaian Kontrol," Majalah Ilmiah Unikom, vol. 6, pp. 187-202, 2011.
- [15] Future Electronic, "Arduino Uno R3", Future Electronic Corp, 2015.
- [16] T. Collins, "ACTIVE SONAR PULSE DESIGN", The University of Birmingham, 1996.
- [17] Toshiba Electronic Device & Storage, "Basic Characteristics and Application Circuit Design of Transistor Couplers", Toshiba, 2018.
- [18] C. Reas dan B. Fry, "Processing : a Programming Handbook for Visual Designers and Artists", Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2007.