

**RANCANG BANGUN ALAT PENENTU JARAK DI BAWAH AIR MENGGUNAKAN
METODE USBL (*ULTRA SHORT BASE LINE*) DENGAN
MICROKONTROLER *RASPBERRY PICO* DAN SENSOR *PIEZOELECTRIC***

***DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TOOL FOR DETERMINING
UNDERWATER DISTANCE USING USBL (*ULTRA SHORT BASE LINE*) METHOD
WITH *RASPBERRY PICO* MICROCONTROLLER AND *PIEZOELECTRIC* SENSOR***

**Yoyok Nurkarya Santosa¹, Susilo Budi Santoso¹, Adhi Kusuma Negara², &
I Wayan Sumardana E. Putra³**

¹Prodi Hidro-Oseanografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Jakarta, Indonesia

²Pusat Hidro-Oseanografi Angkatan Laut (PUSHIROSAL), Jakarta, Indonesia

e-mail : susiloseptember@gmail.com

ABSTRAK

Ketergantungan pada peralatan impor dalam survei hidrografi dan eksplorasi bawah air mengindikasikan kebutuhan mendesak untuk mengembangkan teknologi penentu jarak bawah air yang mandiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penentu jarak bawah air menggunakan metode USBL (*Ultra Short Base Line*) dengan *Microkontroller Raspberry Pico* dan sensor *Piezoelectric*, yang dapat memberikan solusi praktis dan ekonomis dalam survei bawah air. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan perancangan, pembuatan, dan pengujian prototipe yang terdiri dari dua komponen utama: *transmitter* (Tx) yang mengirimkan sinyal akustik, dan *receiver* (Rx) yang menerima dan mengukur waktu tempuh sinyal tersebut untuk menentukan jarak. Pengujian dilakukan di kolam renang pada jarak 2 meter, 5 meter, dan 15 meter, dengan pengukuran dilakukan menggunakan osciloskop dan *software* Matlab untuk analisis data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe dapat bekerja sesuai prinsip USBL, namun terdapat perbedaan akurasi pada jarak yang berbeda, dengan kesalahan rata-rata sebesar 0,2 m pada jarak 2 meter, 0,4 m pada 5 meter, dan 1,9 m pada 15 meter. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem penentu jarak yang dikembangkan memiliki potensi besar untuk aplikasi praktis, namun masih memerlukan peningkatan lebih lanjut dalam hal akurasi, terutama dalam pengembangan algoritma perhitungan dan stabilisasi frekuensi sinyal. Optimalisasi pada komponen elektronik, seperti penguatan sinyal dan penggunaan *filter band-pass*, juga disarankan untuk memperbaiki performa sistem.

Kata Kunci: mikrokontroller *raspberry pico*, *piezoelectric*, USBL, penentuan jarak bawah air, teknologi akustik.

ABSTRACT

*Dependence on imported equipment for hydrographic surveys and underwater exploration highlights the urgent need to develop independent underwater distance measurement technology. This research aims to develop an underwater distance measuring system using the USBL (*Ultra Short Base Line*) method, leveraging the *Raspberry Pico* Microcontroller and *Piezoelectric* sensor to provide a practical and economical solution for underwater surveys. The methodology involves designing,*

fabricating, and testing a prototype composed of two main components: a transmitter (Tx) that sends acoustic signals and a receiver (Rx) that receives these signals and measures the travel time to determine distance. Tests were conducted in a swimming pool at distances of 2 meters, 5 meters, and 15 meters, with measurements taken using an oscilloscope and analyzed using Matlab software. The results indicate that the prototype operates according to the USBL principles, though there are variations in accuracy at different distances, with average errors of 0.2 meters at 2 meters, 0.4 meters at 5 meters, and 1.9 meters at 15 meters. The conclusion of this research is that the developed system shows significant potential for practical applications but requires further enhancements in accuracy, particularly in algorithm development and signal frequency stabilization. Optimizing electronic components, such as signal amplification and the use of band-pass filters, is also recommended to improve system performance.

Keywords: *raspberry pico microcontroller, piezoelectric, USBL, underwater distance measurement, acoustic technology.*

PENDAHULUAN

Survei hidrografi menurut IHO (International Hydrographic Organization) adalah ilmu tentang pengukuran dan penggambaran parameter-parameter yang diperlukan untuk menjelaskan sifat-sifat dan konfigurasi dasar laut secara tepat hubungan geografisnya dengan daratan, serta karakteristik-karakteristik dan dinamika-dinamika lautan.

Penentuan posisi (*positioning*) adalah bagian terpenting dalam pelaksanaan survei. Pada umumnya, proses penentuan posisi dilakukan berdasarkan pada GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Salah satu jenis dari GNSS adalah GPS yang merupakan sistem satelit navigasi global milik Amerika Serikat. Ketika pengguna GPS mengunci setidaknya tiga satelit atau lebih, pengguna dapat melakukan triangulasi lokasi dari jarak satelit yang diketahui. Data yang didapat dari receiver GPS berupa titik lokasi kordinat X dan Y. Dalam GPS, sinyal yang digunakan adalah sinyal radio. Sinyal radio dapat merambat dengan baik di udara, tetapi kurang baik merambat di medium air. Gelombang radio akan mengalami penyerapan dan penyebaran pada medium air sehingga hanya dapat merambat dengan jarak yang pendek

(Vasilijevic *et al.*, 2012). Saat kegiatan survei laut (*offshore*), penentuan posisi menggunakan penjaran gelombang akustik. Hal tersebut dikarenakan penjaran gelombang yang mampu merambat dengan baik didalam medium air hanyalah gelombang akustik (Manik *et al.*, 2020). Dengan demikian, untuk penentuan posisi dengan menggunakan teknologi akustik dibawah laut menjadi solusinya. Sistem penentuan posisi akustik bawah laut umumnya digunakan secara luas untuk pekerjaan-pekerjaan bawah laut seperti eksplorasi minyak dan gas, kegiatan konstruksi di lepas pantai (*offshore*), operasi penyelamatan pesawat jatuh dan arkeologi kelautan (Fauzi, 2015).

Sistem penentuan posisi bawah air (*underwater positioning*) terdiri atas beberapa metode, yakni LBL (*Long Baseline*), SBL (*Short Baseline*), dan USBL (*Ultra Short Baseline*) (Chen, 2008; Hidayatullahman, 2015). Keunggulan metode USBL dibanding metode lain adalah proses instalasi yang tergolong ringan karena tidak membutuhkan instrument yang terlalu banyak serta biaya operasional yang tidak terlalu tinggi (Chen, 2008).

Metode USBL adalah metode dalam penentuan posisi dibawah laut dengan

menggunakan dua instrumen utama yakni *transducer* dan *transponder* (Kurniawan *et al.*, 2022). Keduanya berfungsi sebagai *transmitter* dan *receiver*. *Transducer* dipasang pada kapal survey dan *Transponder* dipasang pada instrumen survey yang berada dibawah laut, seperti *towfish side scan sonar*, magnetometer dan penyelam. *Transducer* akan mengirimkan sinyal akustik ke bawah laut. Sinyal akustik kemudian akan dipantulkan oleh *transponder* dan *transducer* akan kembali menerima. *Transducer* akan membaca waktu perjalanan gelombang dan beda fasa gelombang yang datang kepadanya sehingga didapatkan nilai sudut miring (*bearing*) dan nilai *slant range* antara *transducer* dengan *transponder* (Lasmono *et al.*, 2021). Berdasarkan metode USBL, akan didapatkan data berupa jarak relatif *transponder* terhadap kapal. Sedangkan, pada kapal survey akan dipasang antena GPS sehingga dapat diketahui jarak absolut dari kapal berupa kordinat X (*easting*) dan kordinat Y (*northing*). Lokasi relatif yaitu lokasi objek yang nilainya akan ditentukan oleh objek lain yang berada di luarnya yaitu kapal itu sendiri. Dengan demikian untuk mengetahui jarak absolut dari *transponder*, maka harus ada titik referensi berupa koordinat yang diikat pada kapal. Ketersediaan sebagian besar peralatan akustik bawah air yang digunakan saat ini masih mengandalkan pengadaan import dari luar negeri, sehingga dalam prosedur pemakaian, pemeliharaan, maupun ketersediaan sparepart akan sangat tergantung secara penuh pada negara pabrikan alat tersebut. Besarnya tingkat ketergantungan kita pada negara produsen terhadap ketersediaan peralatan akustik, akan sangat merugikan dan mengancam kemandirian bangsa. Sehingga diperlukan berbagai terobosan maupun penelitian pengembangan teknologi akustik bawah air seperti USBL, untuk bisa memenuhi kebutuhan akan peralatan survei akustik bawah air di masa yang akan datang. Saat ini sudah ada beberapa peneliti yang membuat sebuah rancang bangun alat penentu jarak

dengan metode USBL (*Ultra Short Base Line*). Rancang bangun sebelumnya masih menggunakan mikrokontroler Arduino dan sensor JSN-SR04T *Ultrasonic* yang dimana penerimaan sinyal akustik tidak stabil. Sehingga purwarupa ini masih perlu adanya pengembangan lebih lanjut. Oleh karena itu penulis bermaksud untuk membuat penelitian pengembangan berupa rancang bangun alat USBL dengan menggunakan Mikrokontroler *Raspberry Pico* dan sensor *Piezoelectric*.

BAHAN DAN METODE

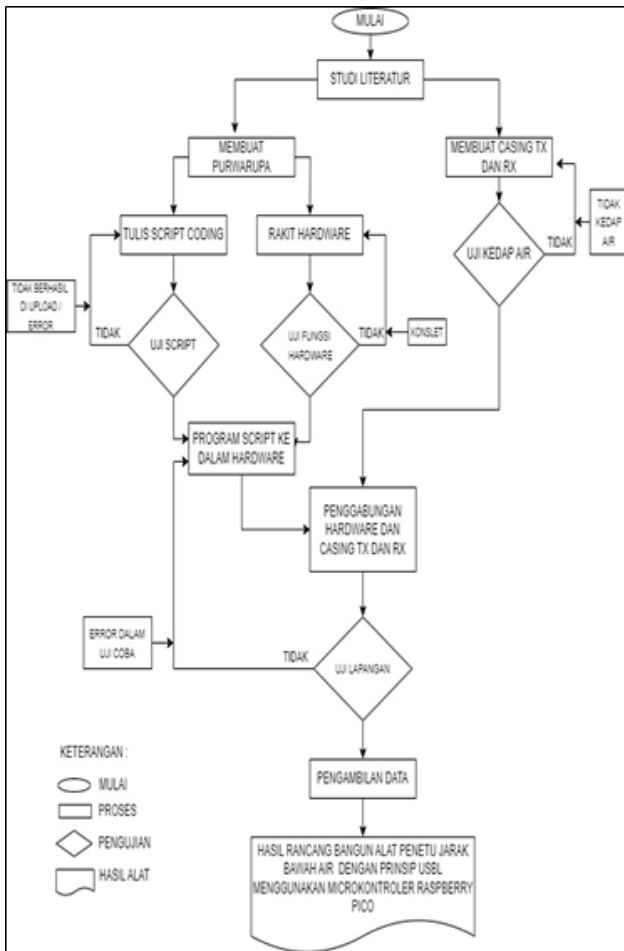
Penelitian ini dilaksanakan di Kampus Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) Jurusan Hidro-Oceanografi, Jakarta. Penelitian ini menciptakan rancang bangun peralatan USBL yang diawali dengan tahan desain, perakitan dan percobaan lapangan. Hasil percobaan akan dianalisa untuk mengetahui keakuratan dan ketelitian peralatan rancang bangun USBL dengan metode deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mendapatkan dan gambaran data yang lebih lengkap hasil pengamatan atau pengukuran langsung di lapangan. Data dan informasi yang dikumpulkan melalui percobaan tersebut akan dapat dimanfaatkan untuk pengembangan dan perbaikan peralatan tersebut di masa mendatang. Secara umum, alur penelitian disajikan pada Gambar 1.

Proses Perancangan dan Perakitan USBL

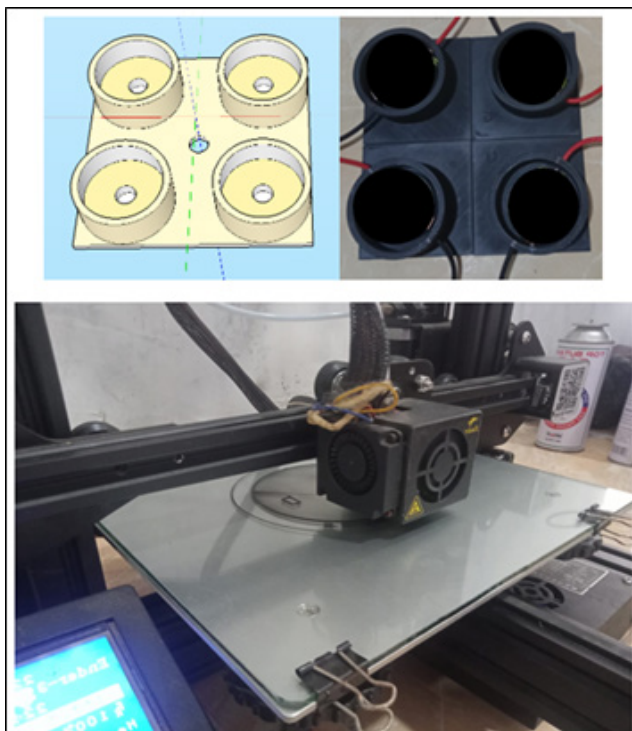
Rancangan alat meliputi: rancangan kelistrikan alat yang terdiri dari power supply, rancangan casing sensor transmitter, rancangan *casing panel box* dan rancangan bracket *receiver*. Bahan yang digunakan dalam pembuatan rancang bangun ini yaitu:

Komponen *Hardware*

- a) 2 Unit *Raspberry Pico*
- b) 4 Unit *Arduino Mega 2560*
- c) 5 Unit *Sensor Piezoelectric*
- d) 4 Unit *Battery Lithium Ion 18650*
- e) 1 Unit *Power Supply*



Gambar 1. Alur penelitian.



Gambar 2. Proses cetak 3Dudukan sensor receiver.

- Komponen *Software*
- Proteus 8 Profesional
 - Matlab R2018a
 - Thonny Phyton
 - IDE Arduino

Sensor Piezoelectric

Sensor Piezoelectric (Gambar 3) atau biasa disebut juga dengan efek Piezoelectric adalah muatan listrik yang terakumulasi dalam bahan padat tertentu, seperti kristal dan keramik akibat dari mechanical pressure (tekanan). namun pada transduser Piezoelectric ini beralih fungsi menjadi sensor ukur jarak atau kedalaman. Sensor Piezoelectric (Manik *et al.*, 2020; Negara, 2022) ini bekerja apabila diberi tegangan listrik maka akan bergetar dan menghasilkan gelombang suara atau akustik didalam air sebagai triger pemancar. Sebaliknya apabila diberi getaran atau gelombang suara atau akustik didalam air maka akan menghasilkan tegangan listrik sebagai receiver penerima gelombang akustik yang dipantulkan oleh pemancar. Gelombang akustik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi diatas 20 kHz, yang tidak dapat didengarkan oleh manusia. Gelombang bunyi dapat merambat melalui media zat padat, cair dan gas. Gelombang bunyi dapat digolongkan berdasarkan frekuensinya menjadi tiga jenis yaitu infrasonic, audiosonic dan ultrasonic. Gelombang infrasonic memiliki frekuensi kurang dari 20 hz.

Gelombang ini hanya dapat didengar oleh hewan laba-laba, anjing, gajah, jangkrik dan lumba lumba. Gelombang audiosonic



Gambar 3 Sensor Piezoelectric.

memiliki frekuensi antara 20 hz sampai 20 kHz, gelombang ini dapat didengar oleh manusia. Sedangkan gelombang ultrasonic memiliki frekuensi lebuah dari 20 kHz dan gelombang ini hanya bisa didengar oleh lumba-lumba dan kelelawar. Secara umum gambaran cara kerja dari sensor Piezoelectric adalah sesuai Persamaan 1.

$$S = (T \cdot V) / 2 \dots\dots\dots 1)$$

Keterangan:

S = jarak antara sensor dengan objek bawah air (m)

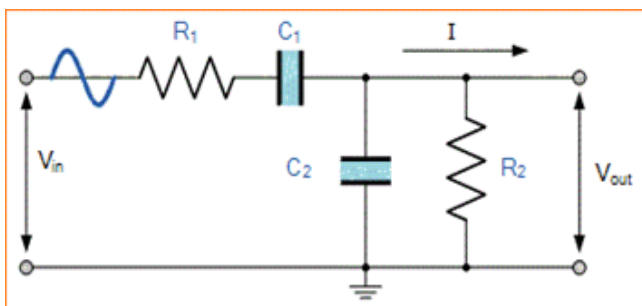
T = waktu pancar dengan receive (s)

V = cepet rambat gelombang (m/s)

Band Pass Filter

Band-pass filter adalah jenis filter sinyal elektronik atau filter sinyal dalam domain frekuensi yang memungkinkan transmisi sinyal hanya dalam rentang frekuensi tertentu, sementara memblokir sinyal di luar rentang frekuensi tersebut. Ini berarti bahwa filter ini memungkinkan sinyal-sinyal yang berada dalam “pita” atau “bandwidth” frekuensi yang ditentukan untuk melewati filter, sedangkan sinyal di luar pita tersebut akan diblokir atau diredam. Band-pass filter umumnya digunakan untuk mengisolasi atau memproses sinyal dalam aplikasi di mana hanya frekuensi tertentu yang diinginkan (Ma'mun *et al.*, 2017).

Sementara sinyal frekuensi lainnya perlu diblokir atau diredam. Contoh penggunaan umum dari band-pass filter adalah dalam komunikasi nirkabel, pemrosesan audio,



Gambar 4. Rangkaian Band Pass Filter.

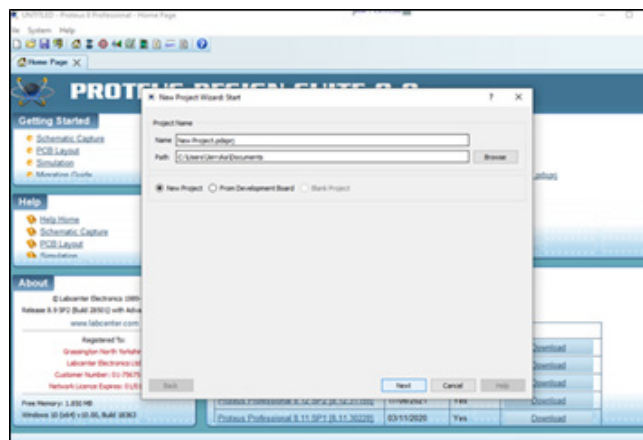
pemrosesan gambar, pengukuran sinyal, dan berbagai aplikasi lain di mana pemisahan frekuensi diperlukan.

Gambar 4. Merupakan rangkaian Band-pass filter biasanya memiliki dua titik potong (*cut-off*) frekuensi, yaitu batas bawah (*lower cut-off frequency*) dan batas atas (*upper cut-off frequency*) yang menentukan rentang frekuensi yang akan dilewati. Filter ini dapat dibuat dalam berbagai konfigurasi, seperti filter RC (*Resistor-Capacitor*), filter RLC (*Resistor-Inductor-Capacitor*), atau dengan menggunakan komponen elektronik semikonduktor seperti op-amp (*operational amplifier*) dalam filter aktif. Penggunaan band-pass filter dapat membantu mengurangi gangguan dari sinyal di luar rentang frekuensi yang diinginkan.

Software Proteus 8 professional

Gambar 5. merupakan tampilan dari Proteus 8 Professional yaitu sebuah software yang memiliki fitur lengkap seperti dapat membuat gambar skema rangkaian, membuat jalur layout PCB, mengirimkan suatu rangkaian, dan lain-lain. Dengan keberagaman manfaat dari proteus inilah yang menjadi alasan mengapa aplikasi ini diperlukan untuk merancang beberapa modul untuk rangkaian USBL yang akan di buat.

Software Proteus 8 Pro memiliki



Gambar 5. Perangkat lunak Proteus 8 Professional.

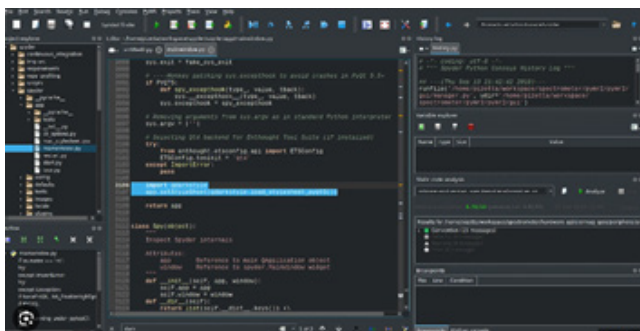
rangkaian banyak perpustakaan didalamnya, beberapa perpustakaan diantaranya seperti komponen pasif, komponen aktif, komponen analog, berbagai jenis saklar, relay, IC, mikrokontroler, dan lain sebagainya. Sehingga beberapa modul bisa di rangkai terlebih dahulu melalui simulasi yang sudah disiapkan di software tersebut.

Software Thonny Phyton

Gambar 6 merupakan tampilan dari Thonny, dimana pemrograman ini memungkinkan analisis data untuk melakukan perhitungan statistik yang rumit, membuat visualisasi data serta pembuatan algoritma. *Software* ini juga bisa digunakan untuk memanipulasi, menganalisis data, dan menyelesaikan berbagai tugas lain terkait data. Sehingga dalam penelitian ini, software ini di gunakan untuk merancang atau membuat visualisasi dari hasil pengukuran atau navigasi dari rancang bangun alat USBL tersebut.

Software Matlab R2018a

Software MATLAB atau Matrix Laboratory merupakan perangkat lunak pemrograman canggih yang banyak digunakan di bidang teknik atau Engineering. Matlab dapat memecahkan masalah mulai dari analisis data, pengembangan algoritma, simulasi, visualisasi, hingga pengambilan kesimpulan. Dalam penelitian ini, software matlab R2018a akan digunakan untuk analisis dan simulasi untuk mencari frekuensi yang pas untuk rancang bangun alat USBL ini. Sehingga bisa dilakukan analisis dan simulasi terlebih dahulu sebelum membuat dan menentukan



Gambar 6. Perangkat lunak Thonny.

beberapa komponen yang pas.

Gambar 7 dan Gambar 8 merupakan rancangan pengembangan rancang bangun ini yaitu rancang bangun USBL sebelumnya yang menggunakan mikrokontroler Arduino dan sensor JSN-SR04T Ultrasonic, penelitian ini akan mengganti mikrokontroler dari Arduino diganti dengan Mikrokontroler Raspberry Pico dan sensor sebelumnya menggunakan JSN-SR04T Ultrasonic akan diganti dengan sensor Piezoelectric 40Khz dan akan menambahkan bandpass filter.

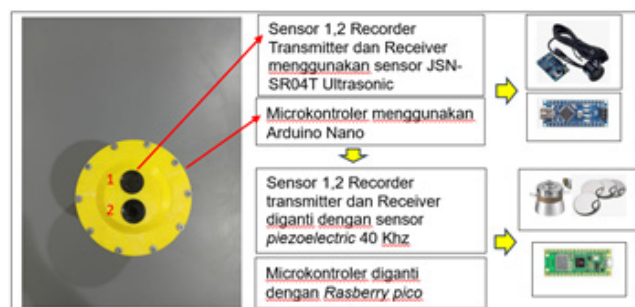
Perancangan dan pengembangan USBL ini ada beberapa tahapan, mulai dari pembuatan rancangan rangkaian, pemasangan komponen, penulisan sketch pada *software* Thonny Phyton, sensor transmiter dan receiver, desain dan pembuatan bracket *transducer*, kalibrasi alat dan pengujian alat.

Tahap Penyajian Hasil

Pelaksanaan pengujian alat USBL (*Ultra Short Base Line*) ini, salah satunya



Gambar 7. Rencana tahapan pengembangan pada receiver USBL.



Gambar 8. Rencana tahapan pengembangan pada transmiter USBL.

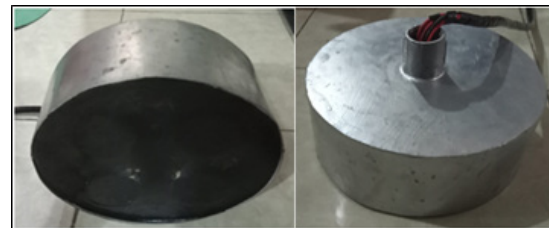
adalah menguji seberapa akurat sensor bekerja secara optimal. Pada kegiatan pengujian akan dilaksanakan pengamatan pengaruh perambatan akustik pada media air laut untuk mencari kondisi dimana sensor yang digunakan bisa bekerja secara optimal, sehingga sinyal akustik yang dibangkitkan bisa menjangkau jarak seakurat mungkin. Pada penelitian alat ini, dilaksanakan kalibrasi alat dengan cara melaksanakan pengukuran alat USBL (*Ultra Short Base Line*) ini dengan alat ukur pita meteran, perbedaan hasil dari pengukuran akan dilaksanakan kalibrasi pada skema program melalui rumus dengan mengubah nilai cepat rambatnya gelombang akustik pada media air laut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang Bangun Alat Penentu Jarak Di Bawah Air Dengan Metode USBL (*Ultra Short Base Line*) Menggunakan Mikrokontroler Raspberry Pico dan Sensor Piezoelectric. Alat ini menggunakan dua instrument pokok, yaitu *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx) yang terpisah. Dalam penggunaannya, kedua instrument ini harus disinkronkan waktunya agar bagian *transmitter* (Tx) dan bagian *receiver* (Rx) memiliki sistem timing waktu yang sinkron (sama). Setelah timing waktu sama, *transmitter* (Tx) di on kan agar mengeluarkan sinyal ping akustik yang merambat dikolom air. Ketika empat buah sensor dibagian *receiver* (Rx) menerima sinyal ping dari *transmitter* (Tx), masing – masing di sajikan pada Gambar 9 dan Gambar 10, maka keempat sensor tersebut akan menerima sinyal dan mengkonversikannya menjadi sinyal listrik sebesar millivolt. Selanjutnya sinyal tersebut dikuatkan oleh empat buah pre-amp yang dilengkapi sebuah bandpass filter. Selanjutnya sinyal yang sudah dikuatkan dan difilter tersebut diproses oleh empat buah Arduino Uno menjadi besaran waktu yang selanjutnya dikonversi menjadi jarak. Sehingga angka pembacaan jarak yang didapat merupakan implementasi jarak antara target terhadap *receiver*.



Gambar 9. Transmitter (Tx) USBL.



Gambar 10. Receiver (Rx) USBL.

Dalam pembahasan penelitian ini ada beberapa pembahasan terkait hasil data yang dihasilkan dalam penelitian ini, yaitu dimulai dari perancangan hardware, perancangan *software* dan pengujian alat.

Rancang Bangun Alat Penentu Jarak Di Bawah Air Dengan Metode USBL (*Ultra Short Base Line*) Menggunakan Mikrokontroler Raspberry Pico dan sensor Piezoelectric diawali dengan pembuatan instrument *transmitter* (Tx) terlebih dahulu. Instrument tersebut akan mengirimkan sebuah sinyal ping akustik dan diterima oleh receiver untuk mengetahui jarak yang didapat dari pancaran akustik antara transmitter terhadap receiver. Adapun beberapa bagian blok rangkaian yang terdapat pada transmitter yaitu power suplay, penguat tegangan, modul Raspberry Pico sebagai mikrokontroler dan sensor Piezoelectric.

Skema rangkaian penguat tegangan yang menggunakan tiga buah mosfet 30N60L untuk input transformator agar menghasilkan tegangan DC antara 300 v sampai 1500 v untuk menggetarkan sensor Piezoelectric tersebut, kemudian ic regulator menggunakan

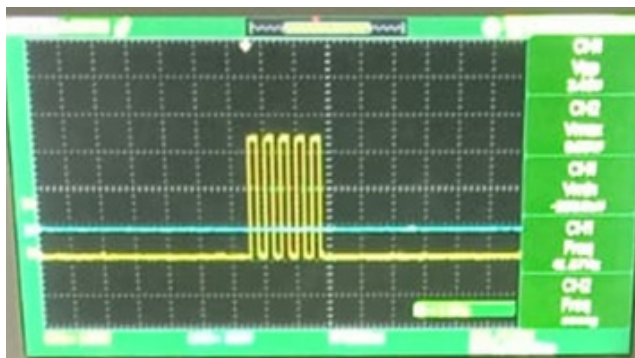
mosfet 7805 yang untuk input Raspberry Pico. Proses pembuatan pencetakan jalur rangkaian penguat tegangan tersebut ke papan PCB (*Printed Circuit Board*) yang digunakan sebagai penghubung bagian blok rangkaian dan penghubung kaki-kaki komponen satu dengan yang lainnya.

Pengujian Alat

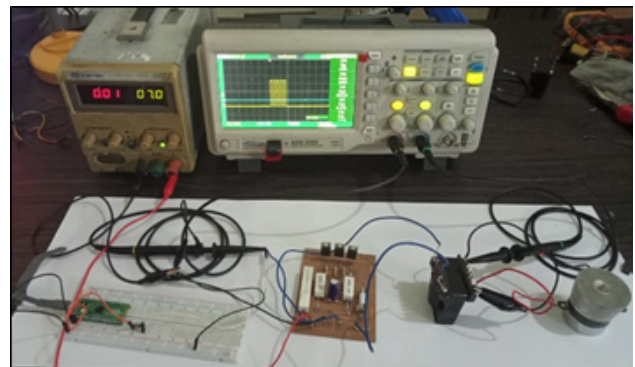
Pengujian alat bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem yang ada antara lain Pengujian Sebelum dan Sesudah adanya Penguatan Sinyal Tx. Pengujian sebelum adanya penguatan sinyal Tx, dimana Tx belum diberikan penguatan atau daya yang lebih besar, pada garis berwarna kuning menunjukkan sinyal Tx yang diambil dari *check point* sebelum. Rangkaian penguat tegangan dengan pembacaan 3,52 volt dan garis berwarna biru adalah sinyal dari output dari transformator yang hanya terbaca 8,00 milivolt. Sinyal Tx setelah ditambahkan penguatan dimana garis berwarna kuning menunjukkan sinyal Tx yang diambil dari *check point* sebelum rangkaian penguat tegangan dengan pembacaan 3,80 volt sedangkan garis berwarna biru menunjukkan sinyal Tx yang diambil dari *check point* setelah rangkaian penguat tegangan dengan pembacaan 624,0 volt.

Pengujian Receiver

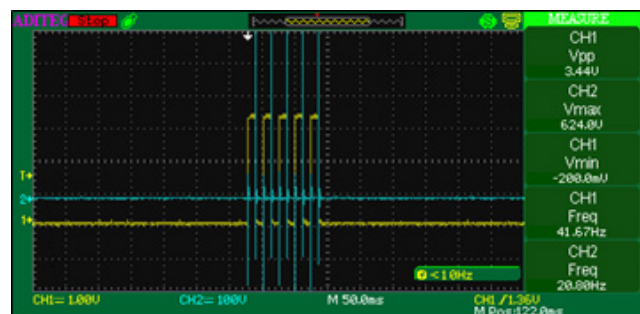
Gambar 11, Gambar 12 dan Gambar 13 dan Gambar 14 merupakan kegiatan pengujian receiver yang terdiri dari pengujian dua instrument yaitu sensor transducer sebagai



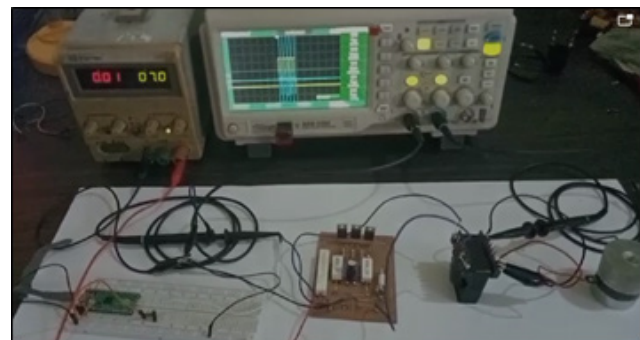
Gambar 11. Tampilan sinyal Tx di osciloscop sebelum ditambahkan penguatan.



Gambar 12. Pengukuran pada rangkaian sebelum diberikan penguat tegangan.



Gambar 13. Tampilan sinyal Tx di osciloscop setelah ditambahkan penguatan.



Gambar 14. pengukuran pada rangkaian setelah diberikan penguat tegangan.

penerima sinyal akustik yang dipancarkan dari transmitter dan perangkat rangkaian receiver nya sebagai mikrokontroler utamanya. Dimana pengujian tersebut dilakukan dengan cara memasukan sensor transmitter dan sensor receiver di air secara bersamaan di kolam renang Kolat Koarmada RI (Gambar 15) dengan tiga jarak percobaan. Yaitu jarak 2 meter, 5 meter dan 15 meter. Kegiatan ini di ilustrasikan pada Gambar 16. Tabel 1 diasumsikan bahwa sound velocity pada air tawar adalah 1500 m/s. dengan perhitungan

Tabel 1. Hasil perhitungan jarak terhadap waktu yang dibutuhkan sinyal Tx dalam perambatannya ke Rx

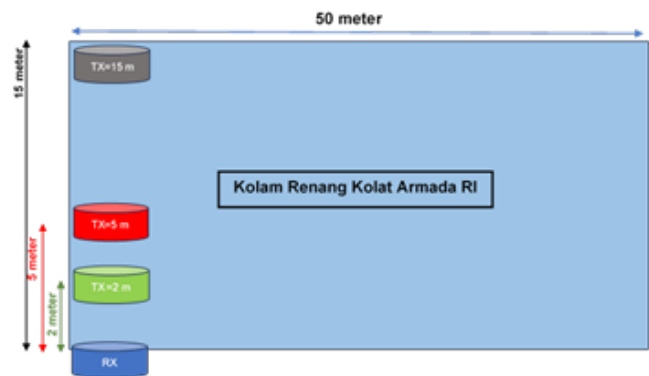
No	Jarak (meter)	Waktu (milisecend)
1	2	1,3
2	5	3,3
3	15	10

$s = v \times t$ yang dimana s adalah jarak (meter), v adalah kecepatan (meter/second) dan t adalah waktu (sekon). Jadi untuk 1500 m di dapat dari $1500 \text{ m/s} \times 1 \text{ s}$. Sehingga untuk mendapatkan jarak 2 m bisa dihitung berapa lama perambatannya dengan rumus $v = (s / t) = 2 / 1500 = 1,3 \text{ milisekon (ms)}$. Sedangkan untuk jarak 5 meter dibutuhkan waktu 3,3 ms dan untuk jarak 15 meter diperlukan waktu perambatan 10 ms (lihat Tabel 1). Setelah *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx) running kemudian dilakukan pengukuran menggunakan alat ukur osciloskop untuk mengukur sinyal yang di terima di masing – masing sensor receiver (Septyanto, 2019; Setyanto *et al.*, 2019). Di osciloskop terbaca sinyal akustik tanda bahwa sinyal akustik dari transmitter masuk dan bisa diterima oleh receivernya.

Hasil dari pengukuran masing-masing sensor tersebut kemudian di tampilkan menggunakan *software* matlab R2018a, siklus percobaan ini

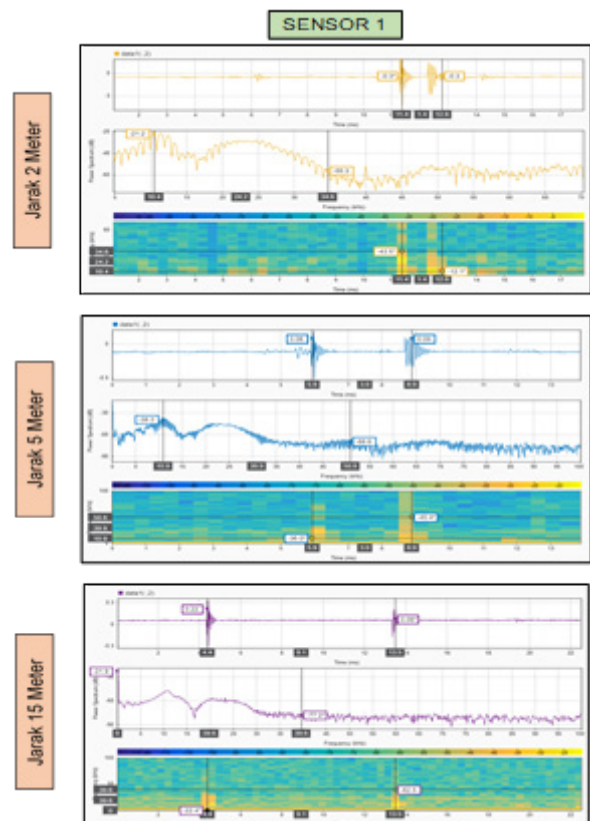


Gambar 15. Percobaan sensor *receiver* (Rx) bersamaan dengan sensor *transmitter* (Tx) USBL di kolam renang Kolat Armada RI.



Gambar 16. Sketsa proses percobaan sensor *receiver* (Rx) bersamaan dengan sensor *transmitter* (Tx) USBL di kolam renang Kolat Armada RI.

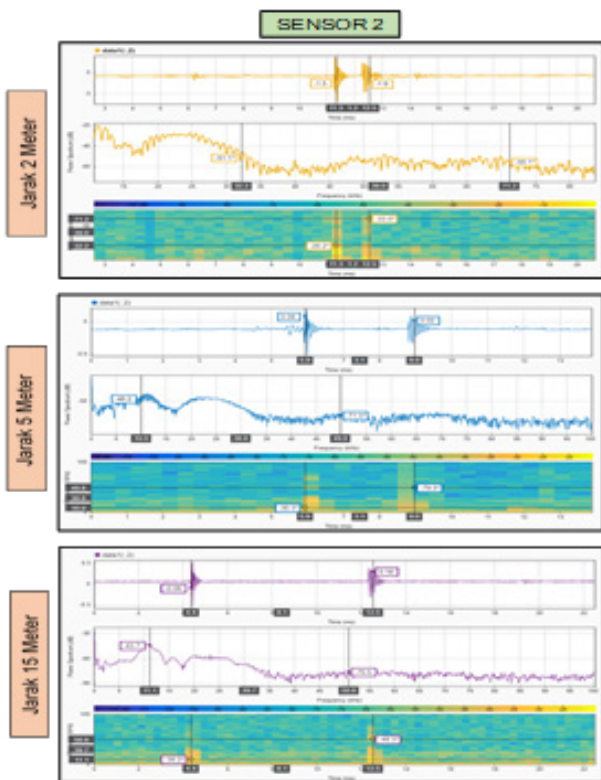
dilakukan secara bertahap dari jarak 2 m, 5 m dan 15 m di kolam renang Kolat Koarmada RI. Hasil percobaan 2 m, 5 m dan 15 m dapat dilihat pada Gambar 17, Gambar 18, Gambar 19 dan Gambar 20. Terlihat pada Gambar 17, Gambar 18, Gambar 19 dan Gambar 20 hasil penerimaan *receiver* menunjukkan perubahan



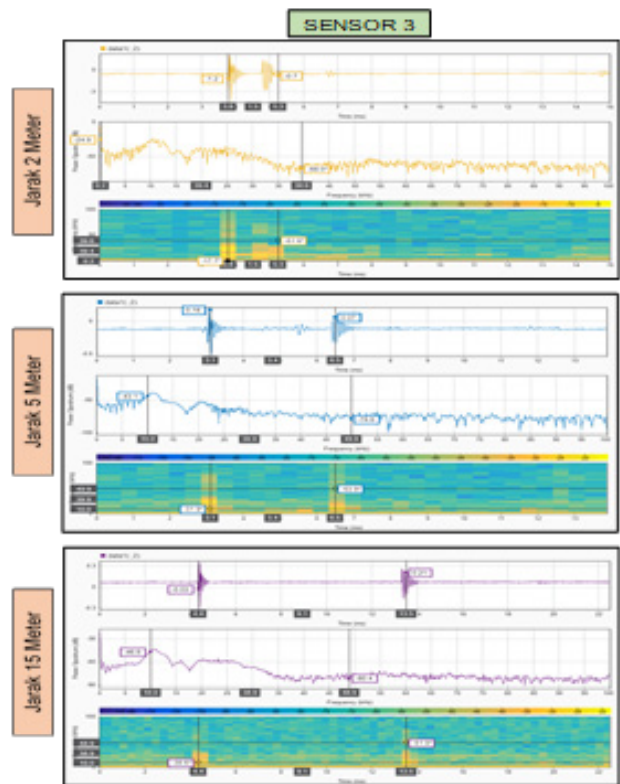
Gambar 17. Hasil plotting sinyal pancaran transmitter pada jarak 2-meter, 5-meter dan 15-meter menggunakan *software* Matlab R2018a di sensor *receiver* 1.

waktu perambatan akustik dari jarak 2 m, 5 m dan 15 m. Hal ini senada dengan perhitungan yang dilakukan pada Tabel 1.

Pada Tabel 2 dan gambar 32 dapat dilihat hasil perbandingan hasil pengukuran Tx dan Rx dari masing- masing jarak yang dilaksanakan di kolam renang Kolat Koarmada RI, hasil pengukuran pada jarak 2 m terlihat selisih kesalahan pengukuran berkisar dari 0,1 m – 0,4 m dengan nilai rata - rata kesalahan ukur 0,2 m. Selanjutnya pada percobaan pengukuran jarak 5 m didapat selisih kesalahan pengukuran dari 0,1 m – 0,5 m dan mendapatkan nilai rata - rata kesalahan ukur 0,4 m. Sedangkan pada jarak 15 m didapat selisih kesalahan pengukuran dari nilai 1,3 m – 2,8 m dengan nilai rata - rata kesalahan ukur 1,9 m. Secara umum Prototipe USBL pada penelitian kali ini menunjukkan kesesuaian dan dapat bekerja sesuai fungsinya, dimana Tx dapat memancarkan sinyal akustik dan Rx dapat menerima pancaran tersebut.



Gambar 18. Hasil plotting sinyal pancaran transmitter pada jarak 2-meter, 5-meter dan 15-meter menggunakan software Matlab R2018a di sensor receiver 2.

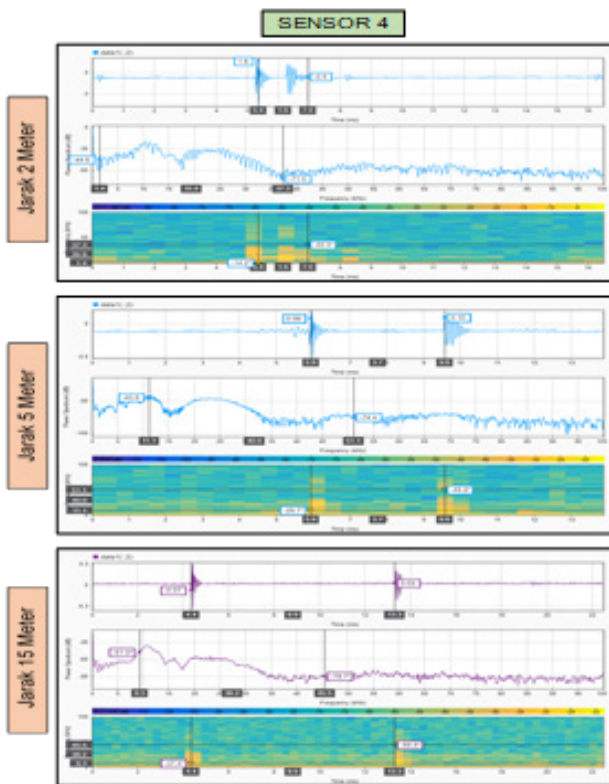


Gambar 19. Hasil plotting sinyal pancaran transmitter pada jarak 2 m, 5 m dan 15 m menggunakan software Matlab R2018a di sensor receiver 3.

Akan tetapi dari hasil percobaan jarak yang diinginkan belum menghasilkan jarak yang sesuai harapan. Hasil penerimaan sinyal akustik pada jarak 2 m dan 5 m menghasilkan selisih pembacaan 0,2 m dan 0,4 m. hasil ini cenderung mendekati harapan penggunaan Prototipe USBL. Namun, percobaan dengan jarak 15 m didapat nilai kesalahan mendekati 2 m. hal tersebut diduga akibat pada saat percobaan dikolam renang terdapat beberapa

Tabel 2. Perbandingan hasil pengukuran

Sensor	Jarak (m)	Waktu (ms)	Jarak Hasil Ukur (m) ($s = v \times t$)	Selisih Pembacaan (m)	Rata - rata Kesalahan Ukur (m)
Jarak Tx dan Rx = 2 meter					
1	2	1,4	2,1	0,1	0,2
2	2	1,2	1,8	0,2	
3	2	1,5	2,25	0,25	
4	2	1,8	2,4	0,4	
Jarak Tx dan Rx = 5 meter					
1	5	3,0	4,5	0,5	0,4
2	5	3,1	4,7	0,4	
3	5	3,4	5,1	0,1	
4	5	3,7	5,5	0,5	
Jarak Tx dan Rx = 15 meter					
1	15	9,1	13,7	1,4	1,9
2	15	8,1	12,1	2,9	
3	15	9,1	13,7	1,4	
4	15	8,9	13,4	1,7	



Gambar 20. Hasil plotting sinyal pancaran transmitter pada jarak 2-meter, 5-meter dan 15-meter menggunakan *software* Matlab R2018a di sensor *receiver* 4.

aktivitas lain yang mempengaruhi penerimaan Rx (Waite, 2002; Novebriawan *et al.* 2020; Lasmono *et al.*, 2021).

Penerapan bandpass filter yang masih tahap uji coba belum bisa maksimal dalam memfilter suara akustik dari pancaran Tx tersebut dan penggunaan baterai pada Tx berpengaruh pada kekuatan pancaran sinyal akustik yang dirambatkan dalam medium air.



Gambar 21. Ploting nilai kesalahan ukur.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari penelitian Rancang bangun alat penentu jarak di bawah air menggunakan metode USBL dengan mikrokontroler raspberry pico dan sensor Piezoelectric dapat disimpulkan antara lain: penelitian ini berhasil membuat Rancang bangun alat penentu jarak di bawah air menggunakan metode USBL dengan *mikrokontroler* raspberry pico dan sensor Piezoelectric. Saat uji coba Rancang bangun alat penentu jarak di bawah air ini dengan tiga kali percobaan yaitu jarak 2 meter, 5 meter dan 15 meter dapat disimpulkan bahwa semakin jauh jarak yang diukur maka semakin jauh kesalahan eror yang didapat. Pada penelitian ini nilai rata-rata kesalahan pengukuran masing-masing 0,2 m, 0,4 m dan 1,9 m. Saran lanjutan untuk proses pembuatan dan hasil uji Rancang bangun alat penentu jarak di bawah air menggunakan metode USBL dengan *mikrokontroler* raspberry pico dan sensor piezoelectric, dapat diberikan beberapa saran antara lain: perlu dikembangkan lagi untuk script perhitungan algoritma nya pada hubungan antara *mikrokontroler* raspberry pico dengan arduino uno agar menampilkan hasil akhir berupa jarak dan posisi target. Perlu peningkatan pada *Band Pass Filter* untuk mengurangi ketidakstabilan frekuensi dan tingkat *noise* pada hasil pengukuran. Perlu penelitian lebih lanjut pada script di *mikrocontroller* raspberry pico untuk menghasilkan frekuensi dan panjang gelombang yang lebih akurat. Bagian lilitan primer dan sekunder pada trafo di transmitter perlu ditingkatkan, terutama dalam hal diameter email tembanya dan jumlah lilitannya, untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja *transmitter*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari tugas akhir dari Susilo Budi Santoso. Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh civitas academia STTAL dan seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen, H.-H. (2008). In-Situ Alignment Calibration of Attitude and Ultra Short Base Line Sensor for Precision Underwater Positioning. *Ocean Engineering*, 35(14–15), 1448-1462. doi:<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2008.06.013>.
- Fauzi, A. I. (2015). Metode Utama Sistem Penentuan Posisi Akustik Bawah Air Metode. Institut Teknologi Sumatera.
- Hidayaturrehman, R. (2015). Sistem Penentuan Posisi Akustik Bawah Air. Bandung.
- Kurniawan, C., Caniago, Z. B., Aryani, A., Ekawita, R. (2022). Rancang Bangun Pengukuran Bawah Permukaan Air Dengan Kendali Remote Control Dan Komunikasi Wireless Nrf24L01. *J Online Phys*, 7(2), 35–39. doi:10.22437/jop.v7i2.18168.
- Lasmono, Y.A., Negara, A. K., Kurniawan, E. S. (2021). Rancang Bangun Alat Penentu Jarak Bawah Air dengan Menggunakan Prinsip USBL (Ultra Short Base Line). *J Hidropilar*. 7(2), 107-128. doi:10.37875/hidropilar.v7i2.220.
- Ma'mun A, Manik HM, Hestirianoto T. 2017. Rancang Bangun Algoritma Dan Aplikasinya Pada Akustik Single Beam Untuk Pendeteksian Bawah Air. *J Teknol Perikan dan Kelaut*. 4(2):173–183. doi:10.24319/jtpk.4.173-183.
- Manik, H., Susilohadi, S., & Kusumah, B. R. (2020). Rancang Bangun Transmitter dan Receiver untuk Sistem Komunikasi Akustik Bawah Air. *J Rekayasa Elektr*. 15(3), 162–168. doi:10.17529/jre.v15i3.14498.
- Negara, A.K. (2022). *Rancang Bangun Sistem Transmitter Dan Receiver Sonar Aktif Untuk Deteksi Dan Kuantifikasi Objek Melayang Argo Float Pada Kolom Air Adhi Kusuma Negara*. Tesis. IPB Bogor.
- Novebriawan, T., Delia, L. A., Kurniawan, E. S., Suryo, K., & Mulyadi, D. S. (2020). Purwarupa Peralatan Pencitraan Bawah Laut Dilengkapi Penentu Posisi. *Jurnal Hidropilar*, 6(2), 87-102. doi:<https://doi.org/10.37875/hidropilar.v6i2.183>.
- Septyanto, B. (2019). *Kalibrasi Ultra Short Baseline (USBL) untuk Penentuan Posisi Objek Dibawah Laut*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Setyanto, D., Pranowo, W. S., & Andreas, D. L. (2019). Purwarupa Instrumen CTD Profiler. *Jurnal Hidropilar*, 5(2), 53–56. <https://doi.org/10.37875/hidropilar.v5i2.160>.
- Vasilijevic, A., Borovic, B., & Vukic, Z. (2012). Underwater Vehicle Localization with Complementary Filter : Performance Analysis in the Shallow Water Environment.
- Waite, A. D. (2002). *Sonar for Practising Engineers Third Edition*. Ed ke-3. A. D. Waite, editor. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.