

RANCANG BANGUN *SINGLE BEAM ECHOSOUNDER* (SBES) MENGGUNAKAN PIEZOELECTRIC DENGAN MENAMBAH *BAND PASS FILTER* BERBASIS *MICROCONTROLLER RASPBERRY PI PICO*

SINGLE BEAM ECHOSOUNDER DESIGN USING PIEZOELECTRIC WITH ADDITION OF BAND PASS FILTER BASED ON RASPBERRY PI PICO MICROCONTROLLER

Petrus Guntur Kristianto¹, Adhi Kusuma Negara², Yulianto³, Yoyok N. Santosa¹,
Gathot Winarso¹, & I Wayan Sumardana E. Putra¹

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

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

³Prodi Hidrografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Jakarta, Indonesia

e-mail : bocilacapb@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada pengembangan alat pengukuran kedalaman yang akurat untuk aplikasi survei hidroakustik, mengingat pentingnya data kedalaman yang tepat dalam berbagai kegiatan maritim. Alat yang dirancang adalah *Single Beam Echosounder* (SBES) yang memanfaatkan teknologi piezoelectric dan dilengkapi dengan band pass filter berbasis *microcontroller* Raspberry Pi Pico. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif, yang melibatkan pengamatan dan pengukuran di dua lokasi berbeda, yaitu kolam renang dan laut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini memiliki penyimpangan kalibrasi yang signifikan, yaitu 7 meter di kolam renang dan 1 meter di laut, yang menunjukkan bahwa alat ini belum memenuhi standar survei yang ditetapkan oleh International Hydrographic Organization (IHO). Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa meskipun alat yang dikembangkan menunjukkan potensi untuk digunakan dalam survei hidroakustik, masih diperlukan perbaikan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi dan kinerja alat agar dapat berfungsi secara optimal. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pengukuran kedalaman yang lebih baik di masa depan, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang hidroakustik dan teknologi maritim.

Kata Kunci: Sensor Ultrasonik, Pengukuran Kedalaman, *Single Beam Echosounder* (SBES), Teknologi Piezoelectric, *Band Pass Filter*.

ABSTRACT

This research focuses on the development of an accurate depth measurement tool for hydroacoustic survey applications, highlighting the importance of precise depth data in various maritime activities. The designed tool is a Single Beam Echosounder (SBES) that utilizes piezoelectric technology and is equipped with a Band Pass Filter based on the Raspberry Pi Pico microcontroller. The research employs a descriptive quantitative method, involving observations and measurements at two different locations: a swimming pool and the sea. Testing results indicate significant calibration deviations of 7 meters in the pool and 1 meter in the sea, suggesting that the device

does not yet meet the standards set by the International Hydrographic Organization (IHO). The conclusion of this study is that while the developed tool shows potential for hydroacoustic surveys, further improvements are necessary to enhance its accuracy and performance for optimal functionality. This research aims to contribute to the advancement of better depth measurement technologies in the future.

Keywords: *Ultrasonic Sensor, Depth Measurement, Single Beam Echosounder (SBES), Piezoelectric Technology, Band Pass Filter.*

PENDAHULUAN

Dalam survei pemetaan hidro-oseanografi yang dilaksanakan oleh Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal), salah satu kegiatan utamanya adalah pemeruman atau pengukuran kedalaman laut menggunakan teknologi akustik. Teknologi akustik bawah air merupakan bidang ilmu yang meneliti dan mengembangkan berbagai penerapan sinyal akustik di dalam air (Nugroho *et al.*, 2022). Seiring perkembangannya, teknologi akustik mulai banyak digunakan dalam berbagai sektor, termasuk navigasi, penelitian oseanografi, hingga aplikasi militer sejak Perang Dunia I. Kebutuhan mendesak dalam mendeteksi keberadaan kapal selam untuk pertahanan negara melahirkan teknologi *Sound Navigation and Ranging* (SONAR), yang terus berkembang hingga kini (Kasum, 2018).

Salah satu sistem sonar aktif yang digunakan dalam pengukuran batimetri adalah *Single Beam Echosounder* (SBES), yang telah tersertifikasi oleh International Hydrographic Organization (IHO) untuk standar ketelitian survei (Nugroho *et al.*, 2022). Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja echosounder, yang merancang alat pengukur kedalaman air multisensor berbasis *Microcontroller* Arduino. (Negara, 2021) Namun, penelitian tersebut belum menerapkan *Band Pass Filter* (BPF), yang berfungsi untuk menyaring frekuensi sinyal tertentu dan mereduksi gangguan dari frekuensi di luar rentang yang diinginkan (Rayana & Andriani, 2019). Salah satu jenis

filter yang sering digunakan dalam teknologi akustik bawah air adalah *Band Pass Filter* (BPF), yang hanya memungkinkan sinyal dengan frekuensi tertentu untuk diteruskan, sementara sinyal di luar rentang tersebut akan disaring (Rayana & Andriani, 2019). Selain itu, sensor yang digunakan dalam penelitian sebelumnya masih berbasis tegangan 5V, yang memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi daya dan kestabilan sinyal (Almanda *et al.*, 2016).

Dalam beberapa penelitian, teknologi sensor piezoelektrik telah diterapkan dalam berbagai sistem pengukuran, termasuk untuk mendeteksi perubahan tekanan atau gelombang akustik di bawah air. (Nugroho *et al.*, 2022) menunjukkan bahwa piezoelektrik memiliki keunggulan dalam mendeteksi tekanan akustik dengan sensitivitas tinggi, yang dapat meningkatkan kinerja sistem echosounder dalam pengukuran kedalaman laut. Teknologi piezoelektrik ini memungkinkan deteksi yang lebih presisi dengan konsumsi daya yang lebih rendah, sehingga cocok digunakan dalam alat-alat survei kelautan yang portabel (Almanda *et al.*, 2016). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Nurkholis (2020), pembuatan dan perancangan alat pengukur kedalaman air menggunakan mikrocontroller Arduino telah dilakukan. Meskipun penelitian ini menunjukkan potensi untuk digunakan dalam pengukuran kedalaman, belum ada penerapan BPF yang diintegrasikan ke dalam sistem tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem SBES menggunakan teknologi piezoelektrik dengan penambahan *Band Pass Filter* berbasis

microcontroller Raspberry Pi Pico untuk meningkatkan kualitas sinyal yang diterima dan akurasi pengukuran kedalaman laut.

Penggunaan Raspberry Pi Pico sebagai platform mikrocontroller memberikan keuntungan dari segi fleksibilitas dan kompatibilitas dengan berbagai sensor, sehingga memungkinkan pengolahan sinyal akustik secara lebih efisien dan akurat (Aisa, 2016). Dengan mengintegrasikan teknologi piezoelektrik dan Raspberry Pi Pico, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat pengukuran kedalaman yang lebih efektif dan akurat dalam survei hidro-oseanografi.

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif, bertujuan untuk mengumpulkan data dan gambaran umum melalui pengamatan atau pengukuran langsung di lapangan.

Jenis penelitian ini merupakan penelitian pengembangan yang menghasilkan produk atau alat untuk kepentingan bidang survei. Dalam pembuatan purwarupa alat ukur kedalaman dengan metode akustik, diperlukan alat dan bahan yang sesuai dengan konsep diagram blok kerja alat. Adapun untuk desain penelitian itu sendiri memiliki beberapa rancangan atau tahapan-tahapan dalam penelitian diantaranya sebagai berikut:

Bahan Rancangan Alat

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

Raspberry Pico

Raspberry Pi Pico, atau sering disebut RasPi, adalah salah satu alternatif *microcontroller* yang sangat fleksibel dan mudah digunakan sesuai kebutuhan.



Gambar 1. Raspberry Pico.

Menurut (Adli *et al.*, 2022) Gambar 1 merupakan Raspberry Pico *Microcontroller* RP2040 merupakan *microcontroller* yang memiliki arsitektur dual core ARM Cortex-M0+ dengan kecepatan frekuensi maksimum hingga 133 MHz. Raspberry Pi Pico adalah papan *microcontroller* berbiaya rendah dan berkinerja tinggi dengan antarmuka digital yang fleksibel.

Raspberry Pi Pico sudah dilengkapi dengan rangkaian regulator daya didalamnya, sehingga dapat dicatu dengan sumber daya dengan tegangan yang bervariasi mulai dari 1,8 V hingga 5,5 Volt. Raspberry Pi Pico memiliki fitur dan fungsionalitas yang kuat dan lebih banyak. Dilihat dari segi programming atau SDK, Raspberry Pi Pico cukup mudah apabila menggunakan bahasa Mycro Python untuk setupnya dan untuk contoh program sudah terdapat dokumentasi pada website resmi Raspberry Pi Pico. Sedangkan untuk setup SDK C/C++ Pico masih sulit, karena belum ada IDE dedicated. Selain itu, Raspberry Pi Pico juga tidak memiliki internal Bluetooth dan WiFi yang sangat dibutuhkan untuk *project-project Internet of Things*.

Sensor Piezoelectric

Gambar 2 merupakan sebuah sensor *Piezoelectric* 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* ini bekerja apabila diberi tegangan listrik maka akan bergetar



- a. Diameter 50 mm
- b. Kabel 7.5 M
- c. Frekuensi 40 KHz
- d. Tinggi 3,7mm
- e. Sensor beam angle 45 degrees
- f. Depth range max 100 M / 328 Feet
- g. Depth range min 0.6 M / 2.0 Feet
- h. Temperature -20 C sampai 70 C

Gambar 2. Sensor Piezoelectric.

dan menghasilkan gelombang suara atau akustik didalam air sebagai triger pemancar. *Receiver* berfungsi sebagai penerima gelombang pantulan yang berasal dari *transmitter* dan dikenakan pada permukaan suatu benda atau gelombang langsung (*Line of Sight, LOS*) dari *transmitter*. (Ulfah, 2011).

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 infrasonik memiliki frekuensi kurang dari 20 hz.

Gelombang ini hanya dapat didengar oleh hewan laba-laba, anjing, gajah, jangkrik dan lumba lumba. Gelombang audiosonic memiliki frekuensi antara 20 hz sampai 20 kHz, gelombang ini dapat didengar oleh manusia.

Sedangkan gelombang ultrasonic memiliki frekuensi lebih dari 20 kHz dan gelombang ini hanya bisa didengar oleh lumba-lumba dan kelelawar. Secara umum gambaran cara kerja dari sensor *piezoelectric* adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{(T.V)}{2}$$

Keterangan:

S = jarak antara sensor dengan objek bawah

air (m)

T = waktu pancar dengan receive (s)

V = cepet rambat gelombang (m/s)

Op-Amp Signal Voltage Microvolt

Terlihat pada Gambar 3 merupakan penguat Instrumentasi sinyal kecil *transmitter* atau yang disebut Op-Amp disini menggunakan modul Pre-Amp 2 Transistor NPN C945 sebagai penguat utama, dapat menguatkan tegangan uV, mV. Data out 0-12V dari *piezoelectric* dapat disesuaikan menggunakan potensiometer modul ini presisi tinggi. *Adjustable* nol untuk meningkatkan akurasi hingga maksimal 12V sesuai spesifikasinya, namun disini penggunaan *pre-amp* menerima sinyal getaran data *Input* dari output sensor *receiver piezoelectric* berupa gelombang persegi frekuensi 40 Khz dan tegangan.

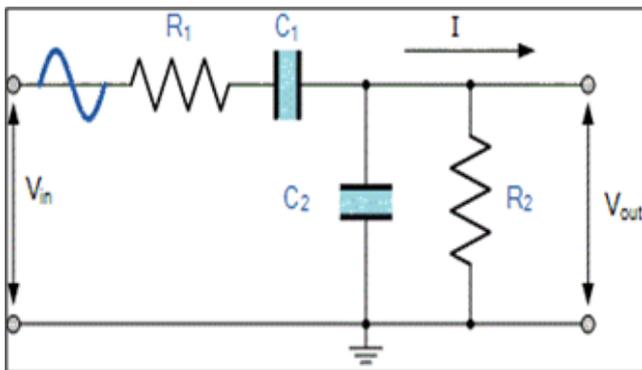
Data out yang dikeluarkan dari *pre-amp* maksimal sama dengan tegangan masuk (V_{iN}) *pre-amp* yaitu 12V dengan demikian dibatasi menggunakan Dioda Zener menjadi 3,3V secara batas maksimum dari Pin *Receiver (Rx) microcontroller Raspberry Pico* sendiri adalah 3,3V.

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



Gambar 3. Pre-Amp 2TR.



Gambar 4. Rangkaian *Band Pass Filter*.

sinyal di luar pita tersebut akan diblokir atau diredam. Dalam proses penyaringan, filter membantu menghilangkan sinyal yang tidak diinginkan dan derau, sehingga memungkinkan deteksi sinyal yang diinginkan (Winder, 2002).

Sementara sinyal frekuensi lainnya perlu diblokir atau diredam. Contoh penggunaan umum dari *band-pass filter* adalah dalam komunikasi nirkabel, pemrosesan audio, pemrosesan gambar, pengukuran sinyal, dan berbagai aplikasi lain di mana pemisahan frekuensi diperlukan.

Terlihat pada Gambar 4, 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.

Power Supply

Terlihat pada gambar 5 adalah *Power Supply* yang merupakan salah satu hardware di dalam perangkat komputer yang berperan untuk memberikan suplai daya. Biasanya



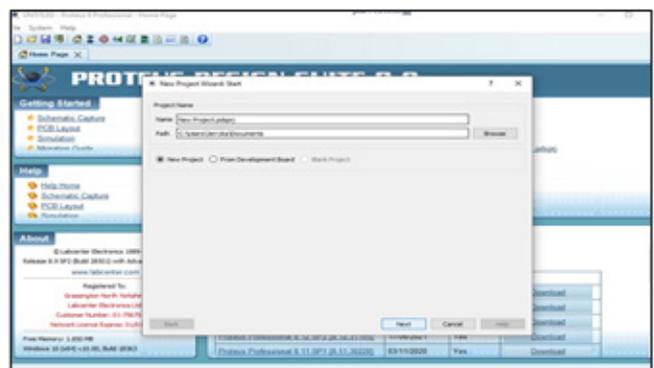
Gambar 5. *Power Supply*.

komponen *power supply* ini bisa ditemukan pada chasing komputer dan berbentuk persegi. Pada dasarnya *Power Supply* membutuhkan sumber listrik yang kemudian diubah menjadi energi yang menggerakkan perangkat elektronik. Sistem kerjanya cukup sederhana yakni dengan mengubah daya 120 Volt ke dalam bentuk aliran dengan daya yang sesuai kebutuhan komponen-komponen tersebut.

Software Proteus 8 professional

Gambar 6 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 6. *Software proteus 8 professional*.

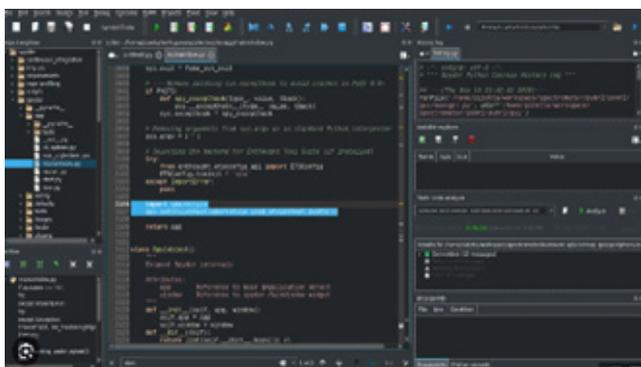
rangkaian banyak perpustakaan didalamnya, beberapa perpustakaan diantaranya seperti komponen pasif, komponen aktif, komponen analog, berbagai jenis saklar, *relay*, IC, mikrokontroler, dan lain sebagainya. Sehingga beberapa modul bisa di rangkai terlebih dahulu melalui simulasi yang sudah disiapkan di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

Software Thonny Phyton

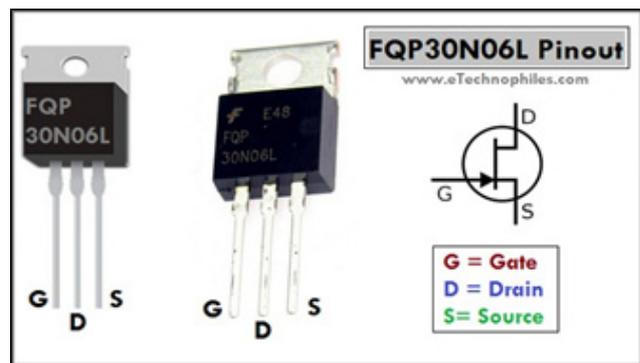
Gambar 7 merupakan tampilan dari Thonny dimana pemrograman ini memungkinkan analisis data untuk melakukan perhitungan statistik yang rumit, membuat visualisasi data serta pembelajaran mesin algoritma. *Software* ini juga bisa digunakan untuk memanipulasi, menganalisis data, dan menyelesaikan berbagai 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 *Single Beam Echosounder* tersebut.

Inverter Mosfet

Inverter Mosfet DC ke AC adalah rangkaian elektronik yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC atau bolak-balik. Salah satu komponen utamanya adalah transformator *step-up*, yang meningkatkan tegangan. Pada transformator ini, kumparan primer memiliki tegangan AC rendah tetapi arus besar, sedangkan kumparan sekunder memiliki tegangan AC tinggi tetapi arus lebih kecil. Mosfet merupakan sebuah komponen transistor dari



Gambar 7. Software Thonny.



Gambar 8. Komponen Mosfet 30N06.

bahan semikonduktor yang memiliki tiga kaki terminal yaitu *Gate* (G), *Drain* (D) dan *Source* (S). Terminal gate berfungsi sebagai elemen pengontrol pada mosfet. Enhancement mode mosfet memiliki dua jenis yaitu N-Mosfet dan P- Mosfet (Frenzel, 2014; Malvino & Bates, 2016) (Gambar 8).

Peralatan Penelitian

Dalam pembuatan Rancang Bangun *Single Beam Echosounder* ini diperlukan beberapa alat dan bahan, dimana alat dan bahan tersebut harus sesuai dengan konsep diagram blok kerja alat. Pada alat ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian tranmitter dan *receiver*. Dimana tranmitter berfungsi sebagai pemancar dan *receiver* sebagai penerima gelombang akustik.

Adapun pembahasan secara rinci alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

Komponen Hardware

- a) 1 Unit Raspberry Pico
- b) 2 Unit *Sensor Piezoelectric*
- c) 1 Unit *Power Supply/Aki*

Komponen Software

- a) Proteus 8 Profesional
- b) Thonny Phyton

Alat dan bahan tambahan yang digunakan

- a) *Toolkit Set*
- b) Alat Ukur Osciloskop
- c) Alat Ukur Avometer

Penelitian yang dilaksanakan

merupakan penelitian pengembangan yang menghasilkan suatu produk atau alat yang dapat dimanfaatkan bagi kepentingan umum. Adapun untuk desain penelitian itu sendiri memiliki beberapa rancangan atau tahapan-tahapan dalam penelitian diantaranya sebagai berikut:

Rancangan Alat

Dalam pembuatan rancang bangun *Single Beam Echosounder* ini ada beberapa tahapan, mulai dari pembuatan rancangan rangkaian, pemasangan komponen, penulisan sketch pada *software* Thonny Phyton, sensor transmitter dan *receiver*, desain dan pembuatan bracket transducer, kalibrasi alat dan pengujian alat.

Tahapan Pemrograman

Pada tahap ini, dilakukan pemrograman menggunakan bahasa Python untuk mengatur pengiriman dan penerimaan sinyal akustik antara *microcontroller* dan sensor yang terhubung ke *microcontroller* Raspberry Pi Pico. Data yang diterima akan disimpan dan ditampilkan di laptop.

Tahap Pengujian Alat

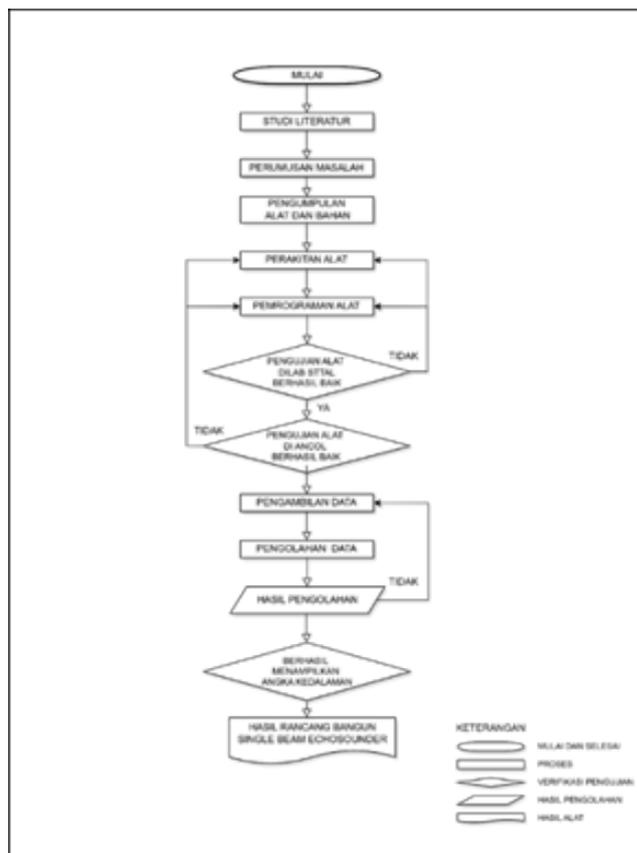
Tahap ini penting untuk menentukan nilai terkait dengan suatu peralatan atau sistem dengan membandingkannya dengan alat ukur standar yang akurat dan dapat diandalkan dalam pengukuran atau pengolahan data.

Tahap Penyajian Hasil

Pada tahap ini, rancang bangun *Single Beam Echosounder* menggunakan *piezoelectric* dengan menambah *Band Pass Filter* berbasis *microcontroller* Raspberry Pi Pico dapat menampilkan data kedalaman dan menghasilkan produk atau alat untuk kepentingan organisasi dalam survei dan pengembangan teknologi akustik bawah laut.

Diagram Alir Penelitian

Seperti pada gambar 9 diagram alir penelitian dibawah ini merupakan tahapan dari penelitian rancang bangun *Single Beam*



Gambar 9. Alur penelitian.

Echosounder menggunakan *piezoelectric* dengan menambah *Band Pass Filter* berbasis *microcontroller* Raspberry Pi Pico. Diagram alir penelitian atau alur penelitian dapat dijelaskan pada Gambar 9.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Krancang bangun *Single Beam Echosounder* menggunakan *Piezoelectric* dengan menambah *Band Pass Filter* berbasis *microcontroller* Raspberry Pi Pico. Alat ini menggunakan dua instrument pokok, yaitu *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx) yang letakan secara bersamaan dalam satu *casing transducer*. Dalam penggunaanya pada bagian *transmitter* (Tx) dan bagian *receiver* (Rx) memiliki sistem timing waktu yang sinkron (sama). Setelah timing waktu sama, *transmitter* (Tx) di on kan menggunakan *Software* Phyton agar mengeluarkan sinyal ping akustik yang merambat dikolom air. Ketika sensor dibagian *receiver* (Rx)

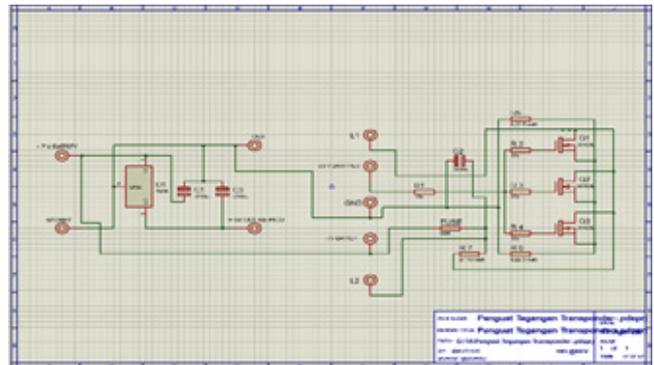
menerima sinyal ping dari *transmitter* (Tx) maka sensor tersebut akan menerima sinyal dan mengkonversikannya menjadi sinyal listrik sebesar millivolt. Selanjutnya sinyal tersebut dikuatkan oleh sistem driver *receiver* yaitu rangkaian *pre-amp* yang dilengkapi sebuah bandpass filter. Selanjutnya sinyal yang sudah dikuatkan dan difilter tersebut diproses oleh empat buah *Microcontroller* Raspberry Pi Pico menjadi besaran waktu yang selanjutnya dikonversi menjadi jarak atau kedalaman. Sehingga angka pembacaan jarak yang didapat merupakan implementasi jarak antara gelombang pantul dasar laut terhadap *receiver*.

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.

Pembuatan *Hardware*

Pembuatan Rancang Bangun *Single Beam Echosounder* dengan *piezoelectric* dan Band Pass Filter berbasis *microcontroller* Raspberry Pi Pico dimulai dengan langkah awal, yaitu pembuatan instrument *Transmitter* (TX). Sinyal akustik dikirim ke dasar perairan dan diterima kembali oleh Transducer (RX), yang kemudian mengubahnya menjadi sinyal digital. Sinyal digital ini kemudian dikuatkan dan difilter oleh driver *receiver* sebelum dibaca oleh *microcontroller* Raspberry Pi Pico. Timer otomatis pada *microcontroller* akan merekam selang waktu sinyal yang dipancarkan untuk diolah dan menentukan kedalaman perairan di Laut.

Proses pembuatan rancang bangun ini dimulai dengan perancangan dan pembuatan rangkaian penguat tegangan, yang krusial untuk menyediakan tegangan DC yang diperlukan oleh sensor *piezoelectric*. Rangkaian ini memberikan tegangan 964 hingga 2000V DC untuk menggetarkan sensor *piezoelectric*. Penggunaan *Printed Circuit Board* (PCB) sebagai platform penghubung

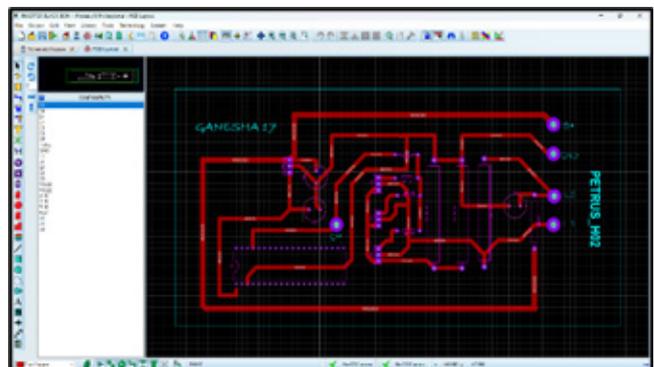


Gambar 10. Skematik penguat tegangan (Tx).

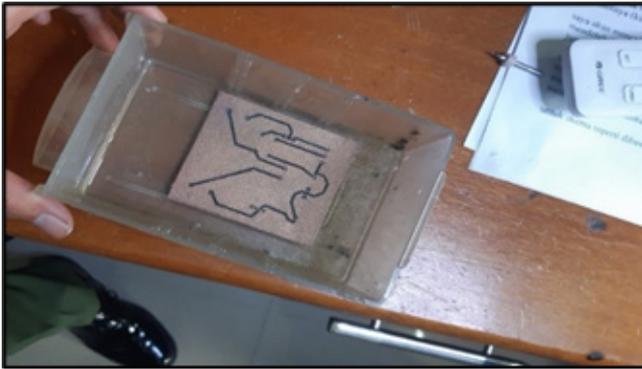
mempermudah penyusunan komponen rangkaian. Skema rangkaian penguat tegangan pada *Transmitter* (TX) (Gambar 10).

Setelah merancang skematik, verifikasi desain untuk memastikan tidak ada kesalahan koneksi atau desain lainnya. Selanjutnya, cetak skema menggunakan printer jet dan tempelkan hasilnya di papan PCB menggunakan strika. Langkah terakhir adalah melarutkan lapisan tembaga pada PCB dengan cairan kimia Hcl 32% Clorida (Gambar 11 dan 12).

Selanjutnya pembuatan transformator untuk meningkatkan tegangan menjadi lebih tinggi. Pembuatan tranformator ini dilakukan 2 kali tahap, yaitu tahap pertama melaksanakan penggulangan pada bagian primer dengan kawat email 0,3 mili dirangkap 5 kali sebanyak 50 lilitan. Dan tahap kedua melaksanakan penggulangan pada bagian sekunder dengan kawat email 0,1 mili sebanyak 2000 lilitan



Gambar 10. Skematik penguat tegangan (Tx).



Gambar 12. Proses Melarut PCB Dengan Larutan Kimia HCL.



Gambar 14. Reflector Transmitter Transducer



Gambar 13. Proses pembuatan transformator untuk penguat tegangan.



Gambar 15. Pengecoran sensor dan trafo

yang terdapat dalam Gambar 13.

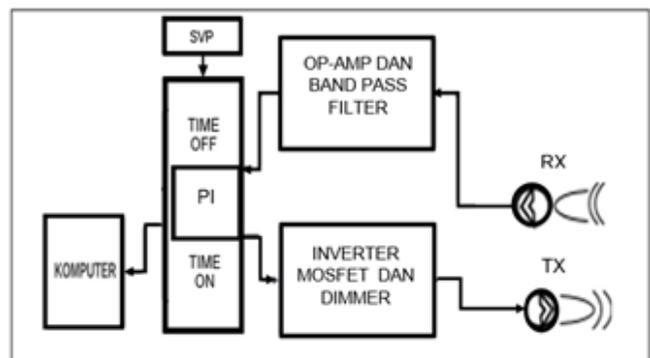
piezoelectric transmitter juga diisolasi dengan silikon. Dengan demikian, di dalam box dipastikan tidak ada jalur tegangan tinggi yang terhubung secara singkat (Gambar 15).

Setelah membuat rangkaian *transmitter* dan *receiver* selanjutnya pembuatan Transducer yang didalamnya terdapat sensor *transmitter* dan sensor *receiver*, terdapat perbedaan pada sensor *receiver* yaitu tanpa reflector. Kemudian kedua sensor dikaitkan dengan pipa paralon dan dicor dengan bahan silikon yang tahan air dan benturan. Gambar 14 menunjukkan sensor *transmitter* yang sudah didalam *casing transducer*.

Setelah pembuatan transducer *receiver* (Rx) kemudian pembuatan rangkaian *receiver* nya untuk menerima data sinyal akustik dari pancaran *transmitter* (Tx). Berikut skema *transmitter* dan *receiver* nya pada Gambar 16.

Untuk menghindari konsleting listrik pada tegangan tinggi, trafo step up ditempatkan di atas sensor *transmitter* dan diisolasi dengan lapisan silikon kedap air. Pada kaki primer trafo hanya menerima tegangan 12V dari sinyal drain mosfet 30N05.

Pada Gambar 16 terlihat bagian



Gambar 16. Skema *Transmitter* dan *Receiver*.

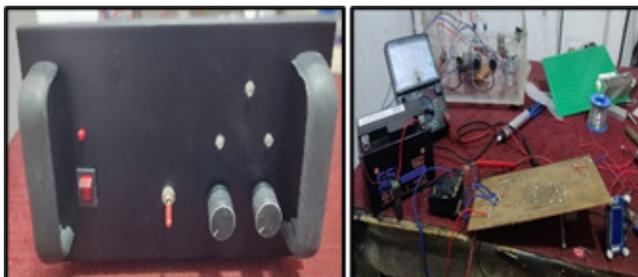
Jalur tegangan tinggi di kaki sekunder trafo yang terhubung dengan sensor

microcontroller Raspbery Pi Pico yang memiliki fungsi untuk timer. Ketika sensor menerima sinyal sebesar beberapa milli volt. Sinyal tersebut harus dikuatkan terlebih dahulu menggunakan rangkaian pre – amp amplifier agar bisa dideteksi oleh *microcontroller*. Penguatan sinyal tidak boleh lebih dari 3,3 volt agar tidak merusak *microcontroller*. Rangkaian *pre – amp amplifier* tersebut sudah dilengkapi dengan *Band Pass Filter* analog sebagai penyaring noise sederhana. Adapun satu buah diode Zener yang berada didepan saluran *input* Raspbery Pi Pico PIN 12 berfungsi sebagai pembatas tegangan lebih sehingga sinyal *input* ke Raspbery Pi Pico tidak lebih dari 3.3 volt. Sinyal ini kemudian akan di baca oleh Raspbery Pi Pico untuk mematikan *Timer*.

Gambar 17 merupakan proses perakitan dari skema *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx) rangkaian pada PCB dengan cara menggabung dan mensolder masing – masing rangkaian sehingga rangkaian tersebut bisa saling terhubung dan bisa bekerja dengan sistem yang sudah dirancang sebelumnya. Dilanjutkan dengan pembuatan *box* untuk menyusun beberapa rangkaian tersebut agar mudah dan aman untuk pengoprasiannya.

Perancangan Software

Instalasi *software* adalah proses memasukkan *software* ke dalam perangkat keras komputer agar perintah-perintah di dalam *software* dapat digunakan sesuai dengan sistem komputer yang ada. *Software*



Gambar 17. Proses penyolderan rangkaian dan pembuatan *box receiver* (Rx)

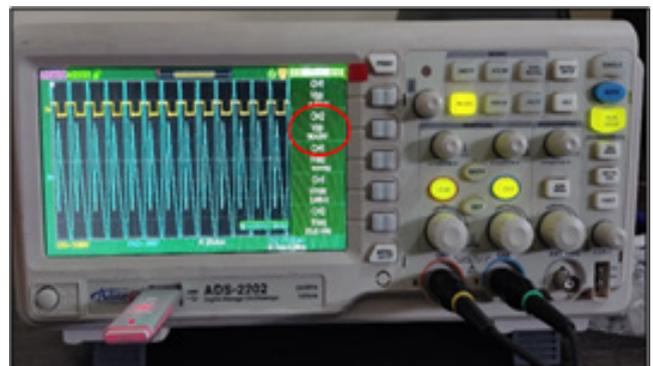
yang digunakan dalam kegiatan pembuatan rancang bangun *Single Beam Echosounder* ini menggunakan *software* Thonny.

Setelah semua *software* terinstal, dilanjutkan pemrograman untuk dijadikan *slave* yang difungsikan sebagai timer sensor dan pemograman *microphyton* menggunakan Thonny pada Raspbery Pi Pico sebagai master yang akan digunakan untuk menjalankan, mengontrol, menampilkan dan menyimpan data aplikasi yang telah dibuat.

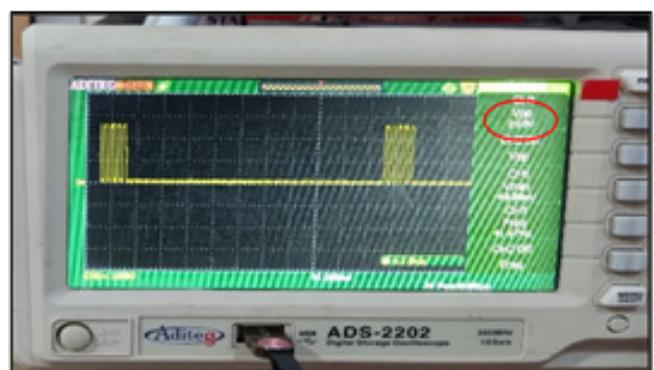
Pengujian Alat

Pengujian alat bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem yang ada antara lain: Pengujian tegangan pada tegangan Inverter, pengukuran sinyal Tx dan Penguatan Sinyal Tx.

Hasil Pemeriksaan tegangan *output* pada inverter menghasilkan tegangan 964 Volt DC berdenyut pada trafo *step up*



Gambar 18. Tampilan Tegangan Sensor 964 Volt DC Berdenyut.



Gambar 19. Tampilan sinyal Tx di osciloscop.

dan inverter. Hasil pengujian dapat dilihat seperti pada gambar 18.

Pengujian sinyal *Transmitter*

Seperti pada gambar 19 dibawah, pemeriksaan tegangan *transmitter* dari *microcontroller* Raspberry Pi Pico dilakukan untuk memastikan tegangan yang dikeluarkan sebagai triger inverter Mosfet guna menggetarkan sensor *piezoelectric*. Tegangan triger ini harus berada dalam rentang 2 – 3,3 Volt.

Pengujian *Receiver*

Pada gambar 20 merupakan kegiatan pengujian *receiver* yang terdiri dari pengujian dua instrument yaitu sensor *transducer* sebagai penerima sinyal akustik yang dipancarkan dari *transmitter* dan perangkat rangkaian *receiver* nya sebagai *microcontroller* utamanya.

Dimana pengujian tersebut dilakukan dengan cara memasukan sensor *transmitter* dan sensor *receiver* di air secara bersamaan di kolam renang Kolat Koarmada 1. Kegiatan ini di ilustrasikan pada gambar 20.

Dari tabel 1 diatas diasumsikan bahwa sound velocity pada air tawar adalah 1500 m/s. dengan perhitungan $s = v \times t$ yang dimana s adalah jarak (meter), v adalah kecepatan (meter/second) dan t adalah waktu (sekon). Jadi untuk 1500 m di dapat dari 1500 m/s x 1 s. sehingga untuk mendapatkan jarak bisa dihitung berapa lama perambatannya dengan rumus $v = (s / t) = 2 / 1500 = 1,3$



Gambar 20. Percobaan penerimaan sinyal receiver.

Tabel 1. Hasil perhitungan jarak atau kedalaman di Kolam Kolat Koarmada 1

NO	TGL	WAKTU	HASIL UKUR (M)	PITA UKUR (M)	SELI SIH (M)
1	22/05/2024	17:08:16	15	15	0
2	22/05/2024	17:08:18	10	15	5
3	22/05/2024	17:08:20	12	15	3
4	22/05/2024	17:08:21	9	15	6
5	22/05/2024	17:08:22	18	15	3
6	22/05/2024	17:08:23	2	15	13
7	22/05/2024	17:08:24	19	15	4
8	22/05/2024	17:08:26	8	15	7
9	22/05/2024	17:08:27	19	15	4
10	22/05/2024	17:08:28	3	15	12
11	22/05/2024	17:08:29	15	15	0
12	22/05/2024	17:08:30	15	15	0
13	22/05/2024	17:08:33	14	15	1
14	22/05/2024	17:08:34	15	15	0
15	22/05/2024	17:08:35	2	15	13
16	22/05/2024	17:08:36	7	15	8
17	22/05/2024	17:08:37	6	15	9
18	22/05/2024	17:08:38	15	15	0
19	22/05/2024	17:08:40	15	15	0
20	22/05/2024	17:08:41	14	15	1
21	22/05/2024	17:08:42	15	15	0
22	22/05/2024	17:08:43	20	15	5
23	22/05/2024	17:08:44	3	15	12
24	22/05/2024	17:08:47	20	15	5
25	22/05/2024	17:08:48	1	15	14
26	22/05/2024	17:08:49	10	15	5
27	22/05/2024	17:08:50	20	15	5
28	22/05/2024	17:08:51	15	15	0
29	22/05/2024	17:08:52	15	15	0
30	22/05/2024	17:08:54	4	15	11
31	22/05/2024	17:08:55	14	15	1
32	22/05/2024	17:08:56	18	15	3
33	22/05/2024	17:08:57	15	15	0
34	22/05/2024	17:08:58	4	15	11
35	22/05/2024	17:09:01	15	15	0
36	22/05/2024	17:09:02	15	15	0
37	22/05/2024	17:09:03	15	15	0
38	22/05/2024	17:09:04	12	15	3
39	22/05/2024	17:09:05	2	15	13
40	22/05/2024	17:09:06	10	15	5
41	22/05/2024	17:09:08	19	15	4
42	22/05/2024	17:09:09	18	15	3
43	22/05/2024	17:09:11	15	15	0
44	22/05/2024	17:09:12	15	15	0
45	22/05/2024	17:09:13	18	15	3
46	22/05/2024	17:09:15	0	15	15
47	22/05/2024	17:09:16	11	15	4
48	22/05/2024	17:09:17	15	15	0
49	22/05/2024	17:09:18	15	15	0

Lanjutan Tabel 1

NO	TGL	WAKTU	HASIL UKUR (M)	PITA UKUR (M)	SELI SIH (M)
50	22/05/2024	17:09:19	15	15	0
51	22/05/2024	17:09:20	15	15	0
52	22/05/2024	17:09:23	15	15	0
53	22/05/2024	17:09:24	15	15	0
54	22/05/2024	17:09:25	15	15	0
55	22/05/2024	17:09:26	8	15	7
56	22/05/2024	17:09:27	9	15	6
57	22/05/2024	17:09:29	15	15	0
58	22/05/2024	17:09:30	4	15	11
59	22/05/2024	17:09:31	8	15	7
60	22/05/2024	17:09:32	16	15	1
61	22/05/2024	17:09:33	15	15	0
62	22/05/2024	17:09:35	15	15	0
63	22/05/2024	17:09:37	3	15	12
64	22/05/2024	17:09:38	9	15	6
65	22/05/2024	17:09:39	16	15	1
66	22/05/2024	17:09:40	12	15	3
67	22/05/2024	17:09:41	0	15	15
68	22/05/2024	17:09:43	4	15	11
69	22/05/2024	17:09:44	15	15	0
70	22/05/2024	17:09:45	15	15	0
71	22/05/2024	17:09:47	1	15	14
72	22/05/2024	17:09:48	18	15	3
73	22/05/2024	17:09:49	12	15	3
74	22/05/2024	17:09:51	15	15	0
75	22/05/2024	17:09:52	15	15	0
76	22/05/2024	17:09:53	7	15	8
77	22/05/2024	17:09:54	15	15	0
78	22/05/2024	17:09:55	15	15	0
79	22/05/2024	17:09:58	9	15	6
80	22/05/2024	17:09:59	14	15	1
81	22/05/2024	17:10:00	8	15	7
82	22/05/2024	17:10:01	15	15	0
83	22/05/2024	17:10:02	15	15	0
84	22/05/2024	17:10:03	0	15	15
85	22/05/2024	17:10:05	11	15	4
86	22/05/2024	17:10:06	3	15	12
87	22/05/2024	17:10:07	15	15	0
88	22/05/2024	17:10:08	15	15	0
89	22/05/2024	17:10:09	6	15	9
90	22/05/2024	17:10:11	3	15	12
91	22/05/2024	17:10:12	12	15	3
92	22/05/2024	17:10:14	16	15	1
93	22/05/2024	17:10:15	15	15	0
94	22/05/2024	17:10:16	15	15	0
95	22/05/2024	17:10:17	18	15	3
96	22/05/2024	17:10:19	14	15	1
97	22/05/2024	17:10:20	18	15	3
98	22/05/2024	17:10:21	4	15	11

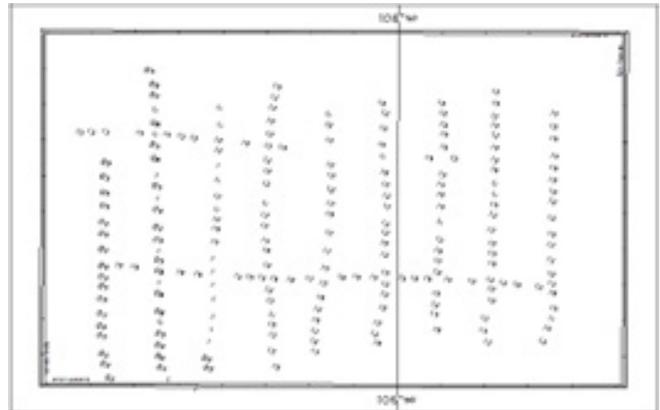
Lanjutan Tabel 1

NO	TGL	WAKTU	HASIL UKUR (M)	PITA UKUR (M)	SELI SIH (M)
99	22/05/2024	17:10:22	17	15	2
100	22/05/2024	17:10:23	12	15	3

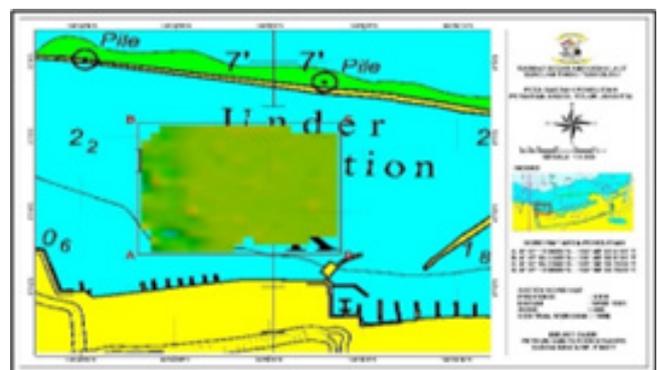
milisekon (ms). Sedangkan untuk jarak 5 meter dibutuhkan waktu 3,3 ms dan untuk jarak 15 meter diperlukan waktu perambatan 10 ms (Tabel 1).

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*. Di osciloskop terbaca sinyal akustik tanda bahwa sinyal akustik dari *transmitter* masuk dan bisa diterima oleh *receivemnya*.

Setelah percobaan di kolam Kolat Koarmada 1 selesai dilanjutkan percobaan



Gambar 21. Tampilan lembar lukis lapangan.

Gambar 22. Tampilan *base surface*.

alat di Laut Pantai Ancol menggunakan lajur perum yang dibuat dengan *software* Hypack, *software* hypack digunakan sebagai penambahan posisi *Easting Northing*, Navigasi dan *Boundry* lajur utama dan lajur silang, dengan kedalaman rata-rata 2 meter. Untuk hasil data dan tampilan contour kedalaman dapat diolah menggunakan *software* ArcGis dan Global Mapper. Hasil data dan tampilan kegiatan ini dapat dilihat pada Tabel 2, Gambar 21 dan Gambar 22.

Gambar 21 hasil pengolahan data lembar lukis menggunakan *software* ArcGis. Gambar 22 adalah hasil tampilan dasar laut lapangan atau *base surface* menggunakan *Software* Global Mapper dan pengambilan data di Pantai Ancol Karnaval.

Analisa Data

Pada tanggal 22 Mei 2024 kalibrasi telah dilakukan sebelum pengambilan data di laut, dengan hasil uji kalibrasi sensor Piezo yang

Tabel 2. Hasil perhitungan kedalaman atau jarak di Pantai Ancol

TGL	WAKTU			DEPTH	TGL	WAKTU			DEPTH
		EASTING	NORTING	LAJUR 1			EASTING	NORTING	LAJUR 1
01/06/24	14:21:00	702986.41,	9323193.56,	1,33	01/06/24	14:11:00	702946.82,	9323195.9,	1,36
01/06/24	14:21:01	702986.32,	9323193.83,	1,35	01/06/24	14:11:01	702946.88,	9323196.5,	1,34
01/06/24	14:21:02	702986.21,	9323194.11,	1,31	01/06/24	14:11:02	702946.89,	9323196.86,	1,22
01/06/24	14:21:03	702986.09,	9323194.51,	1,31	01/06/24	14:11:03	702946.9,	9323197.44,	1,33
01/06/24	14:21:05	702986.07,	9323194.65,	1,31	01/06/24	14:11:04	702946.88,	9323197.78,	1,33
01/06/24	14:21:06	702986.0,	9323195.09,	1,31	01/06/24	14:11:05	702946.84,	9323198.25,	1,49
01/06/24	14:21:07	702985.9,	9323195.39,	1,31	01/06/24	14:11:06	702946.79,	9323198.7,	1,34
01/06/24	14:21:08	702985.83,	9323195.81,	1,36	01/06/24	14:11:07	702946.72,	9323199.17,	1,32
01/06/24	14:21:09	702985.83,	9323195.95,	1,31	01/06/24	14:11:09	702946.59,	9323199.75,	1,5
01/06/24	14:21:10	702985.78,	9323196.4,	1,31	01/06/24	14:11:10	702946.48,	9323200.21,	1,55
01/06/24	14:21:11	702985.68,	9323196.85,	1,31	01/06/24	14:11:11	702946.34,	9323200.67,	1,49
01/06/24	14:21:12	702985.72,	9323197.28,	1,22	01/06/24	14:11:12	702946.22,	9323201.01,	1,31
01/06/24	14:21:13	702985.73,	9323197.43,	1,31	01/06/24	14:11:13	702946.02,	9323201.58,	1,32
01/06/24	14:21:14	702985.69,	9323197.74,	1,42	01/06/24	14:11:14	702945.85,	9323202.03,	1,33
01/06/24	14:21:15	702985.66,	9323198.19,	1,3	01/06/24	14:11:15	702945.64,	9323202.48,	1,24
01/06/24	14:21:16	702985.74,	9323198.64,	1,31	01/06/24	14:11:16	702945.46,	9323202.93,	1,33
01/06/24	14:21:18	702985.75,	9323198.78,	1,33	01/06/24	14:11:17	702945.27,	9323203.37,	1,36
01/06/24	14:21:19	702985.77,	9323199.25,	1,45	01/06/24	14:11:18	702945.1,	9323203.7,	1,26
01/06/24	14:21:20	702985.82,	9323199.55,	1,31	01/06/24	14:11:19	702944.85,	9323204.25,	1,32
01/06/24	14:21:21	702985.94,	9323200.15,	1,31	01/06/24	14:11:20	702944.69,	9323204.59,	1,32
01/06/24	14:21:22	702985.97,	9323200.31,	1,31	01/06/24	14:11:21	702944.47,	9323205.03,	1,38
01/06/24	14:21:23	702986.06,	9323200.61,	1,31	01/06/24	14:11:22	702944.23,	9323205.6,	1,48
01/06/24	14:21:24	702986.16,	9323200.92,	1,31	01/06/24	14:11:24	702944.08,	9323205.94,	1,34
01/06/24	14:21:25	702986.24,	9323201.22,	1,31	01/06/24	14:11:25	702943.83,	9323206.53,	1,3
01/06/24	14:21:26	702986.38,	9323201.69,	1,35	01/06/24	14:11:26	702943.7,	9323206.89,	1,33
01/06/24	14:21:27	702986.44,	9323201.84,	1,31	01/06/24	14:11:27	702943.48,	9323207.64,	1,35
01/06/24	14:21:28	702986.56,	9323202.15,	1,31	01/06/24	14:11:28	702943.41,	9323207.9,	1,33
01/06/24	14:21:30	702986.72,	9323202.61,	1,31	01/06/24	14:11:29	702943.26,	9323208.55,	1,43
01/06/24	14:21:31	702986.85,	9323202.93,	1,31	01/06/24	14:11:30	702943.22,	9323208.81,	1,35
01/06/24	14:21:32	702986.97,	9323203.25,	1,31	01/06/24	14:11:31	702943.09,	9323209.75,	1,33
01/06/24	14:21:33	702987.16,	9323203.73,	1,34	01/06/24	14:11:32	702943.05,	9323210.3,	1,34
01/06/24	14:21:34	702987.29,	9323204.05,	1,31	01/06/24	14:11:33	702943.04,	9323210.85,	1,31
01/06/24	14:21:35	702987.57,	9323204.7,	1,42	01/06/24	14:11:34	702943.04,	9323211.56,	1,35
01/06/24	14:21:36	702987.69,	9323205.03,	1,31	01/06/24	14:11:35	702943.09,	9323212.13,	1,33
01/06/24	14:21:37	702987.74,	9323205.19,	1,34	01/06/24	14:11:36	702943.18,	9323212.7,	1,32
01/06/24	14:21:38	702988.01,	9323205.85,	1,34	01/06/24	14:11:38	702943.27,	9323213.13,	1,32
01/06/24	14:21:39	702988.12,	9323206.18,	1,31	01/06/24	14:11:39	702943.42,	9323213.7,	1,33
01/06/24	14:21:40	702988.27,	9323206.69,	1,31	01/06/24	14:11:40	702943.6,	9323214.28,	1,32

Tabel 3. Hasil perhitungan RMSE

HASIL PENGUKURAN SENSOR KEDALAMAN 15M						
NO	TGL	WAKTU	HASIL UKUR (M)	PITA UKUR (M)	SELISIH (M)	RMSE
1	22/05/2024	17:08:16	15	15	0,0	7,279
2	22/05/2024	17:08:18	10	15	5,0	
3	22/05/2024	17:08:20	12	15	3,0	
4	22/05/2024	17:08:21	9	15	6,0	
5	22/05/2024	17:08:22	18	15	3,0	
6	22/05/2024	17:08:23	2	15	13,0	
7	22/05/2024	17:08:24	19	15	4,0	
8	22/05/2024	17:08:26	8	15	7,0	
9	22/05/2024	17:08:27	19	15	4,0	
10	22/05/2024	17:08:28	3	15	12,0	
11	22/05/2024	17:08:29	15	15	0,0	
12	22/05/2024	17:08:30	15	15	0,0	
13	22/05/2024	17:08:33	14	15	1,0	
14	22/05/2024	17:08:34	15	15	0,0	
15	22/05/2024	17:08:35	2	15	13,0	
16	22/05/2024	17:08:36	7	15	8,0	
17	22/05/2024	17:08:37	6	15	9,0	
18	22/05/2024	17:08:38	15	15	0,0	
19	22/05/2024	17:08:40	15	15	0,0	
20	22/05/2024	17:08:41	14	15	1,0	
21	22/05/2024	17:08:42	15	15	0,0	
22	22/05/2024	17:08:43	20	15	5,0	
23	22/05/2024	17:08:44	3	15	12,0	
24	22/05/2024	17:08:47	20	15	5,0	
25	22/05/2024	17:08:48	1	15	14,0	
26	22/05/2024	17:08:49	10	15	5,0	
27	22/05/2024	17:08:50	20	15	5,0	
28	22/05/2024	17:08:51	15	15	0,0	
29	22/05/2024	17:08:52	15	15	0,0	
30	22/05/2024	17:08:54	4	15	11,0	

dapat dilihat pada Tabel 1. Uji pembacaan kedalaman dilakukan pada kedalaman 0 sampai 15 meter di kolam renang Kolat Koarmada 1, dengan posisi sensor di dasar kolam yang melebar sejauh 15 meter, divalidasi menggunakan pita ukur atau roll meter. Pengujian ini menghasilkan 600 data pembacaan kedalaman dan nilai kesalahan yang dihasilkan selama pengambilan data menggunakan sensor *Piezoelectric*.

Root Mean Squared Error (RMSE) adalah salah satu metode untuk mengevaluasi suatu model dengan mengukur tingkat akurasi data kuantitatif hasil observasi dibandingkan

dengan data perkiraan suatu model. RMSE dihitung dengan mengkuadratkan selisih antara prediksi dan observasi, kemudian membagi dengan jumlah data untuk mendapatkan rata-ratanya, dan akhirnya mengakarkannya.

$$RMSE = \left(\frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \right)^{1/2}$$

dimana,

RMSE = nilai *root mean square error*

Y = nilai hasil observasi

\hat{Y} = nilai hasil prediksi

I = urutan data pada database

n = jumlah data

Tabel 4. Uji pengambilan data rancang bangun SBES di Ancol

NO	TGL	WAKTU	POSISI (X)	POSISI (Y)	KEDA LAMAN (M)	RATA-RATA	SELIS- IH KUAD-RAT DARI-NILAI RATA-RATA	RATA-RATA SELISIH KUAD-RAT	RMSE
1	01/06/2024	13:40:00	7E+05	9323215	1,76	1,04	0,5159	1,1806	1,09
2	01/06/2024	13:40:02	7E+05	9323215	1,04		1,0816		
3	01/06/2024	13:40:03	7E+05	9323216	1,19		1,4161		
4	01/06/2024	13:40:04	7E+05	9323216	0,3		0,09		
5	01/06/2024	13:40:05	7E+05	9323217	0,3		0,09		
6	01/06/2024	13:40:06	7E+05	9323217	0,3		0,09		
7	01/06/2024	13:40:07	7E+05	9323218	1,14		1,2996		
8	01/06/2024	13:40:08	7E+05	9323218	0,7		0,49		
9	01/06/2024	13:40:09	7E+05	9323218	1,23		1,5129		
10	01/06/2024	13:40:10	7E+05	9323219	1,07		1,1449		
11	01/06/2024	13:40:11	7E+05	9323219	0,68		0,4624		
12	01/06/2024	13:40:12	7E+05	9323220	2,76		7,6176		
13	01/06/2024	13:40:14	7E+05	9323220	0,3		0,09		
14	01/06/2024	13:40:15	7E+05	9323221	0,31		0,0961		
15	01/06/2024	13:40:16	7E+05	9323221	1,11		1,2321		
16	01/06/2024	13:40:17	7E+05	9323221	1,22		1,4884		
17	01/06/2024	13:40:18	7E+05	9323222	1,09		1,1881		
18	01/06/2024	13:40:19	7E+05	9323222	1,24		1,5376		
19	01/06/2024	13:40:20	7E+05	9323223	1,76		3,0976		
20	01/06/2024	13:40:21	7E+05	9323223	1,08		1,1664		
21	01/06/2024	13:40:22	7E+05	9323224	1,23		1,5129		
22	01/06/2024	13:40:23	7E+05	9323224	0,92		0,8464		
23	01/06/2024	13:40:24	7E+05	9323224	1,21		1,4641		
24	01/06/2024	13:40:26	7E+05	9323225	1,11		1,2321		
25	01/06/2024	13:40:27	7E+05	9323225	1,22		1,4884		
26	01/06/2024	13:40:28	7E+05	9323226	1,1		1,21		
27	01/06/2024	13:40:29	7E+05	9323226	0,66		0,4356		
28	01/06/2024	13:40:30	7E+05	9323227	1,21		1,4641		
29	01/06/2024	13:40:31	7E+05	9323227	1,07		1,1449		
30	01/06/2024	13:40:32	7E+05	9323227	1,2		1,44		
-	01/06/2024	13:40:39	7E+05	9323230	1,11		1,2321		
3090	01/06/2024	13:40:40	7E+05	9323230	1,28		1,6384		

Tabel 3 adalah data hasil uji coba pertama dikolot, dan dilakukan perhitungan menggunakan rumus RMSE untuk mengetahui sandar deviasasi atau mengukur tingkat akurasi alat SBES rancang bangun, dengan pengamatan 10 menit.

Kemudian dilaksanakan juga pengukuran uji presisi di laut ancil pada tanggal 01 Juni 2024 selama 1 jam interval 1 detik, uji pembacaan kedalaman air dilakukan

pada kedalaman 0 sampai 2 meter. Pengujian ini menghasilkan 3090 data kedalaman dan nilai kesalahan yang dihasilkan selama pengambilan data menggunakan rancang bangun SBES.

Pengambilan data di Ancol tidak menggunakan data bandingan. Berikut ini adalah cara menghitung RMSE dari pengukuran berdasarkan referensi lain yang bisa menggantikan nilai sebenarnya, yaitu

dengan mendapatkan nilai referensi terlebih dahulu. Analisis perhitungan ini menggunakan nilai rata-rata dari pengukuran sebagai nilai referensi. Tabel 4 adalah langkah-langkah untuk menghitung RMSE dengan nilai rata-rata sebagai referensi.

Nilai RMSE yang rendah menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai obeservasinya. Semakin kecil nilai RMSE, semakin dekat nilai yang diprediksi dan diamati maka akan semakin bagus alat tersebut.

Dengan demikian, hasil pengukuran kedalaman di Kolam Kolat Koarmada RI memiliki RMSE sebesar 7,2798 meter dan di Ancol sebesar 1,0865 meter, yang menunjukkan akurasi dan presisi pengukuran tersebut. Berdasarkan analisis data, dapat disimpulkan bahwa alat yang digunakan dalam survei ini belum memenuhi standar survei karena nilai kalibrasinya menunjukkan penyimpangan yang signifikan, dengan selisih 7 meter di kolam renang yang tenang dan 1 meter di laut. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh ketidaksempurnaan pada rancang bangun dan mekanisme uji kelayakan yang belum mencapai standar survei yang diperlukan. Diperlukan upaya berkelanjutan untuk meningkatkan kemampuan alat agar dapat berfungsi lebih optimal dan memenuhi standar yang ditetapkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Rancang Bangun Single Beam Echosounder menggunakan *piezoelectric* dengan tambahan *Band Pass Filter* berbasis *microcontroller* Raspberry Pi Pico berhasil dirancang dan diuji coba dengan baik. Sistem ini telah dilengkapi dengan Band Pass Filter analog sederhana pada bagian penguat sinyal di *receiver*, yang berfungsi untuk mereduksi sebagian *noise* di bawah air sehingga

meningkatkan kualitas sinyal yang diterima. Selain itu, data hasil pengukuran yang diperoleh dari alat ini telah berhasil direkam dan divisualisasikan dalam bentuk lembar lukis lapangan serta tampilan dasar laut atau Base Surface menggunakan *software* ArcGIS dan Global Mapper, memungkinkan analisis yang lebih akurat terhadap kondisi bawah laut.

Saran

Meskipun Rancang Bangun ini berhasil dalam pengukuran kedalaman, terdapat beberapa area yang memerlukan perbaikan untuk memenuhi standar survei, khususnya dalam hal akurasi dan presisinya. Berdasarkan hal tersebut, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

- Gunakan tegangan stanby di atas 100 Volt DC untuk membuat trafo lebih efektif. Ini akan meningkatkan arus dan menghasilkan energi akustik yang lebih efisien.
- Pada bagian *Transmitter* pada masing-masing blok perlu ditambahkan komponen filter aktif dan pasif.
- Desain lebar jalur PCB perlu disesuaikan agar tidak menyebabkan *over heating* atau penurunan performa.
- Alat ini perlu diuji di laut dalam untuk menguji frekuensi rendahnya, yaitu 30 kHz.
- Pada sistem ini dijumpai tidak stabilan power supply, maka perlu ditambahkan filtering berlapis seperti grounding atau induksi yang bagus untuk membuang *noise*.
- Sistem *coding* dari alat perlu diperbaiki.
- Penambahan capasitor pada komponen prosesing dan masing-masing daya.
- Untuk pengembangan lebih lanjut tambahkan filter digital.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) atas izin dan dukungan yang diberikan dalam penelitian ini. Penghargaan juga kami sampaikan kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik dalam bentuk

bantuan teknis, masukan, maupun dukungan lainnya, yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Artikel ini disusun sebagai bagian dari tugas akhir Petrus Guntur Kristianto yang disupervisi oleh para penulis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adli, R., Rizqika Akbar, S., & Budi, A. S. (2022). Rancang Bangun Programmable Frequency Generator untuk Wireless Power Transfer berbasis H-bridge MOSFET IRF3205. 6(11). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Aisa, S. (2016). Implementation Raspberry Pi Using Private Cloud For Accessing Personal Data.. *Jurnal Penelitian Pos Dan Informatika*, 6(2), 137. <https://doi.org/10.17933/jppi.2016.060202>
- Almanda, D., Dermawan, E., Diniardi, E., & Ilmar Ramadhan, A. (2016). Implementation Raspberry Pi Using Private Cloud For Accessing Personal Data. *In Teknik Mesin*, 27.
- Negara, K. (2021). Rancang Bangun Alat Pengukur Kedalaman Air Multisensor (Design And Build Of Multisensor Water Depth Measurement Tool).
- Nugroho, C., Manik, H., Gultom, D., & Firdaus, M. (2022). Implementasi Multibeam Echosounder untuk Pengukuran dan Analisis Data Kedalaman Perairan Teluk Jakarta Berdasarkan Standar International Hydrographic Organization. *POSITRON*, 12(1), 60. <https://doi.org/10.26418/positron.v12i1.51833>
- N u r k h o l i s , (2 0 2 0) .
Pengukuran Kedalaman Atau Akustik Bawah Air Menggunakan Waterprof Ultrasonic Tanpa Dilengkap Band Pass Filter .
- Kasum. (2018). Piezoelektrik Sebagai Pemanen Energi Dengan Penambahan Bluff Body Segitiga. *Jurnal SIMETRIS*, 9(2).
- Rayana, A., & Andriani, W. (2019). Filtering Sinyal Suara Gitar Menggunakan Band Pass Filter. *Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, 4(1), 57-60. <https://doi.org/10.30743/infotekjar.v4i1.1194>

