

**RANCANG BANGUN ALAT PENENTU JARAK BAWAH AIR DENGAN
MENGUNAKAN PRINSIP USBL (*ULTRA SHORT BASE LINE*)**

***DESIGN AND CONSTRUCTION OF UNDERWATER DISTANCE USING THE USBL
(ULTRA SHORT BASE LINE) PRINCIPLE***

Yongki Agus Lasmono¹, Adhi Kusuma Negara², Endro Sigit Kurniawan³

Mahasiswa Program Studi D3 Hidro-Oseanografi, STTAL¹

E-mail: lasmonoagusyongki30@gmail.com

Dosen Pengajar Prodi D3 Hidro-Oseanografi, STTAL²

E-mail: adhisttal2020@gmail.com

Dosen Pengajar Prodi D3 Hidro-Oseanografi, STTAL³

E-mail: endro.sigit03@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan mengembangkan sistem penentu jarak bawah air. Membuat rancang bangun alat penentu jarak bawah air menggunakan prinsip akustik yang dapat bekerja sesuai prinsip USBL (*Ultra Short Base Line*). Manfaat penelitian diharapkan dapat memberikan dasar pemahaman dan mengimplementasikan penguasaan teknologi akustik penentu jarak bawah air dalam rangka mencapai kemandirian teknologi, serta dapat memberikan solusi dan mempermudah dalam mengetahui jarak objek dibawah air. Metode penelitian deskriptif kuantitatif yang mempunyai tujuan untuk mendapatkan data dan gambaran yang lebih lengkap dengan melakukan pengamatan atau pengukuran langsung di lapangan, maka data dan informasi yang dikumpulkan oleh surveyor dapat dimanfaatkan untuk kepentingan organisasi ataupun masyarakat, begitu juga jenis penelitian yang dilaksanakan merupakan penelitian pengembangan yang menghasilkan suatu produk atau alat yang dapat dimanfaatkan bagi kepentingan umum.

Penelitian ini telah menghasilkan rancang bangun alat penentu jarak bawah air minimalis dengan menggunakan prinsip USBL (*Ultra Short Base Line*) dan rancang bangun ini mampu bekerja sesuai prinsip dari USBL (*Ultra Short Base Line*). Rancang Bangun Alat Penentu Jarak Bawah Air Dengan Menggunakan Prinsip USBL (*Ultra Short Base Line*) dapat dikembangkan lebih lanjut dari penentu jarak menjadi penentuan posisi. Perlu dilaksanakan penelitian lanjutan untuk rangkaian sensor agar proses *transmit* dan *receive* yang lebih baik dengan penambahan *bandpass filter*. Untuk menghasilkan komunikasi yang baik antara *transmit* dari *transducer* ke *receive* dari *transponder* begitu juga sebaliknya harus menggunakan dua *channel* frekuensi yang berbeda sehingga komunikasi antar sensor tidak kres. Kualitas pembangkit sinyal akustik bisa diperbaiki lebih lanjut dari analog ke digital.

Kata Kunci: *Microcontroller, Piezoelectric, Ultrasonic, USBL (Ultra Short Base Line)*

ABSTRACT

This research aims to study and develop an underwater distance determination system. Design and build an underwater distance measuring device using acoustic principles that can work according to the USBL (Ultra Short Base Line) principle. The benefits of the research are expected to provide a basis for understanding and implementing mastery of underwater distance-determining acoustic technology in order to achieve technological independence, and can provide solutions and make it easier to determine the distance of objects under water. Descriptive quantitative research method which has the aim of obtaining data and a more complete picture by making direct observations or measurements in the field, then the data and information collected by surveyors can be used for the benefit of organizations or the community, as well as the type of research carried out is development research that produce a product or tool that can be used for the public interest.

This research has resulted in the design of a minimalist underwater distance determination device using the USBL (Ultra Short Base Line) principle and this design is able to work according to the USBL (Ultra Short Base Line) principle. The Design of an Underwater Distance Determination Tool Using the USBL (Ultra Short Base Line) Principle can be further developed from distance determination to positioning. It is necessary to carry out further research for sensor circuits so that the transmit and receive processes are better with the addition of a bandpass filter. To produce good communication between transmit from transducer to receive from transponder and vice versa must use two different frequency channels so that communication between sensors is not crisp. The quality of the acoustic signal generator can be further improved from analog to digital.

Keywords: *Microcontroller, Piezoelectric, Ultrasonic, USBL (Ultra Short Base Line)*

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.

Batimetri adalah ilmu yang mempelajari kedalaman di bawah air dan studi tentang tiga dimensi dasar lantai di bawah air. Pemeruman (*sounding*) adalah kegiatan untuk menentukan kedalaman

permukaan dasar laut atau benda-benda di atasnya terhadap permukaan laut.

Penentuan posisi (*positioning*) adalah bagian terpenting dalam pelaksanaan survey darat (*onshore*) maupun survey laut (*offshore*). Pada umumnya, proses penentuan posisi dilakukan berdasarkan pada *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Salah satu jenis dari GNSS adalah GPS yang merupakan sistem satelit navigasi global milik Amerika Serikat. GPS beroperasi pada 24 satelit yang terus-menerus mengorbit bumi. Satelit ini dilengkapi dengan jam atom dan

mengirimkan sinyal radio secara kontinyu ke bumi sebagai fungsi waktu dan lokasi kepada penerima GPS (L. Zhou, 2010).

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 dalam medium air. Gelombang radio akan mengalami penyerapan dan penyebaran pada medium air sehingga hanya dapat merambat dengan jarak yang pendek (A. Vasilijevic, B. Borovic & Z. Vukic, 2012). Dalam hal penentuan posisi dibawah laut, teknologi GPS kurang maksimal untuk digunakan.

Dalam sebuah survey laut (*offshore*), penentuan posisi menggunakan penjalaran gelombang akustik. Hal tersebut dikarenakan penjalaran gelombang yang mampu merambat dengan baik didalam medium air hanyalah gelombang akustik (B. R. Kusumah, I. Jaya, H. M. Manik, & Susilohadi, 2018). 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 (A. I. Fauzi, 2015).

Sistem penentuan posisi bawah air (*underwater positioning*) terdiri atas beberapa metode, yakni *Long Baseline*

(LBL), *Short Baseline* (SBL), dan *Ultra Short Baseline* (USBL) (H. H. Chen, 2008). 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 (A. Vasilijevic, B. Borovic & Z. Vukic, 2012) (H. H. Chen, 2008).

Metode USBL adalah metode dalam penentuan posisi dibawah laut dengan menggunakan dua instrumen utama yakni *transducer* dan *transponder*. Keduanya berfungsi sebagai *transmitter* dan *receiver*. *transducer* dipasang pada kapal survey dan *transponder* dipasang pada *instrumen* survey yang berada dibawah laut, seperti *Remotely Operated Vehicle* (ROV), *Autonomous Underwater Vehicle* (AUV) dan *Towfish*. *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*.

Berdasarkan metode USBL, akan didapatkan data berupa jarak relatif *transponder* terhadap kapal. Sedangkan, pada kapal survey akan dipasang antenna 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. Jika terdapat titik referensi berupa kordinat X dan Y pada kapal, maka jarak absolut dari *transponder* dapat diketahui berdasarkan perhitungan matematis (Bagus Septyanto, 2019).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kampus Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) Jurusan Hidro-Oseanografi yang beralamatkan di Jl. Pantai Kuta V, Jl. Ancol Timur I No.1, Ancol, Kec. Pademangan, Kota Jakarta Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14430.

Metodelogi Penelitian yang digunakan adalah penelitian metode deskriptif kuantitatif yang mempunyai tujuan untuk mendapatkan data dan gambaran yang lebih lengkap dengan melakukan pengamatan atau pengukuran langsung di lapangan, maka data dan informasi yang dikumpulkan oleh *surveyor* dapat dimanfaatkan untuk kepentingan organisasi ataupun masyarakat, begitu juga jenis 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

Rancangan alat meliputi: rancangan kelistrikan alat yang terdiri dari *power supply*, rancangan *casing* sensor *transceiver*, rancangan *casing panel box* dan rancangan *bracket transceiver*. Bahan

yang digunakan dalam pembuatan rancang bangun ini yaitu :

Arduino Mega 2560

Menurut pendiri arduino Massimo Banzi (2010) "*arduino is an open-source electronic prototyping platform based on flexible, easy-to-use hardware and software. It'sintended for artists, designers, hobbyists, and anyone interested in creating interactive object or enviroments*".

Arduino merupakan pengendali mikro *single board* yang bersifat *open source*, diturunkan dari *writing platform*, dirancang untuk memudahkan pengguna elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *softwarena*nya memiiki bahasa pemrograman sendiri.

Arduino diartikan sebagai sebuah *platform* elektronik yang *open source*, berbasis pada *software* dan *hardware* yang fleksibel dan mudah digunakan, yang ditujukan untuk seniman, *desainer*, *hobbies* dan setiap orang yang tertarik dalam membuat objek atau lingkungan yang interaktif. Arduino sebagai sebuah *platform* komputasi fisik (*Physical Computing*) yang *open source* pada *board input ouput* sederhana, yang dimaksud dengan *platform* komputasi fisik disini yaitu sebuah sistem fisik yang interaktif dengan penggunaan *software* dan *hardware*.

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah Board Arduino yang menggunakan ic *Microcontroller* ATmega 2560. Board ini memiliki Pin I/O yang relatif banyak, 54 digital Input / Output, 15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai output PWM, 16 buah analog Input, 4 UART. Arduino Mega 2560 di lengkapi

kristal 16. Mhz Untuk penggunaan relatif sederhana tinggal menghubungkan power dari USB ke Laptop atau melalui Jack DC pakai adaptor 7-12 V DC.



Gambar 1 Arduino Mega 2560

Arduino Nano

Arduino Nano adalah *board microcontroller* yang berukuran kecil, lengkap, dan salah satu *board* yang menggunakan IC ATmega328P (Arduino Nano V3). Ini memiliki fungsi yang kurang lebih sama dengan Arduino UNO, tetapi dalam *packaging* yang berbeda. Arduino Nano ini bekerja dengan kabel USB Mini-B dan bukan yang standar.



Gambar 2 Arduino Nano

Arduino Nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 Volt yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber daya akan secara

otomatis dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi. *Chip* FTDI232L pada Arduino Nano akan aktif apabila memperoleh daya melalui USB, Ketika Arduino Nano diberikan daya dari luar (*Non-USB*) maka *Chip* FTDI tidak aktif dan pin 3.3V pun tidak tersedia (tidak mengeluarkan tegangan), sedangkan LED TX dan RX pun berkedip apabila pin digital 0 dan 1 berada pada jarak *HIGH*.

Sensor *Piezoelectric*

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 dan menghasilkan gelombang suara atau akustik didalam air sebagai *trigger* 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 infrasonik memiliki frekuensi kurang dari 20 hz, gelombang ini hanya dapat didengar oleh hewan laba-laba, anjing,

gajah, jangkrik dan lumba lumba. Gelombang audiosonik 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 :

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

Keterangan :

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

T = waktu pancar dengan receive (s)

V = cepet rambat gelombang (m/s)



Gambar 3 Sensor Piezoelectric

Sensor JSN SR04T Waterproof Ultrasonic Module

Sensor dilengkapi dengan kabel sepanjang 2,5 m yang terhubung ke papan *breakout* yang mengontrol sensor dan melakukan semua pemrosesan sinyal. Perhatikan bahwa hanya sensor merupakan *waterproof* akan tetapi untuk papan *breakout* tidak. Sehingga pada pada bagian papan *breakout* perlu berhati-hati agar tidak terkena air karena jika terkena air akan rusak.

Sensor jarak ini bekerja dengan mengirimkan gelombang *ultrasonic*. Gelombang ini dipantulkan Kembali oleh suatu objek dan sensor mendeteksinya. Dengan menghitung waktu antara mengirim dan menerima gelombang

suara, sehingga didapatkan jarak antara sensor dan objek.

$$\text{Jarak (cm)} = \text{Kecepatan suara (cm/}\mu\text{s)} \times \text{Waktu (}\mu\text{s)} / 2$$

Dimana Waktu adalah waktu antara mengirim dan menerima gelombang suara dalam *microsecond*.



Gambar 4 Sensor JSN SR04T Waterproof Ultrasonic Module

LCD dan I2C Module

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. Pada alat ini lcd berfungsi untuk menampilkan data.

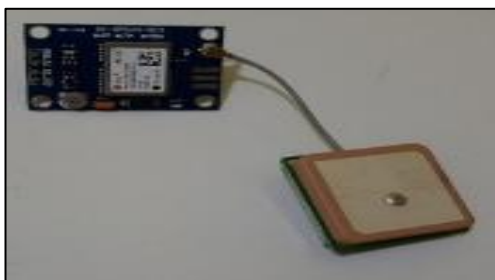


Gambar 5 LCD dan I2C Module

Ublox Neo 7M GPS Module

Pengertian GPS adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyaluran sinyal satelit. Pada penelitian kali ini modul GPS yang digunakan adalah berjenis *Ublox Neo 7M GPS Module*, jenis GPS ini cukup dapat diandalkan karena memiliki keakuratan yang cukup baik dan juga beberapa fitur yang cukup menguntungkan diantaranya terdapat baterai cadangan data, *built-in* elektronik kompas, dan *built-in* antena keramik untuk menangkap sinyal dengan kuat.

Kemudian untuk dapat mengkomunikasikan GPS ini dengan Arduino diperlukan sebuah *library* yang bernama “TinyGPS++.h”. Bentuk dari modul GPS *Ublox Neo 7M* dapat dilihat pada Gambar di bawah ini:



Gambar 6 *Ublox Neo 7M GPS Module*

GPS (*Global Positioning System*) merupakan sistem navigasi untuk menentukan jarak di muka bumi dengan menggunakan satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro. Dalam penelitian ini digunakan sensor GPS modul *Ublox Neo 7M*.

Software Arduino IDE

Software arduino yang digunakan adalah *driver* dan IDE. IDE atau *Integrated Development Environment* suatu program

khusus untuk suatu komputer agar dapat membuat suatu rancangan atau sketsa program untuk papan Arduino. IDE arduino merupakan *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan java. IDE arduino terdiri dari :

Editor Program

Sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing*.

Compiler

Sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode biner.

Uploader

Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam *memory* di dalam papan arduino. Dalam bahasa pemrograman arduino ada tiga bagian utama yaitu struktur, variabel dan fungsi :

Struktur Program Arduino

Kerangka Program

Kerangka program arduino sangat sederhana, yaitu terdiri atas dua blok. Blok pertama adalah *void setup* () dan blok kedua adalah *void loop*.

Blok Void Setup

Berisi kode program yang hanya dijalankan sekali sesaat setelah arduino dihidupkan atau direset. Merupakan bagian persiapan atau instalasi program.

Blok Void Loop

Berisi kode program yang akan dijalankan terus menerus. Merupakan tempat untuk program utama.

Sintaks Program

Baik Blok *Void Setup Loop* () maupun blok *function* harus diberi tanda kurung kurawal buka “{” sebagai tanda awal program di blok itu dan kurung kurawal tutup “}” sebagai tanda akhir program.

Variabel

Sebuah program secara garis besar dapat didefinisikan sebagai instruksi untuk memindahkan angka dengan menggunakan sebuah variabel.

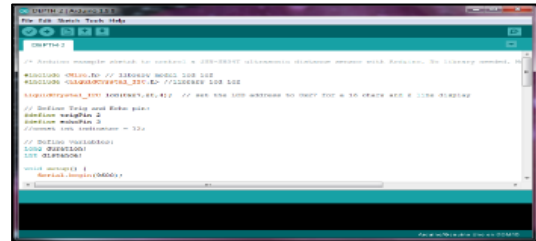
Fungsi

Pada bagian ini meliputi fungsi *input output* digital, *input output* analog, *advanced I/O*, fungsi waktu, fungsi matematika serta fungsi komunikasi.

Pada proses *Uploader* dimana pada proses ini mengubah bahasa pemrograman yang nantinya *dicompile* oleh *avr-gcc* (*avr-gcc compiler*) yang hasilnya akan disimpan kedalam papan arduino. *Avr-gcc compiler* merupakan suatu bagian penting untuk *software* bersifat *open source*. Dengan adanya *avr-gcc compiler* akan membuat bahasa pemrograman dapat dimengerti oleh *microcontroller*. Proses terakhir ini sangat penting, karena dengan adanya proses ini maka akan membuat proses pemrograman *microcontroller* menjadi sangat mudah. Berikut ini merupakan gambaran dalam melakukan pemrograman Arduino :

- 1) Koneksikan papan Arduino dengan komputer melalui *USB port*.
- 2) Tuliskan sketsa rancangan suatu program yang akan dimasukkan ke dalam papan Arduino.
- 3) *Upload* sketsa program ke dalam papan Arduino melalui kabel USB dan kemudian tunggu beberapa saat untuk melakukan *restart* pada papan Arduino.

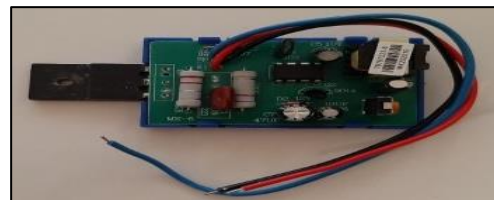
- 4) Papan Arduino akan mengeksekusi rancangan sketsa program yang telah dibuat dan di *upload* ke papan Arduino.



Gambar 7 Tampilan Software Arduino IDE

PWM (*Pulse Width Modulation* atau *Modulasi Lebar Pulsa*)

PWM adalah kepanjangan dari *Pulse Width Modulation* atau dalam bahasa Indonesia dapat diterjemahkan menjadi *Modulasi Lebar Pulsa*. Jadi pada dasarnya, PWM adalah suatu teknik modulasi yang mengubah lebar pulsa (*pulse width*) dengan nilai frekuensi dan amplitudo yang tetap. PWM dapat dianggap sebagai kebalikan dari ADC (*Analog to Digital Converter*) yang mengkonversi sinyal Analog ke Digital, PWM atau *Pulse Width Modulation* ini digunakan menghasilkan sinyal analog dari perangkat Digital (contohnya dari *Microcontroller*).



Gambar 8 Rangkaian PWM (*Pulse Width Modulation*)

Battery Lithium Ion 18650

Battery Lithium Ion 18650 adalah jenis *battery* yang dapat di cas ulang

(*rechargeable*). Kebanyakan perangkat elektronik *portabel* yang membutuhkan tenaga besar dan tahan lama dipastikan menggunakan *battery* 18650. Sebut saja misalnya *laptop*, *power bank*, *wireless bluetooth speaker*, perangkat *remote control*, mobil, *helicopter*. Alat pertukangan bor atau obeng *wireless*, lampu senter LED, rokok elektronik dan sebagainya.



Gambar 9 Battery Lithium Ion 18650

Nama *battery* 18650, merujuk pada ukuran fisiknya yang berbentuk silinder. Angka 18 untuk diameter *battery* 18 mm dan angka 650 untuk ukuran tinggi *battery*, 65,0 mm. Angka “0” dibelakang koma merujuk pada toleransi tinggi total *battery* berdasarkan jenis produk *battery* 18650 tersebut. Terdapat rangkaian proteksi atau tidak (*protected* atau *unprotected*), apabila terdapat rangkaian proteksi, *battery* sedikit akan lebih Panjang. Kutub positif *battery* dari jenis flat top di mana kutub positif *battery* datar hampir rata dengan body-nya. Kutub positif yang terdapat tonjolan kecil (*button top*) seperti yang terdapat pada kutub positif *battery* ukuran AA atau AAA.

Tegangan kerja *battery* 18650 adalah 3,7 Volt. Maksimum dapat di cas 4,2 Volt dan *battery* kosong pada 3,0 Volt. Sedang kemampuan menyimpan arus listrik beragam tergantung produksinya. Dan secara umum diketahui *battery* ini maksimal memiliki kapasitas 3600 mAH. Ada yang 3400 mAH, 2500 mAH, 2200 mAH, 1500 mAH dan sebagainya. Namun

maksimal yang dapat diproduksi hingga kini hanya dapat menyimpan arus maksimal 3600 mAH. mAH adalah singkatan dari mili Ampere Hour, satuan untuk kapasitas arus listrik yang dapat disimpan *battery*. Misalkan sobat punya *battery* 18650 dengan kapasitas 3000 mAH. Ini artinya, *battery* tersebut dapat menyuplai arus listrik 3000 mA (3 Ampere) selama satu jam.

Power Supply

Power Supply adalah salah satu *hardware* di dalam perangkat komputer yang berperan untuk memberikan suplai daya. Biasanya 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.



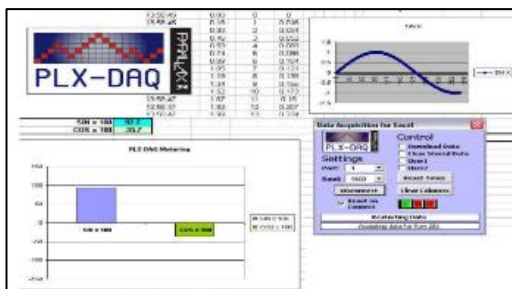
Gambar 10 Power Supply

Parallax Microcontroller Data Acquisition for Excel

Parallax Microcontroller Data Acquisition for Excel adalah Add-in perangkat lunak Parallax Data Acquisition tool (PLX-DAQ) untuk *Microsoft Excel* memperoleh hingga 26 saluran data dari

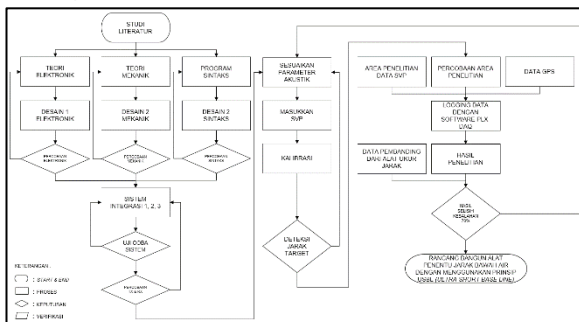
microcontroller Parallax dan memasukkan angka ke dalam kolom saat mereka tiba. PLX-DAQ menyediakan analisis *spreadsheet* yang mudah dari data yang dikumpulkan di lapangan, analisis laboratorium terhadap sensor, dan pemantauan peralatan waktu nyata.

Software yang digunakan untuk memperoleh data pembacaan *hardware* (sensor) yang direpresentasikan melalui kolom pada *Microsoft Excel*. Software ini sangatlah membantu untuk dapat menyelesaikan analisis data. Karena semua proses pembacaan dapat disimpan dan dapat diatur berapa banyak data yang ingin di record, terlebih hasil pembacaan direpresentasikan melalui *Microsoft Excel* sehingga jauh lebih mudah.



Gambar 11 Software Parallax Microcontroller Data Acquisition for Excel

Adapun alur penelitiannya adalah sebagai berikut:



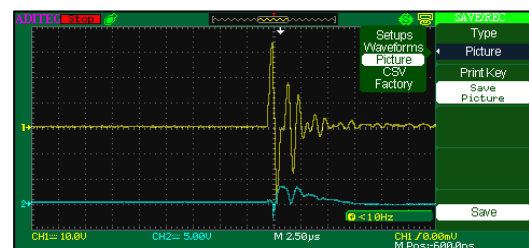
Gambar 12 Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem yang ada antara lain :

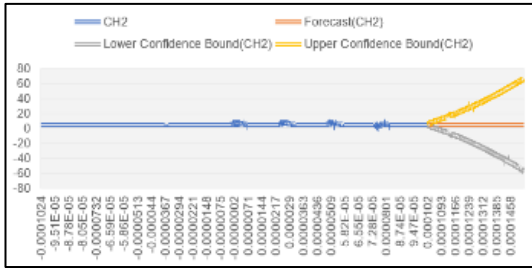
1. Pengujian Sebelum Dan Sesudah adanya Penguatan Sinyal TX

Pengujian sebelum adanya penguatan sinyal TX terlihat pada gambar 13 dimana TX belum diberikan penguatan atau daya yang lebih besar, dimana TX digambarkan pada garis berwarna kuning dan RX pada garis berwarna biru. Sinyal TX yang belum mengalami penguatan sebesar 65 volt memberikan efek yang rendah pada RX sebesar 5 volt untuk menerima sinyal yang dipancarkan.



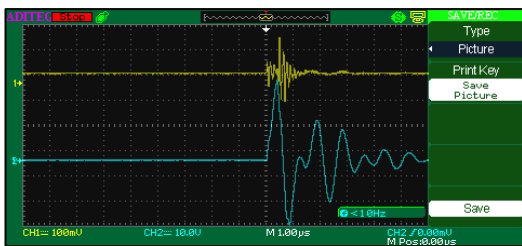
Gambar 13 Tampilan Sinyal TX Sebelum Ditambahkan Penguatan

Pada gambar 13 ini menjelaskan tentang grafik dimana TX belum diberikan penguatan dan berpengaruh terhadap penerimaan terhadap sinyal RX yang digambarkan dengan garis berwarna biru yang menunjukkan besaran 5 volt, sedangkan garis berwarna jingga menunjukkan perkiraan, garis yang berwarna abu-abu menunjukkan batasan terendah pada -60 volt dan garis berwarna kuning menunjukkan batasan atas dikisaran 65 volt.



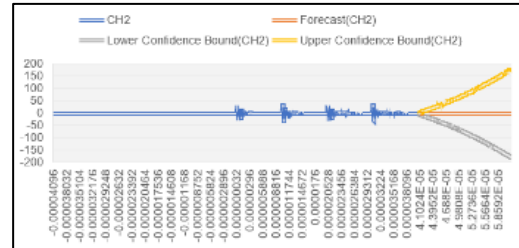
Gambar 14 Grafik Sinyal TX Sebelum Ditambahkan Penguatan

Selanjutnya terlihat pada gambar 14 menampilkan sinyal TX setelah ditambahkan penguatan dimana garis berwarna kuning menunjukkan sinyal TX dan garis berwarna biru menunjukkan sinyal RX yang menerima pancaran dari sinyal TX sebesar 60 volt.



Gambar 15 Tampilan Sinyal TX Setelah Ditambahkan Penguatan

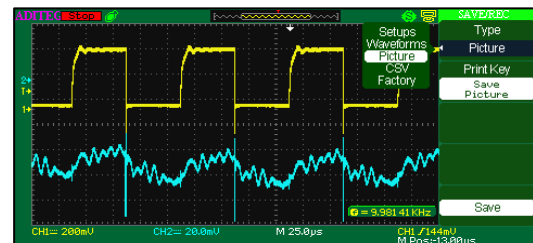
Kemudian gambar 15 ini menjelaskan tentang grafik dimana TX telah diberikan penguatan dan berpengaruh terhadap penerimaan terhadap sinyal RX yang digambarkan dengan garis berwarna biru yang menunjukkan besaran 60 volt, sedangkan garis berwarna jingga menunjukkan perkiraan, garis yang berwarna abu-abu menunjukkan batasan terendah pada -180 volt dan garis berwarna kuning menunjukkan batasan atas dikisaran 175 volt.



Gambar 16 Grafik Sinyal TX Setelah Ditambahkan Penguatan

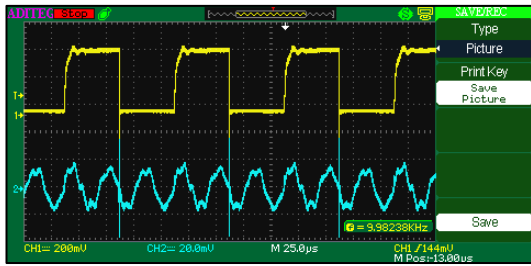
2. Pengujian Frekuensi

Pengujian frekuensi efektif *transducer* TX, RX (sensor *piezoelectric* dan sensor *ultrasonic*). Percobaan dilakukan dengan membandingkan dua buah RX yaitu *piezoelectric* dan sensor *ultrasonic* pada suatu ember berisi air dengan kedalaman tertentu untuk mengetahui tingkat vibrasi optimalnya. Pada gambar 17 menjelaskan bahwa sensor *piezoelectric* pada frekuensi 10 kHz memiliki tingkat vibrasi sebesar 30 mV yang ditunjukkan oleh garis berwarna biru.



Gambar 17 RX Sensor *Piezoelectric* Pada Frekuensi 10 kHz

Selanjutnya pada gambar 17 pengujian dilaksanakan pada sensor *ultrasonic* pada frekuensi 10 kHz mempunyai tingkat vibrasi sebesar 40 mV yang digambarkan oleh garis berwarna biru.



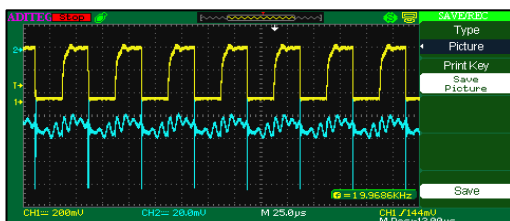
Gambar 18 RX Sensor *Ultrasonic* Pada Frekuensi 10 kHz

Dibawah ini dijelaskan pada tabel 1 bahwa apabila TX diberi amplitudo sebesar 704 maka sensor *piezoelectric* memiliki nilai terendah 61.6, nilai rata-rata 66.4, dan nilai tertinggi 73.6. Pada sensor *ultrasonic* memiliki nilai terendah 70.4, nilai rata-rata 71.84, dan nilai tertinggi 73.6.

Tabel 1 TX Sensor *Piezoelectric* Dan *Ultrasonic* Pada Frekuensi 10 kHz

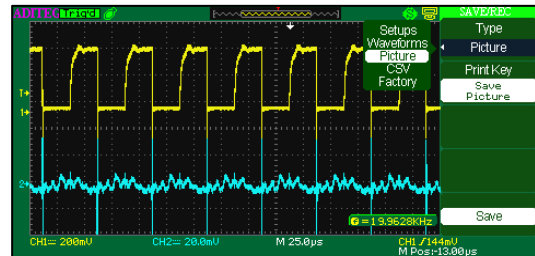
No.	TX (mV)	<i>Piezoelectric</i> (mV)	TX (mV)	<i>Ultrasonic</i> (mV)
1.	704	65.6	696	70.4
2.	696	73.6	704	72
3.	704	61.6	704	72
4.	704	62.4	704	72.8
5.	704	69.6	704	73.6
6.	704	63.2	704	72
7.	704	62.4	704	71.2
8.	704	64	704	70.4
9.	704	72	704	72
10.	704	69.6	704	72
\bar{x}	-	66.4	-	71.84

Pada gambar 19 menjelaskan bahwa sensor *piezoelectric* pada frekuensi 20 kHz memiliki tingkat vibrasi sebesar 20 mV yang ditunjukkan oleh garis berwarna biru.



Gambar 19 RX Sensor *Piezoelectric* Pada Frekuensi 20 kHz

Selanjutnya terlihat pada gambar 20 pengujian dilaksanakan pada sensor *ultrasonic* pada frekuensi 20 kHz mempunyai tingkat vibrasi sebesar 20 mV yang digambarkan oleh garis berwarna biru.



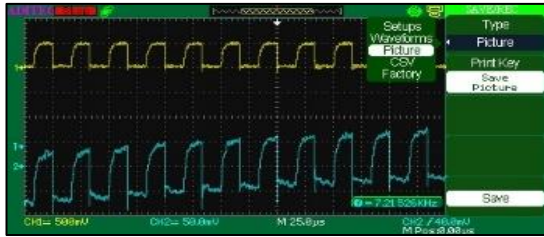
Gambar 20 RX Sensor *Ultrasonic* Pada Frekuensi 20 kHz

Dijelaskan pada tabel 2 bahwa apabila TX diberi amplitudo sebesar 704 maka sensor *piezoelectric* memiliki nilai terendah 77.6, nilai rata-rata 79.6, dan nilai tertinggi 83.2. Pada sensor *ultrasonic* memiliki nilai terendah 75.2, nilai rata-rata 76, dan nilai tertinggi 77.6.

Tabel 2 TX Sensor *Piezoelectric* Dan *Ultrasonic* Pada Frekuensi 20 kHz

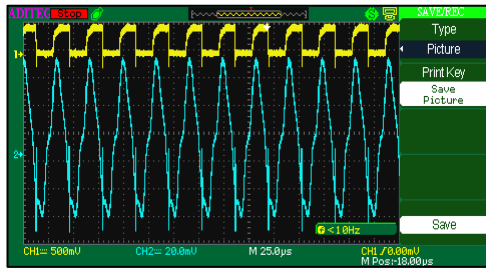
No.	TX (mV)	<i>Piezoelectric</i> (mV)	TX (mV)	<i>Ultrasonic</i> (mV)
1.	704	80	704	75.2
2.	704	78.4	704	76.8
3.	704	83.2	704	76
4.	704	78.4	704	76
5.	704	78.4	704	77.6
6.	704	80	704	75.2
7.	704	80.8	704	76
8.	704	77.6	704	76.8
9.	704	80	704	75.2
10.	704	79.2	704	75.2
\bar{x}	-	79.6	-	76

Kemudian terlihat pada gambar 21 pengujian dilaksanakan pada sensor *piezoelectric* pada frekuensi 30 kHz mempunyai tingkat vibrasi sebesar 100 mV yang digambarkan oleh garis berwarna biru.



Gambar 21 RX Sensor *Piezoelectric* Pada Frekuensi 30 kHz

Selanjutnya terlihat pada gambar 22 pengujian dilaksanakan pada sensor *ultrasonic* pada frekuensi 30 kHz mempunyai tingkat vibrasi sebesar 120 mV yang digambarkan oleh garis berwarna biru.



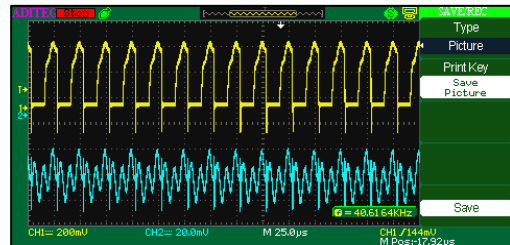
Gambar 22 RX Sensor *Ultrasonic* Pada Frekuensi 30 kHz

Dijelaskan pada tabel 3 bahwa apabila TX diberi amplitudo sebesar 704 maka sensor *piezoelectric* memiliki nilai terendah 48, nilai rata-rata 57.12, dan nilai tertinggi 60.8. Pada sensor *ultrasonic* memiliki nilai terendah 84.8, nilai rata-rata 87.13, dan nilai tertinggi 88.8.

Tabel 3 TX Sensor *Piezoelectric* Dan *Ultrasonic* Pada Frekuensi 30 kHz

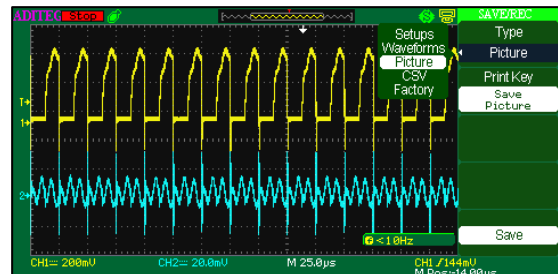
No.	TX (mV)	<i>Piezoelectric</i> (mV)	TX (mV)	<i>Ultrasonic</i> (mV)
1.	704	48	704	84.8
2.	704	60	704	85.6
3.	704	58.4	704	84.8
4.	704	56	704	86.4
5.	704	53.6	704	88
6.	704	59.2	704	88.1
7.	704	57.6	704	87.2
8.	704	59.2	704	88.8
9.	704	60.8	704	88.8
10.	704	58.4	704	88.8
\bar{x}	-	57.12	-	87.13

Pada gambar 23 pengujian dilaksanakan pada sensor *piezoelectric* pada frekuensi 40 kHz mempunyai tingkat vibrasi sebesar 50 mV yang digambarkan oleh garis berwarna biru.



Gambar 23 RX Sensor *Piezoelectric* Pada Frekuensi 40 kHz

Kemudian terlihat pada gambar 23 pengujian dilaksanakan pada sensor *ultrasonic* pada frekuensi 40 kHz mempunyai tingkat vibrasi sebesar 60 mV yang digambarkan oleh garis berwarna biru.



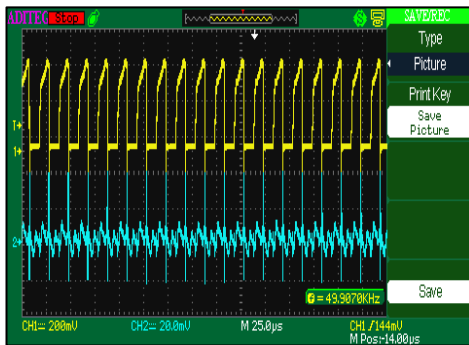
Gambar 24 RX Sensor *Ultrasonic* Pada Frekuensi 40 kHz

Dijelaskan pada tabel 4 bahwa apabila TX diberi amplitudo sebesar 712 maka sensor *piezoelectric* memiliki nilai terendah 48.8, nilai rata-rata 55.28, dan nilai tertinggi 60. Pada sensor *ultrasonic* memiliki nilai terendah 56, nilai rata-rata 57.6, dan nilai tertinggi 58.4.

Tabel 4 TX Sensor *Piezoelectric* Dan *Ultrasonic* Pada Frekuensi 40 kHz

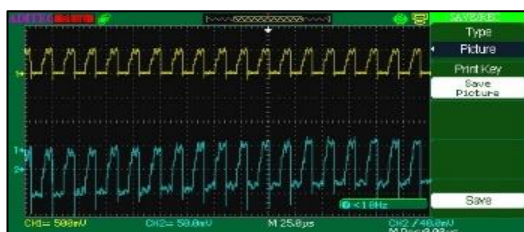
No.	TX (mV)	<i>Piezoelectric</i> (mV)	TX (mV)	<i>Ultrasonic</i> (mV)
1.	712	49.6	712	56
2.	712	60	712	57.6
3.	712	48.8	712	58.4
4.	720	50.4	712	57.6
5.	712	50.4	712	58.4
6.	712	56	720	56.8
7.	712	68.8	712	57.6
8.	712	59.2	712	58.4
9.	712	60	712	57.6
10.	712	49.6	712	57.6
\bar{x}	-	55.28	-	57.6

Pada gambar 25 pengujian dilaksanakan pada sensor *piezoelectric* pada frekuensi 50 kHz mempunyai tingkat vibrasi sebesar 60 mV yang digambarkan oleh garis berwarna biru.



Gambar 25 RX Sensor *Piezoelectric* Pada Frekuensi 50 kHz

Kemudian terlihat pada gambar 26 pengujian dilaksanakan pada sensor *ultrasonic* pada frekuensi 50 kHz mempunyai tingkat vibrasi sebesar 100 mV yang digambarkan oleh garis berwarna biru.



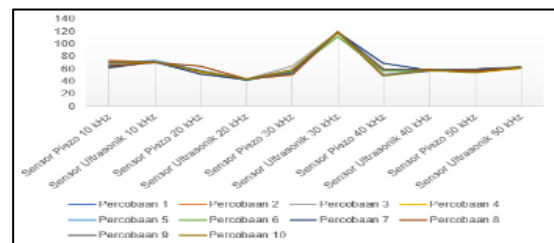
Gambar 26 RX Sensor *Ultrasonic* Pada Frekuensi 50 kHz

Dijelaskan pada tabel 5 bahwa apabila TX diberi amplitudo sebesar 720 maka sensor *piezoelectric* memiliki nilai terendah 54, nilai rata-rata 57.42, dan nilai tertinggi 60. Pada sensor *ultrasonic* memiliki nilai terendah 60.8, nilai rata-rata 62.08, dan nilai tertinggi 63.2.

Tabel 5 TX Sensor *Piezoelectric* Dan *Ultrasonic* Pada Frekuensi 50 kHz

No.	TX (mV)	<i>Piezoelectric</i> (mV)	TX (mV)	<i>Ultrasonic</i> (mV)
1.	720	60	728	62.4
2.	720	57	720	61.6
3.	720	59.2	720	60.8
4.	720	54.4	720	61.6
5.	720	57.6	720	62.4
6.	720	56.8	720	63.2
7.	720	59.2	720	60.8
8.	720	56	720	62.4
9.	720	60	720	63.2
10.	720	54	720	62.4
\bar{x}	-	57.42	-	62.08

Gambar 27 menjelaskan grafik perbandingan sensor *piezoelectric* dan *ultrasonic*, yang menunjukkan angka sensitivitas *receive* tertinggi yaitu pada sensor *ultrasonic* pada frekuensi 30 kHz.



Gambar 27 Grafik Perbandingan Sensor *Piezoelectric* Dan *Ultrasonic* Pada Frekuensi 10-50 kHz

Diantara beberapa percobaan dari frekuensi 10 kHz hingga 50 kHz dengan menggunakan sensor *piezoelectric* dan sensor *ultrasonic* maka dapat disimpulkan yang menghasilkan resonansi optimal adalah frekuensi 30 kHz karena menghasilkan amplitudo maksimal yaitu

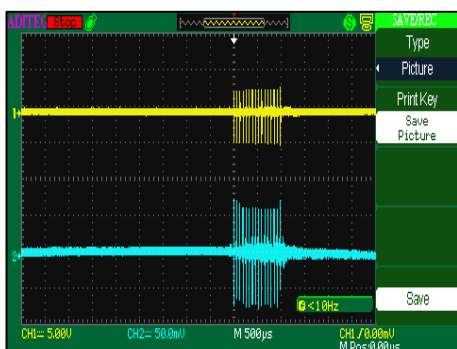
sekitar 120 mV. Adapun setelah digabungkan antara TX dan RX maka terlihat seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 28 Uji Coba TX Dan RX



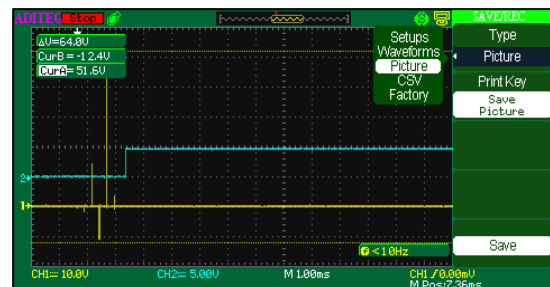
Gambar 29 Uji Sensitivitas TX Dan RX



Gambar 30 Hasil Uji TX Dan RX Pada Osiloskop

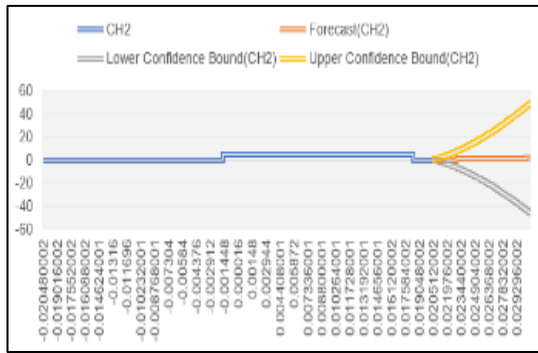
Kesimpulan dari gambar dan uji coba ditetapkan penggunaan frekuensi yang akan dipakai pada sensor agar bekerja dengan baik adalah frekuensi kerja pada 30 kHz. Sinyal TX pada kursor warna kuning, dan sinyal RX pada kursor warna biru pada frekuensi 30 kHz.

3. Sinyal TX Analog Dan RX Digital
Pada Gambar 31 menjelaskan bahwa RX tidak mendapatkan sinyal pancaran dari TX, karena sinyal TX berada dipancarkan belum ada respon dari RX untuk menerimanya sampai jeda waktu TX memancarkan sinyal akustik berikutnya, yang dimana RX garis berwarna biru dan TX garis berwarna kuning.

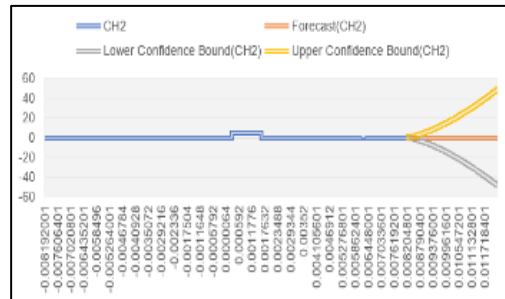


Gambar 31 Tampilan RX Tidak Mendapatkan Sinyal Akustik TX

Pada gambar 32 grafik menunjukkan bahwa sinyal RX masih menunggu respon dari TX sampai jeda TX memancarkan sinyal akustik yang berikutnya. Dimana RX yang digambarkan dengan garis berwarna biru yang menunjukkan besaran 5 volt, sedangkan garis berwarna jingga menunjukkan perkiraan, garis yang berwarna abu-abu menunjukkan batasan terendah pada -50 volt dan garis berwarna kuning menunjukkan batasan atas dikisaran 50 volt.

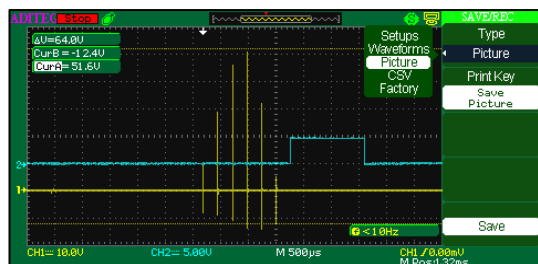


Gambar 32 Grafik RX Tidak Mendapatkan Sinyal Akustik TX



Gambar 34 Grafik RX Mendapatkan Sinyal Akustik TX

Selanjutnya Gambar 33 menjelaskan bahwa RX mendapatkan sinyal pancaran dari TX, karena sinyal TX yang dipancarkan dapat diterima dengan baik oleh RX, yang dimana RX garis berwarna biru dan TX garis berwarna kuning.



Gambar 33 Tampilan RX Mendapatkan Sinyal Akustik TX

Pada gambar 34 grafik menunjukkan bahwa sinyal RX mendapatkan sinyal pancaran dari TX. Dimana RX yang digambarkan dengan garis berwarna biru yang menunjukkan besaran 5 volt, sedangkan garis berwarna jingga menunjukkan perkiraan, garis yang berwarna abu-abu menunjukkan batasan terendah pada -50 volt dan garis berwarna kuning menunjukkan batasan atas dikisaran 50 volt.

4. Pengujian Alat Di Dalam Air



Gambar 35 Pengujian Alat Pada Jarak 45 cm

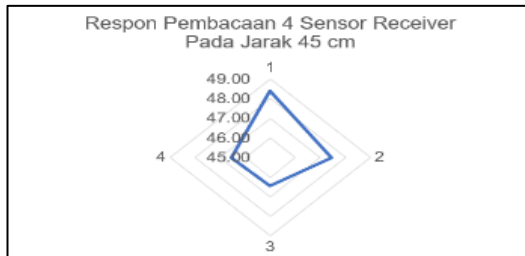
Tabel 6 menjelaskan bahwa hasil pengujian alat pada jarak 45 cm dengan 4 sensor *receiver* diperoleh hasil jarak yang mendekati 45 cm pada jarak 45.15 cm dengan waktu tempuh 605 μ s, dan jarak yang menjauhi 52.01 cm dengan waktu tempuh 697 μ s.

Tabel 6 Pengujian Alat Pada Jarak 45 cm

No.	Sensor 1		Sensor 2		Sensor 3		Sensor 4	
	t1 (μ s)	cm	t2 (μ s)	cm	t3 (μ s)	cm	t4 (μ s)	cm
1.	689	51.42	633	47.24	621	46.34	621	46.34
2.	697	52.01	629	46.94	605	45.15	617	46.04
3.	605	45.15	673	50.22	661	49.33	605	45.15
4.	689	51.42	669	49.93	645	48.13	605	45.15
5.	605	45.15	613	45.75	605	45.15	601	44.85
6.	641	47.84	633	47.24	609	45.45	625	46.64
7.	621	46.34	633	47.24	609	45.45	621	46.34
8.	697	52.01	649	48.43	621	46.34	633	47.24
9.	621	46.34	625	46.64	613	45.75	697	52.01
10.	621	46.34	601	44.85	633	47.24	612	45.67
\bar{x}	648.60	48.40	635.80	47.45	622.20	46.43	623.70	46.54

Kemudian pada gambar 36 diagram menggambarkan respon pembacaan 4 sensor *receiver* pada jarak

45 cm dimana yang menunjukkan jarak terendah ialah sensor 3 dengan rata-rata bacaan jarak 46.43 cm dan jarak tertinggi ialah sensor 1 dengan rata-rata bacaan jarak 48.40 cm.



Gambar 36 Diagram Respon Pembacaan 4 Sensor Receiver Pada Jarak 45 cm



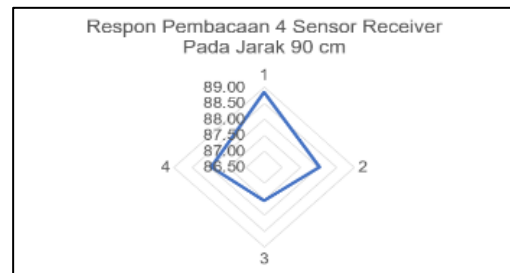
Gambar 37 Pengujian Alat Pada Jarak 90 cm

Tabel 7 menjelaskan bahwa hasil pengujian alat pada jarak 90 cm dengan 4 sensor receiver diperoleh hasil jarak yang mendekati 90 cm pada jarak 90.30 cm dengan waktu tempuh 1210 μ s, dan jarak yang menjauhi 92.69 cm dengan waktu tempuh 1242 μ s.

Tabel 7 Pengujian Alat Pada Jarak 90 cm

No.	Sensor 1		Sensor 2		Sensor 3		Sensor 4	
	t1 (μ s)	cm	t2 (μ s)	cm	t3 (μ s)	cm	t4 (μ s)	cm
1.	1198	89.40	1190	88.81	1178	87.91	1178	87.91
2.	1194	89.10	1186	88.51	1166	87.01	1202	89.70
3.	1166	87.01	1166	87.01	1194	89.10	1166	87.01
4.	1186	88.51	1210	90.30	1146	85.52	1182	88.21
5.	1202	89.70	1166	87.01	1194	89.10	1130	84.33
6.	1222	91.19	1166	87.01	1174	87.61	1182	88.21
7.	1154	86.12	1182	88.21	1178	87.91	1198	89.40
8.	1166	87.01	1166	87.01	1194	89.10	1166	87.01
9.	1242	92.69	1166	87.01	1162	86.72	1194	89.10
10.	1174	87.61	1198	89.40	1146	85.52	1190	88.81
\bar{x}	1190.40	88.84	1179.60	88.03	1173.20	87.55	1178.80	87.97

Kemudian pada gambar 38 diagram menggambarkan respon pembacaan 4 sensor receiver pada jarak 90 cm dimana yang menunjukkan jarak yang terendah ialah sensor 3 dengan rata-rata bacaan jarak 87.55 cm dan jarak tertinggi ialah sensor 1 dengan rata-rata bacaan jarak 88.84 cm.



Gambar 38 Diagram Respon Pembacaan 4 Sensor Receiver Pada Jarak 90 cm



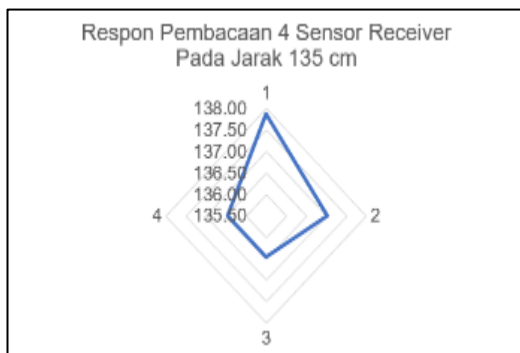
Gambar 39 Pengujian Alat Pada Jarak 135 cm

Tabel 8 menjelaskan bahwa hasil pengujian alat pada jarak 135 cm dengan 4 sensor receiver diperoleh hasil jarak yang mendekati 135 cm pada jarak 135.22 cm dengan waktu tempuh 1812 μ s, dan jarak yang menjauhi 140.90 cm dengan waktu tempuh 1888 μ s.

Tabel 8 Pengujian Alat Pada Jarak 135 cm

No.	Sensor 1		Sensor 2		Sensor 3		Sensor 4	
	t1 (μs)	cm	t2 (μs)	cm	t3 (μs)	cm	t4 (μs)	cm
1.	1856	138.51	1884	140.60	1836	137.01	1816	135.52
2.	1804	134.63	1824	136.12	1844	137.61	1880	140.30
3.	1872	139.70	1840	137.31	1800	134.33	1808	134.93
4.	1804	134.63	1800	134.33	1804	134.63	1888	140.90
5.	1800	134.33	1808	134.93	1884	140.60	1824	136.12
6.	1804	134.63	1880	140.30	1860	138.81	1800	134.33
7.	1880	140.30	1876	140	1820	135.82	1832	136.72
8.	1880	140.30	1828	136.42	1804	134.63	1800	134.33
9.	1888	140.90	1820	135.82	1820	135.82	1840	137.31
10.	1888	140.90	1800	134.33	1812	135.22	1800	134.33
\bar{x}	1847.60	137.88	1836	137.01	1828.40	136.45	1828.80	136.48

Selanjutnya pada gambar 40 diagram menggambarkan respon pembacaan 4 sensor receiver pada jarak 135 cm dimana yang menunjukkan jarak yang terendah ialah sensor 3 dengan rata-rata bacaan jarak 136.45 cm dan jarak tertinggi ialah sensor 1 dengan rata-rata bacaan jarak 137.88 cm.



Gambar 40 Diagram Respon Pembacaan 4 Sensor Receiver Pada Jarak 135 cm



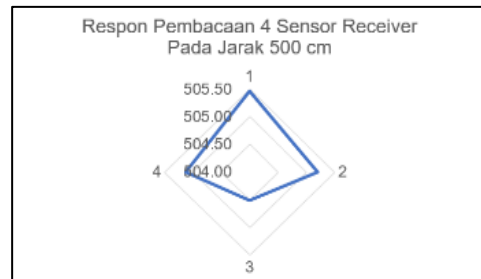
Gambar 41 Pengujian Alat Pada Jarak 500 cm

Pada Tabel 9 menjelaskan bahwa hasil pengujian alat pada jarak 500 cm dengan 4 sensor receiver diperoleh hasil jarak yang mendekati 500 cm pada jarak 500.15 cm dengan waktu tempuh 6702 μs, dan jarak yang menjauhi 507.31 cm dengan waktu tempuh 6798 μs.

Tabel 9 Pengujian Alat Pada Jarak 500 cm

No.	Sensor 1		Sensor 2		Sensor 3		Sensor 4	
	t1 (μs)	cm	t2 (μs)	cm	t3 (μs)	cm	t4 (μs)	cm
1.	6778	505.82	6790	506.72	6798	507.31	6778	505.82
2.	6766	504.93	6786	506.42	6794	507.01	6702	500.15
3.	6794	507.01	6766	504.93	6766	504.93	6766	504.93
4.	6746	503.43	6710	500.75	6786	506.42	6782	506.12
5.	6794	507.01	6766	504.93	6702	500.15	6730	502.24
6.	6774	505.52	6766	504.93	6722	501.64	6782	506.12
7.	6778	505.82	6782	506.12	6754	504.03	6798	507.31
8.	6794	507.01	6766	504.93	6766	504.93	6766	504.93
9.	6762	504.83	6766	504.93	6742	503.13	6794	507.01
10.	6746	503.43	6798	507.31	6774	505.52	6790	506.72
\bar{x}	6773.20	505.46	6769.60	505.19	6760.40	504.51	6768.80	505.13

Selanjutnya pada gambar 42 diagram menggambarkan respon pembacaan 4 sensor receiver pada jarak 500 cm dimana yang menunjukkan jarak yang terendah ialah sensor 3 dengan rata-rata bacaan jarak 504.51 cm dan jarak tertinggi ialah sensor 1 dengan rata-rata bacaan jarak 505.46 cm.



Gambar 42 Diagram Respon Pembacaan 4 Sensor Receiver Pada Jarak 500 cm



Gambar 43 Pengujian Alat Pada Jarak 1000 cm

Pada Tabel 10 menjelaskan bahwa hasil pengujian alat pada jarak 1000 cm dengan 4 sensor *receiver* diperoleh hasil jarak yang mendekati 1000 cm pada jarak 1007.46 cm dengan waktu tempuh 13500 μ s, dan jarak yang menjauhi 1014.03 cm dengan waktu tempuh 13588 μ s.

Tabel 10 Pengujian Alat Pada Jarak 1000 cm

No.	Sensor 1		Sensor 2		Sensor 3		Sensor 4	
	t1 (μ s)	cm	t2 (μ s)	cm	t3 (μ s)	cm	t4 (μ s)	cm
1.	13556	1011.84	13584	1013.73	13536	1010.15	13516	1008.86
2.	13504	1007.76	13524	1009.25	13544	1010.75	13580	1013.43
3.	13572	1012.84	13540	1010.45	13500	1007.46	13508	1008.06
4.	13504	1007.76	13500	1007.46	13504	1007.76	13588	1014.03
5.	13500	1007.46	13508	1008.06	13584	1013.73	13524	1009.25
6.	13504	1007.76	13580	1013.43	13580	1011.84	13500	1007.46
7.	13580	1013.43	13576	1013.13	13520	1008.96	13532	1009.85
8.	13580	1013.43	13528	1009.55	13504	1007.76	13500	1007.46
9.	13588	1014.03	13520	1008.96	13520	1008.96	13540	1010.45
10.	13588	1014.03	13500	1007.46	13512	1008.36	13500	1007.46
\bar{x}	13547.6	1011.01	13536	1010.15	13528.4	1009.58	13528.8	1009.81

Selanjutnya pada gambar 44 diagram menggambarkan respon pembacaan 4 sensor *receiver* pada jarak 1000 cm dimana yang menunjukkan jarak yang terendah ialah sensor 3 dengan rata-rata bacaan jarak 1009.58 cm dan jarak tertinggi ialah sensor 1 dengan rata-rata bacaan jarak 1011.01 cm.



Gambar 44 Diagram Respon Pembacaan 4 Sensor Receiver Pada Jarak 1000 cm

Sesuai dengan tabel diatas untuk menempuh jarak 1500 m dibutuhkan waktu 1 detik atau untuk menempuh jarak 1 m butuh waktu 1/1500 s atau

0,000666667 s. Jika menempuh jarak 1 cm (1 cm = 0,01 m) maka butuh waktu $0.01 \times 0,000666667 \text{ s} = 0,0000067 \text{ s}$ (6.7 μ s). Karena gelombang akustik melakukan perjalanan pergi pulang (pancar-terima) sehingga waktu yang dibutuhkan menjadi 2x. Hal ini berpengaruh pada perhitungan jaraknya. Waktu tempuh menjadi 2x, sehingga untuk menempuh jarak 1 cm diperlukan waktu $6,7 \mu\text{s} \times 2 = 13,4 \mu\text{s}$. Jadi untuk menenmpuh jarak 1 cm dibutuhkan waktu 13,4 μ s. Dengan kata lain untuk menghitung jarak tempuh = waktu tempuh/13,4 μ s. Jadi waktu yang tercatat mulai dari gelombang akustik dipancarkan sampai diterima adalah 1340 μ s, maka jarak yang terukur $1340 \mu\text{s}/13,4 \mu\text{s} = 100 \text{ cm}$.

Hasil dari penelitian ini sesuai dengan tujuan penelitian yakni, membuat Rancang Bangun Alat Penentu Jarak Bawah Air Dengan Menggunakan Prinsip USBL (*Ultra Short Base Line*) serta mempelajari dan mempraktekan teori perambatan gelombang akustik, untuk diterapkan sebagai alat penentu jarak bawah air menggunakan *microcontroller* arduino, sensor *piezoelectric*, dan sensor *ultrasonic*. Alat rancang bangun ini sudah bisa difungsikan berdasarkan teori perambatan gelombang akustik, dan dari hasil data pengujian pengukuran sudah bisa memunculkan angka jarak, namun angka hasil bacaan sensor masih belum akurat sesuai data banding dengan menggunakan alat ukur. Tindak lanjut dalam penelitian ini berdasarkan hasil uji coba alat dan data hasil uji pengukuran, perlu adanya modifikasi *software* dan *hardware*.

KESIMPULAN

Berdasarkan pada kegiatan pembuatan dan hasil uji coba Rancang Bangun Alat Penentu Jarak Bawah Air Dengan Menggunakan Prinsip USBL (*Ultra Short Base Line*), dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penelitian ini telah menghasilkan rancang bangun alat penentu jarak bawah air minimalis dengan menggunakan sensor *piezoelectric* dan *ultrasonic*.
2. Rancang bangun ini mampu bekerja sesuai prinsip dari USBL (*Ultra Short Base Line*).

SARAN

Berdasarkan pada kegiatan pembuatan dan hasil uji coba Rancang Bangun Alat Penentu Jarak Bawah Air Dengan Menggunakan Prinsip USBL (*Ultra Short Base Line*), dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Rancang Bangun Alat Penentu Jarak Bawah Air Dengan Menggunakan Prinsip USBL (*Ultra Short Base Line*) dapat dikembangkan lebih lanjut dari penentu jarak menjadi penentuan posisi.
2. Perlu dilaksanakan penelitian lanjutan untuk rangkaian sensor agar proses *transmit* dan *receive* yang lebih baik dengan penambahan *bandpass filter*.
3. Untuk menghasilkan komunikasi yang baik antara *transmit* dari *transducer* ke *receive* dari *transponder* begitu juga sebaliknya harus menggunakan 2 *channel* frekuensi yang berbeda sehingga komunikasi antar sensor tidak kres.
4. Kualitas pembangkit sinyal akustik bisa diperbaiki lebih lanjut dari analog ke digital.

5. Perlu diadakan penelitian lanjutan untuk membuat alat ini agar lebih praktis, ringkas dan ukuran yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Willumsen, A . & Hallingstad, O. (2006). "Integration of Range, Bearing and Doppler Measurements from Transponders into Underwater Vehicle Navigation Systems." *IEEE Access*.
- Fauzi, A. (2015). "Metode Utama Sistem Penentuan Posisi Akustik Bawah Air Metode."
- Vasilijevic, A. Borovic., B., & Vukic, Z. (2012). "Underwater Vehicle Localization with Complementary Filter : Performance Analysis in the Shallow Water Environment." *Journal of Intelligent & Robotic Systems*.
- Rohman, A. (2019). "Purwarupa Single Beam Echosounder Microcontroller." *Jurnal Hidropilar*.
- Negara, A. Kusuma. (2011). "Pembuatan Prototype Alat Ukur Jarak Bawah Laut Pada Wahana Towing Menggunakan Sensor Akustik." *STTAL*.
- Kusumah, B. Jaya., Manik, H., & Susilohadi. (2018). "Engineering Of Acoustic Technology For Underwater Positioning Object." *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*.

- Septyanto, B., (2019). "Kalibrasi Ultra Short Baseline (USBL) untuk Penentuan Posisi Objek di Bawah Laut." *Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*.
- Chen, H. (2008). "In-Situ Aligment Calibration of Attitude and Ultra Short Base Line Sensor for Precision Underwater Positioning." *Ocean Eng.*
- Macleod, J. (2003). "Underwater Acoustic Positioning Systems." *Hydrographic Society*.
- Jaenudin. (2018). "Purwarupa Receiver GPS Geodetik Berbasis Microcontroller Dengan Perhitungan Post Processing." *Jurnal Hidropilar*.
- Zhou, L. (2010). "A Precise Underwater Acoustic Positioning Method Based on Phase Measurement." *University of Victoria*.
- Kardono, M. Dodon. (2019). "Purwarupa Peralatan Pencitraan Bawah Laut Menggunakan Sensor Waterproof Ultrasonic." *Jurnal Hidropilar*.
- Lekkerkerk, M. (2012). "Hand Book of Offshore Surveying Volume II: Positioning and Tides." 2nd ed. Voorschoten, Netherlands: Skilltrade BV.
- Pressman, R. & Maxim, B. (2009). "Software Engineering : A Practitioner's Approach (8th ed.)." New York : Mc Graw - Hill Higher Education.
- Hidayaturrahman, R. (2015). "Sistem Penentuan Posisi Akustik Bawah Air." *Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics*.
- Surono. (2019). "Purwarupa Differential Global Navigation Satellite System Dengan Metode Real Time Kinematic Berbasis Radio Link Type Htox." *Jurnal Hidropilar*.
- Jinwu, T. Xiaosu., Tao, Z. Liang., & Yao, L. (2018). "Study on Installation Error Analysis and Calibration of Acoustic Transceiver Array Based on SINS/USBL Integrated System." *IEEE Acces*.
- Novebriawan, T. (2020). "Purwarupa Peralatan Pencitraan Bawah Laut Dilengkapi Penentu Posisi." *Jurnal Hidropilar*.
- Wibowo, Y. (2017). "Upgrade Prototype Alat Ukur Pasut Sensor Ultrasonic Dengan Perangkat Telemetry Menggunakan Modem GSM." *Jurnal Hidropilar*.

