

BAB II
SHALLOW WATER EQUATION, DISPERSI DAN KETENTUAN JENIS
GELOMBANG, LINEAR WAVE THEORY, FREQUENCY SHIFT KEYING
(FSK) DAN ARDUINO IDE

2.1 Tinjauan Pustaka

Laut memiliki peran penting bagi kehidupan manusia, sebagai media jalan raya, sebagai sarana perdagangan, sebagai tempat rekreasi dan sebagai alat pemisah atau mempersatu bangsa. Dengan perkembangan jaman, fungsi laut meningkat dikarenakan adanya supply dan demand. Akan tetapi kendala di dalam laut susah diprediksi karena karakteristik laut yang dinamis, abstrak dan terbatasnya referensi teknologi laut yang membahas tentang gelombang air.

Dengan adanya penelitian ini. Dalam monitoring gelombang air Dengan adanya modul LoRa (Long Range) bisa memonitoring permukaan gelombang air pada tempat yang diinginkan, berkegunaan dalam pemantauan permukaan air; monitoring pembacaan karakteristik laut yang ditinjau; indikator tsunami yang diakibatkan perubahan drastis pasang surut laut dan pengawasan peralatan berdasarkan permukaan gelombang air yang memiliki data yang tersedia hampir secara real time memungkinkan reaksi cepat terhadap peristiwa di lapangan, yang telah diaplikasikan dalam sebuah pengukuran yang bisa diukur secara manual maupun pengukuran yang tidak bisa dilakukan oleh manusia.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dari Dedy Hamdani (2018), Desy Hanisa Putri (2018) Avinda Tria Vandhita (2018), Sistem telemetri pengukuran ketinggian gelombang pasang surut air laut menggunakan Arduino yang telah dibuat terdiri dari sistem pelampungan dan sistem penerima di darat serta interface yang berfungsi sebagai penampil hasil pengukuran ketinggian gelombang pasang surut air laut di PC/laptop. Pada rangkaian transmitter terdiri atas Arduino Uno, potensiometer dan modul nRF24L01+.

Sedangkan berdasarkan penelitian sebelumnya dari Arta Mariana Sihite (2019), Marlindia Ike Sari (2019), S.T., M.T., Henry Rossi Andrian, S.T., M.T (2019), Dengan menggunakan sensor ultrasonik dan mikrokontroler sebagai alat yang mengolah dan membaca data, serta modul wifi (ESP 8266) mengirim data ke

database. Sistem monitoring dari prototype ketinggian gelombang air laut pada pelabuhan berbasis web ini dapat menyimpan data pengukuran dengan database dan diakses dengan web secara real time.

Dengan menggabungkan kedua penelitian yang sebelumnya, bisa digabungkan telemeteri dan memonitoring dengan menggunakan LoRa yang bisa menjangkau jarak jauh dan tanpa bantuan internet.

Dengan tugas akhir ini bisa membandingkan karakteristik permukaan gelombang air yang pada kondisi inisial dengan kondisi sesudah, salah satu indikator bahwa permukaan gelombang air pada tempat yang ditinjau memiliki permukaan gelombang yang tenang atau tidak. Maka, dengan adanya tugas akhir ini pembaca akan mendapatkan data yang konkrit. Hasil yang didapat bisa digunakan untuk mengetahui apakah aliran air laminar atau turbulence, yang bisa digunakan untuk alat-alat yang intorelan terhadap gelombang yang telah ditentukan, atau gelombang air cukup kuat untuk pembangkit listrik pada permukaan gelombang air yang telah ditinjau.

Perpaduan modul dan aplikasi tertentu ini dapat memudahkan kita dalam mengukur sesuatu yang tidak bisa dijangkau/sulit oleh manusia. Module Transceiver LoRa™ SX1278 ini memiliki dua fitur yaitu fitur analog dan fitur digital. Fitur digital pada module LoRa™ SX1278 ini mendukung 2-FSK atau pengiriman sinyal melalui penggeseran frekuensi. Metode ini merupakan salah satu cara untuk memonitoring gelombang air.

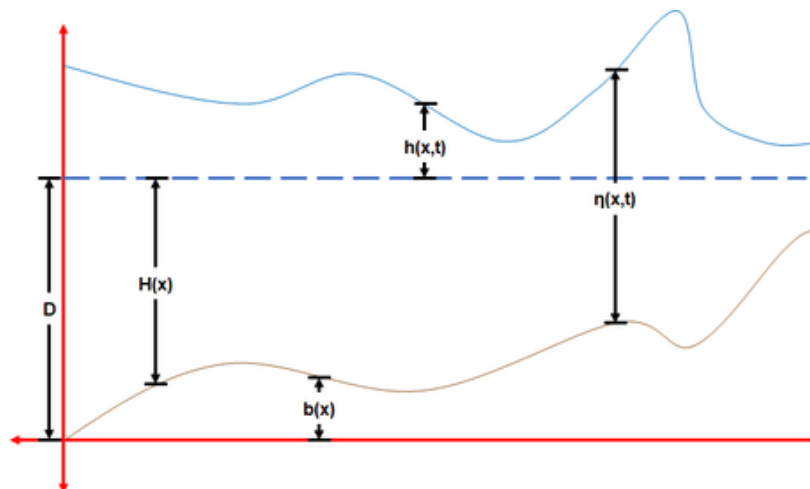
2.2 *Shallow Water Equation*

Dalam persamaan *shallow-water* adalah seperangkat persamaan diferensial parsial hiperbolik (atau parabola jika menganggap adanya *viscous shear*) yang menggambarkan aliran di bawah permukaan tekanan dalam fluida (tetapi tidak harus permukaan bebas). Persamaan *shallow-water* diturunkan dari integrasi persamaan *Navier-Stokes*, dalam kasus di mana skala panjang horizontal jauh lebih besar daripada skala panjang vertikal. Dalam kondisi ini, konservasi massa yang artinya skala kecepatan vertikal fluida lebih kecil dibandingkan dengan skala kecepatan horizontal. Dapat ditunjukkan dari persamaan momentum bahwa gradien tekanan vertikal hampir hidrostatis, dan bahwa gradien tekanan horizontal

disebabkan oleh perpindahan permukaan tekanan, yang menyiratkan bahwa medan kecepatan horizontal konstan sepanjang kedalaman fluida. Integrasi vertikal memungkinkan kecepatan vertikal dihilangkan dari persamaan. Persamaan shallow-water dengan demikian diturunkan.

2.2.1 Bentuk Konservatif *Shallow-Water Equation*

Persamaan air dangkal diturunkan dari persamaan kekekalan massa dan kekekalan momentum linier (persamaan Navier-Stokes), yang berlaku bahkan ketika asumsi air dangkal rusak, seperti melintasi loncatan hidrolik. Dalam kasus lapisan horizontal, dengan gaya Coriolis yang dapat diabaikan, gaya gesek dan gaya viskos, persamaan air dangkal adalah:



Gambar 2.1 Ilustrasi anatomi gelombang air menurut *shallow water equation*

$$\frac{\partial(\rho\eta)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\eta u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho\eta v)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho\eta u)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho\eta u^2 + \frac{1}{2} \rho g \eta^2 \right) + \frac{\partial(\rho\eta uv)}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

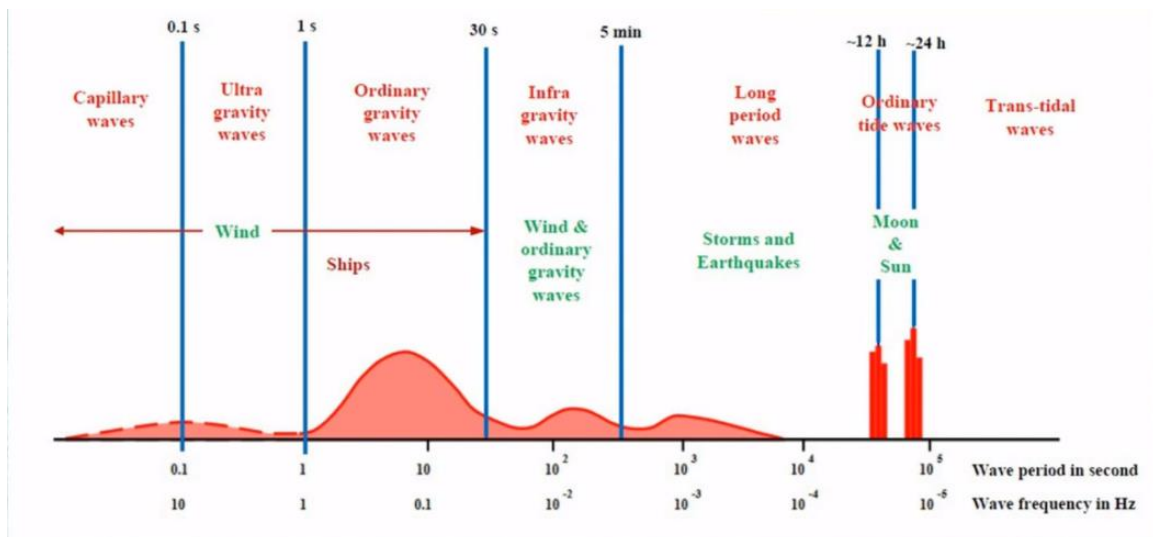
$$\frac{\partial(\rho\eta v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\eta uv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho\eta v^2 + \frac{1}{2} \rho g \eta^2 \right) = 0 \quad (3)$$

Di sini adalah tinggi total kolom fluida (kedalaman fluida sesaat sebagai

fungsi dari x , y dan t), dan vektor 2D (u,v) adalah kecepatan aliran horizontal fluida, yang dirata-ratakan melintasi kolom vertikal. Selanjutnya g adalah percepatan gravitasi dan ρ adalah massa jenis fluida. Persamaan pertama diturunkan dari kekekalan massa, persamaan kedua dari kekekalan momentum. Berikut adalah Diagram satu dimensi yang mewakili model perairan dangkal. Persamaan shallow-water dalam bentuk searah juga disebut persamaan Saint-Venant

2.3 *Linear Wave Theory*

Teori gelombang linear (bisa disebut teori gelombang airy) menggunakan pendekatan aliran potensial (atau potensial kecepatan) untuk menggambarkan gerakan gelombang gravitasi pada permukaan fluida. Penggunaan aliran potensial dengan asumsi air tidak kental dan tidak bisa dirotasi dalam gelombang air sangat berhasil, mengingat kegagalannya untuk menggambarkan banyak aliran fluida lain di mana seringkali penting untuk memperhitungkan viskositas, vortisitas, turbulensi, atau pemisahan aliran. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa untuk bagian osilasi dari gerakan fluida, vortisitas yang diinduksi gelombang terbatas pada beberapa lapisan batas Stokes osilasi tipis pada batas-batas domain fluida.



Gambar 2.2 Ilustrasi klasifikasi gelombang air menurut *linear wave theory*

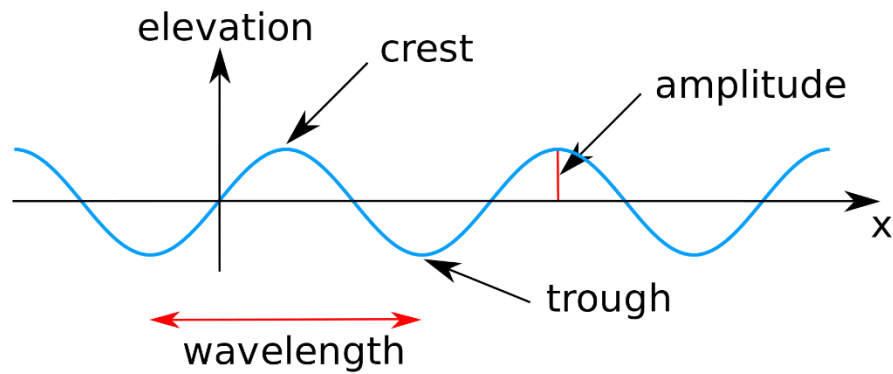
(sheng, wanan, 2019)

Bagian ini adalah tentang frekuensi pada gelombang air memiliki lapisan fluida yang terpengaruh oleh gravitasi; angin; dan beberapa faktor yang dipengaruhi oleh alam atau manusia. Penyelesaian dengan menggunakan *Linear wave theory*, merepresentasikan propagasi gelombang air dengan gelombang sinusoidal. (Krogstad & Artnsen, 2000: 1)

2.3.1 Gelombang Sinusoidal

Gelombang propagasi paling sederhana dari bentuk yang tidak berubah adalah gelombang sinus. Gelombang sinus dengan elevasi muka air $\eta(x, t)$ diberikan oleh:

$$\eta(x, t) = a \sin(\theta(x, t)), \quad (4)$$



Gambar 2.3 Ilustrasi gelombang sinusoidal air (Kreinnest, 2008)

dengan a adalah amplitudo (dalam meter) dan $\theta = \theta(x, t)$ adalah fungsi fase (dalam radian), bergantung pada posisi horizontal (x , dalam meter) dan waktu (t , dalam detik). Yang mana:

$$\theta = 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) = kx - \omega t, \quad (5)$$

Dengan

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ dan } \omega = \frac{2\pi}{T} \quad (6)$$

dengan

- λ adalah panjang gelombang (dalam meter),
- T adalah periode (dalam detik),
- k adalah bilangan gelombang (dalam radian per meter) dan
- ω adalah frekuensi sudut (dalam radian per detik).

Fase karakteristik gelombang air adalah:

- Persimpangan nol yang naik pada $\theta = 0$,
- puncak gelombang pada $\theta = 1/2 \pi$,
- persimpangan nol ke bawah pada $\theta = \pi$
- dasar puncak gelombang pada $\theta = \frac{1}{2}\pi$.

2.4 Dispersi dan Ketentuan Jenis Gelombang

Menurut teori gelombang linier, panjang dan periode gelombang bergantung pada persamaan relasi dispersi sebagai persamaan 1, g adalah konstanta percepatan gravitasi, T adalah periode gelombang, dan h adalah kedalaman air. Fungsi hiperbolik tangen digunakan untuk mewakili rasio sinus hiperbolik dan kosinus hiperbolik. Setelah menggabungkan semua konstanta, persamaan kemudian dapat direpresentasikan sebagai

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi h}{L} \quad (7)$$

Ketika periode dan kedalaman gelombang diketahui, dapat dihitung panjang gelombang λ dan bilangan gelombang ($k = 6,28/L$). Angka-angka untuk variabel dari sini adalah hipotetis untuk memberikan contoh bagaimana hubungan dispersi dapat digunakan untuk menurunkan λ dan k . (Chantelle Lee, 2019: 3)

Persamaan Hubungan Dispersi tampaknya lebih akurat dengan perhitungan air dalam karena kedalaman air yang sangat besar yang membuat tangen hiperbolik menjadi sangat dekat dengan 1, menggunakan persamaan aproksimasi lebih menghemat waktu, aproksimasi tampaknya lebih mudah jika seseorang tidak memiliki sumber daya yang sesuai, maka rumus bisa dipersingkat dengan menjadi

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1,56 \times T^2 \quad (8)$$

menggunakan rumus (8) akan didapatkan kategori jenis gelombang air setiap sesinya, penulis memakai hasil rata-rata perioda setiap sesinya sebagai variabel perhitungan rumus (9) dengan ini kita bisa mengklasifikasikan gelombang jenis gelombang setiap sesinya, dengan ketentuan ini bisa mengklasifikasi jenis gelombang air yang termasuk golongan *deep water*, *intermediate depth*, *shallow water*. Dengan rumus dan ketentuan klasifikasi gelombang air (Dean & Dalrymple 1991: 65)

<i>Deep water</i> $(h > \frac{1}{2} \lambda) = (\frac{h}{\lambda} > 0,5)$	<i>Shallow water</i> $(h < 0,05 \lambda) = (\frac{h}{\lambda} < 0,05)$	<i>Intermediate depth</i> $(0,05 < \frac{h}{\lambda} < 0,5)$	(9)
------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	-----

Tabel 2.1 Klasifikasi Gelombang Air

2.5 Penyelesaian dan Turunan Rumus *Linear Wave Theory*

persamaan (4) pada rumus *Linear Wave Theory* adalah persamaan gelombang sinusoidal, yang menyatakan pergerakan gelombang air secara umum. Persamaan (5) properti dari persamaan gelombang air sinusoidal. Untuk menghitung elevasi gelombang air menggunakan rumus.

$$\eta_0(x, t) = A \cos(kx - \omega t) \quad (10)$$

Dengan:

A: Amplitudo gelombang

k: Nomor gelombang ($\frac{2\pi}{\lambda}$)

ω : Frekuensi sudut gelombang ($\frac{2\pi}{T} = 2\pi f$)

Mengingat identitas trigonometri euler adalah

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta \quad (11)$$

Dengan adanya manipulasi identitas trigonometri, persamaan (10) dan (11) dapat

ditulis sebagai.

$$\eta_0(x, t) = A \cos(kx - \omega t) = \operatorname{Re}(Ae^{-ikx + i\omega t}) \quad (12)$$

Dengan catatan Re adalah bagian real dari bilangan kompleks

2.6 FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)

Frequency-shift keying (FSK) adalah teknik modulasi digital di mana frekuensi sinyal pembawa bervariasi sesuai dengan perubahan sinyal digital. FSK adalah skema modulasi frekuensi. skema modulasi frekuensi di mana informasi digital ditransmisikan melalui perubahan frekuensi diskrit dari sinyal pembawa. Teknologi tersebut digunakan untuk sistem komunikasi seperti telemetri, radiosondes balon cuaca, ID pemanggil, pembuka pintu garasi, dan transmisi radio frekuensi rendah pada pita VLF dan ELF. FSK yang paling sederhana adalah FSK biner (BFSK). BFSK menggunakan sepasang frekuensi diskrit untuk mengirimkan informasi biner (0s dan 1s). Dengan skema ini, "1" disebut frekuensi mark dan "0" disebut frekuensi ruang.

Isyarat pemodulasi berupa aliran pulsa biner yang bervariasi diantara dua arus tegangan diskret. Rumus umum untuk sebuah isyarat fsk (frequency shift keying) biner adalah

$$V(t) = V_c \left[\left(\omega_c + \frac{f_m(t)\Delta\omega}{2} \right) t \right] \quad (13)$$

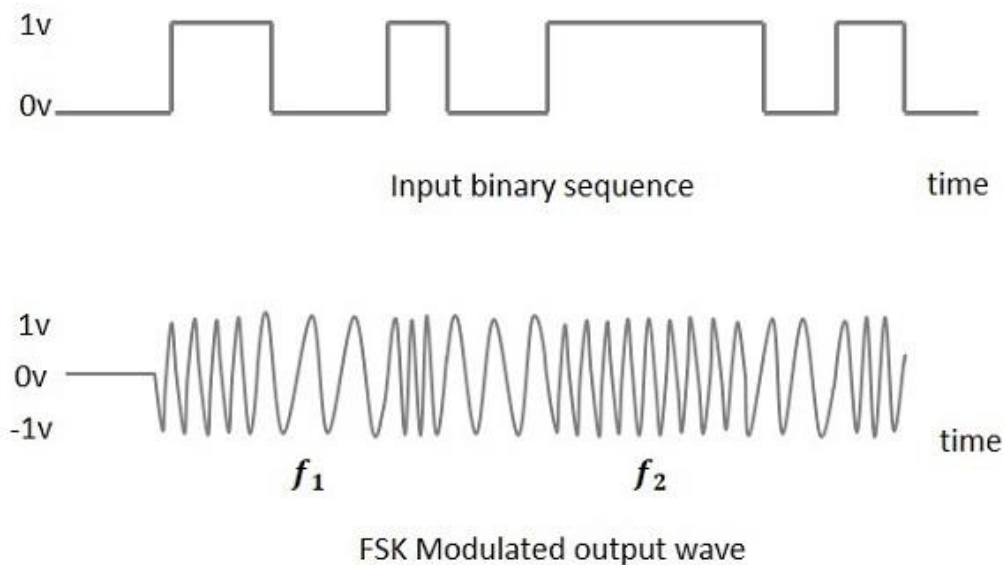
$V(t)$ = adalah bentuk gelombang *FSK* biner;

V_c = puncak amplitude *carrier* tanpa termodulasi

ω_c = carrier frekuensi (dalam radian);

$f_m(t)$ = frekuensi isyarat digital biner pemodulasi

$\Delta\omega$ = beda isyarat pemodulasi (dalam radian)



Gambar 2.4 Diagram *Input binary sequence* dan *FSK Modulated output wave*

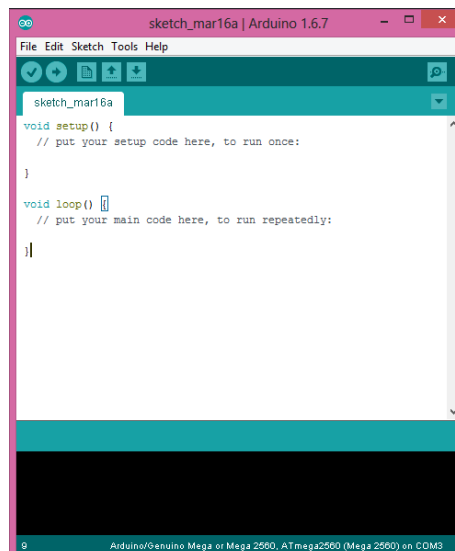
Pada Gambar 3.3 bagian *Input binary sequence* adalah representasi data, apabila nilai menunjukkan angka 1 terhadap waktu, maka pada rentang waktu itu memiliki data dan apabila nilai menunjukkan angka 0 pada rentang waktu itu maka tidak adanya data.

Pada Gambar 3.3 bagian *FSK Modulated output wave* adalah representasi carrier, yang memodulasikan sinyal antara transceiver dan receiver pada bagian rapat artinya menunjukkan nilai 1 yang memodulasi sedangkan bagian renggang menunjukkan nilai 0 yang berarti tidak memodulasi.

2.7 Arduino IDE (*integrated Development Environment*)

Arduino IDE merupakan suatu program khusus untuk komputer agar dapat membuat rancangan atau sketsa program pada papan Arduino Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino ini berdasar pada bahasa C/C++. Program pada Arduino terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu structure, Values (berisi variable dan konstanta) dan yang terakhir function

1. *Structure*, merupakan kode pada Arduino berisi fungsi `setup()` dan `loop()`, `Setup()`, akan dipanggil pertama kali ketika menjalankan *sketch* penggunaan *library* dan lainnya. Fungsi ini dijalankan sekali ketika board dinyalakan atau di *reset*. Selanjutnya fungsi `loop()`, digunakan untuk perulangan berturut-turut, memungkinkan program untuk mengubah dan menanggapi dan digunakan untuk mengontrol *board* Arduino.
2. *Values* merupakan bagian yang berisi *variable* atau konstanta sesuai dengan *type* data yang didukung oleh Arduino.
3. *Function* merupakan segmentasi kode ke fungsi memungkinkan *programmer* untuk membuat potongan-potongan *modular* kode yang telah terdefinisi dan kemudian kembali ke asal kode fungsi atau pemanggilan. Umumnya perintah ini digunakan ketika terdapat kebutuhan untuk melakukan tindakan yang sama beberapa kali dalam sebuah program



Gambar 2.5 Workspace Arduino IDE

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

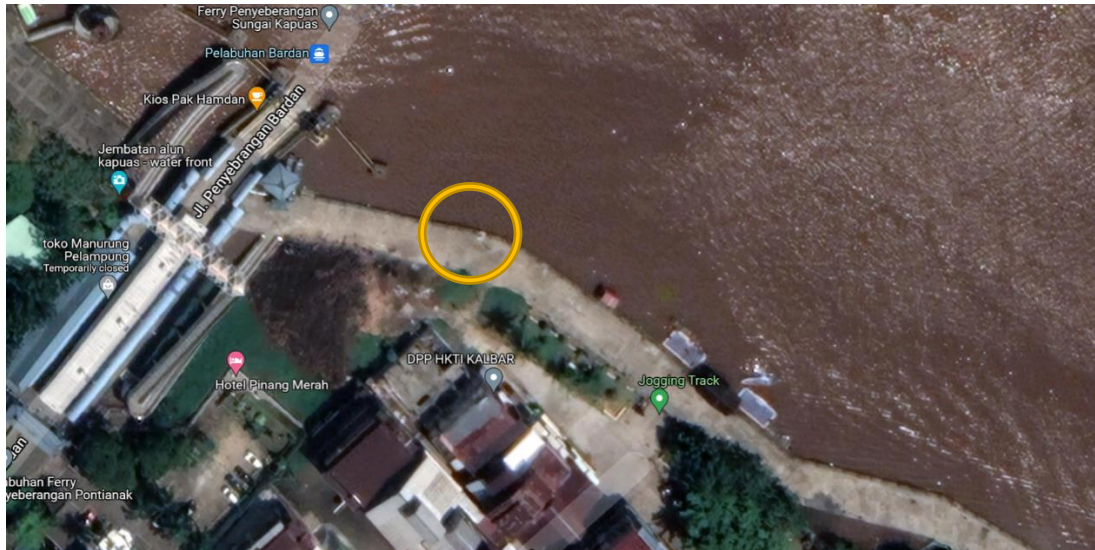
3.1 Bahan Penelitian

Pada penelitian tugas akhir ini, bahan penelitian yaitu ketinggian air dan *time event* yang diperoleh dengan cara pengukuran secara langsung di area percobaan yang telah ditentukan. Pengukuran yang dilakukan berupa tingginya permukaan air dan waktu pengambilan datum gelombang air dengan mendapatkan mendapatkan data yang diperlukan untuk kebutuhan analisis gelombang air di kota Pontianak.

3.1.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Dalam penelitian tugas akhir ini lokasi penelitian akan dilakukan di sungai Kapuas wilayah Kota Pontianak. Penelitian dilakukan pada titik pengambilan data dengan jarak $5\text{cm} \geq 40\text{cm}$ pada sensor. Pengambilan data yang akan diteliti pada penelitian ini berlokasi di Jl. Tanjung Pura, Benua Melayu Laut, Kec. Pontianak Utara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78243, dengan koordinat *decimal degree* $-0,03109$ *latitude* dan 109.32199 *longitude*. Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 13 juli 2022 dengan waktu pengukuran 11:80.00.672 – 11:20:09.890 pada sesi – I, waktu pengukuran 13:33:16.028 – 13:35:23.820 pada sesi – II, dengan waktu pengukuran 18:06:01.931 – 18:08:10.390. pada sesi – III, dengan waktu pengukuran 20:46:36.560 – 20:48:45.055 pada sesi – IV di lokasi pengambilan data.

Berikut ini merupakan lokasi penelitian yang didapatkan dari *Google Earth* dapat dilihat pada Gambar 3.1, serta tinjauan secara spesifik dari peneliti yang difoto dari sumber tersendiri dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Lokasi pengambilan data pada *Google Earth*.

(Sumber: Hasil Tampilan *Google Earth*)



Gambar 3.2 Lokasi pengambilan data pada peneliti.

(Sumber: Hasil Tampilan sumber tersendiri)

3.1.2 Variabel Penelitian

Variabel data adalah suatu objek penelitian ataupun apa yang menjadi titik perhatian suatu penelitian. Variabel yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah:

1. Ketinggian air dan *time event* di lokasi pengambilan data.
2. Data tersebut pada gelombang air di lokasi yang telah ditentukan. Dalam penelitian tugas akhir ini data-data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:
 - Data lokasi penelitian yang ditentukan oleh peneliti.
 - Data hasil pengukuran amplitudo, frekuensi, periode. Yang diperoleh langsung dari observasi lapangan.
 - Data perhitungan yang diperoleh dari analisis yang dilakukan berdasarkan data pengukuran.

Adapun referensi data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini bersumber pada buku, internet dan jurnal-jurnal dari tugas akhir mahasiswa yang berhubungan dengan penelitian ini.

3.2 Peralatan Yang Digunakan

Dalam penelitian tugas akhir ini ada beberapa peralatan yang digunakan dalam proses pengambilan data di lokasi penelitian, peralatan ini terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Berikut ini adalah peralatan yang digunakan dalam pengukuran parameter amplitudo, frekuensi dan periode pada gelombang air sungai Kapuas di kota Pontianak.

3.2.1 Perangkat Keras (*Hardware*)

a. *Arduino Uno*

Arduino Uno digunakan dalam penelitian ini sebagai mikrokontroler dan mengproses hasil analisis parameter dari data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

b. *Laptop*

Laptop digunakan dalam penelitian ini sebagai alat untuk merekap data yang didapatkan dari hasil pengukuran yang telah dilakukan serta digunakan dalam proses perhitungan.

c. LoRa™ SX1278

LoRa™ SX1278 (*Long Range*) digunakan sebagai *Trasnciever* dan *Reciever* untuk monitoring dari jarak yang jauh, pada penelitian tugas akhir ini penulis menggunakan model SX1278 sebagai modul monitoring yang akan digunakan dalam penelitian.

d. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik digunakan sebagai pengambilan data dari lokasi penelitian untuk mengambil data panjang dan amplitudo gelombang air yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

3.2.2 Perangkat Lunak (*Software*)

a. *Arduino IDE*

Arduino IDE merupakan suatu program khusus untuk komputer agar dapat membuat rancangan atau sketsa program pada papan Arduino Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino ini berdasar pada bahasa C/C++. Dalam penulisan tugas akhir ini *Arduino IDE* digunakan sebagai pengolah data yang telah didadapat dari hasil pengukuran untuk menghitung nilai propagasi dan kecepatan gelombang air dari lokasi percobaan yang akan digunakan penarikan kesimpulan pada tugas akhir ini.

Pada *Arduino IDE* akan menggunakan sebuah program yang telah dibuat guna mengolah data menggunakan masukan dari tabel dari *excel*. Dari program tersebut akan dihasilkan perhitungan yang ditampilkan pada *commond window* pada *Arduino IDE*.

b. *Microsoft Office Excel*

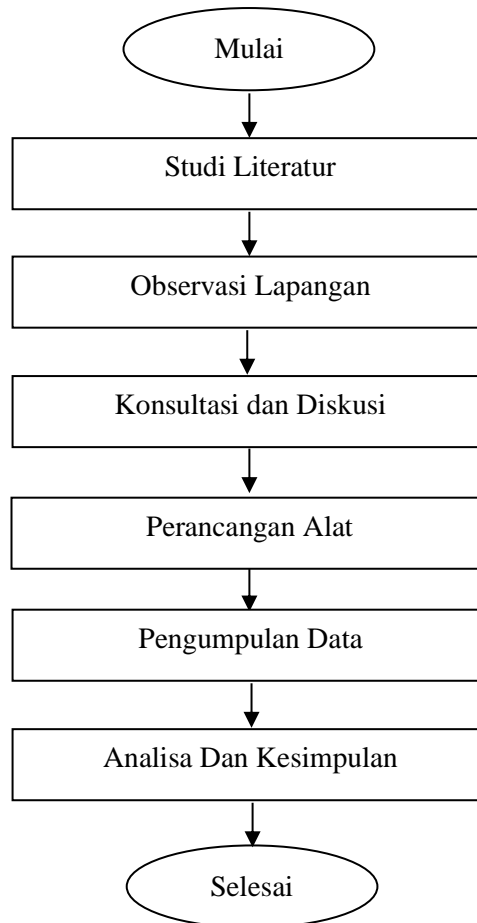
Microsoft Office Excel adalah sebuah program aplikasi lembar kerja yang dibuat dan didistribusikan oleh Microsoft Corporation. Aplikasi ini memiliki fitur kalkulasi termasuk nilai rata-rata sebuah data, nilai maksimal data, nilai minimum data dan standard deviasi data. dengan menggunakan Microsoft Office Excel menjadikan kalkulasi data secara cepat dan tepat.

c. *PyCharm*

PyCharm adalah lingkungan pengembangan terintegrasi (IDE) yang digunakan dalam pemrograman komputer, khusus untuk bahasa Python. Aplikasi ini dikembangkan oleh sebuah perusahaan yang berasal dari Ceko bernama JetBrains. Aplikasi ini menyediakan beberapa kemudahan untuk menganalisis kode, debugger grafis, unit tester terintegrasi, dapat mendukung pengembangan Ilmu Data (Data Science).

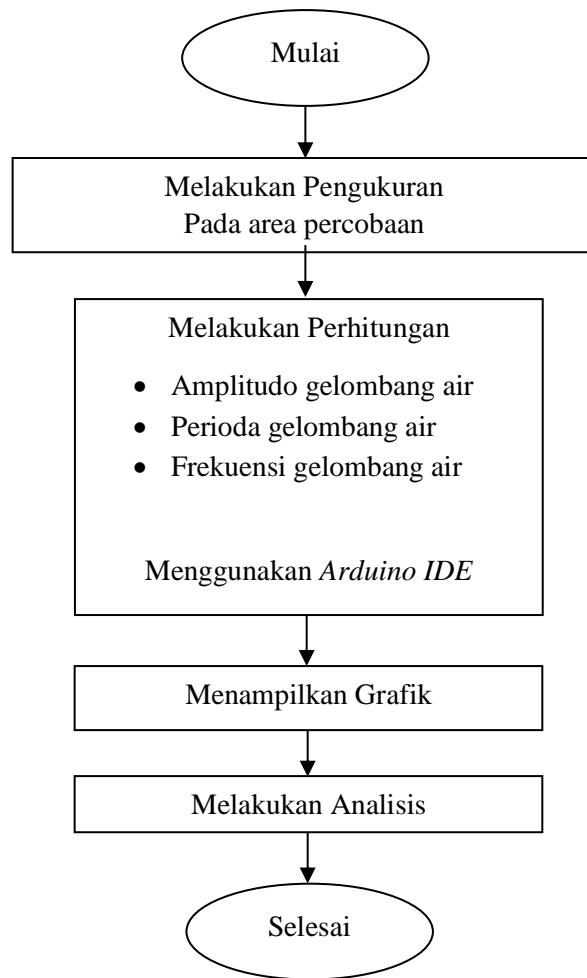
3.3 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian tugas akhir yang dilakukan sebagai berikut :



Gambar 3.3 Diagram alir penelitian secara umum.

Dari diagram alir penelitian secara umum pada Gambar 3.10 sebagai diagram alir secara umum, maka dibuat langkah kerja yang lebih spesifik guna mempermudah dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Diagram alir langkah kerja secara spesifik dibuat dan dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram alir penelitian secara spesifik.

Penjelasan Diagram Alir:

Pada penulisan tugas akhir ini penulis menggunakan beberapa metode yang akan menunjang penyelesaian tugas akhir ini, diantaranya adalah :

➤ **Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan dengan mencari teori-teori pendukung mengenai ketinggian air dan *time event* di lokasi penelitian, mekanisme pengukuran hasil dari sensor ultrasonic. Dengan adanya pengolahan data ketinggian air dan *time event*, bisa diketahui data amplitudo, frekuensi, perioda pada lokasi penelitian dan mempelajarinya melalui media internet, buku-buku referensi dan jurnal.

➤ Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data dari sungai Kapuas dan melakukan observasi langsung ke lokasi penelitian.

➤ Observasi Lapangan

Melakukan pengukuran langsung pada lokasi penelitian yang telah ditentukan, sehingga akan memperoleh data-data yang akan digunakan pada penulisan tugas akhir ini. Pada proses pengambilan data pada lokasi penelitian, penulis menggunakan prototipe peneliti sebagai pengambilan data, monitoring dan pengolahan data untuk mengetahui propagasi dan kecepatan gelombang air di lokasi tersebut. Data yang didapatkan pada pengukuran ini berupa berapa ketinggian air dan *time event*. Data yang didapatkan ditulis pada tabel *excel* yang telah dibuat guna mempermudah dalam proses perhitungan, kemudian dicari nilai-nilai amplitudo, perioda dan frekuensi dari data yang telah didapat.

Pengukuran yang akan dilakukan penelitian ini akan dilakukan pada lokasi yang sudah ditentukan dengan mengambil ketinggian air dan *time event* gelombang air. Pengukuran yang akan dilakukan pada titik yang telah ditentukan oleh peneliti, dengan mengambil selisih nilai ketinggian air akan didapatkan amplitudo dan dengan selisih nilai *time event* dikurangi dengan 1,5 detik akan didapatkan perioda dari gelombang air tersebut, frekuensi didapat dengan satu dibagi dengan datum perioda. Kepada monitorer yang berada pada tempat yang berbeda dengan lokasi penelitian akan memberikan durasi rentang waktu dua menit pada titik yang ada di lokasi penelitian.

Dari semua data yang diambil dalam penelitian ini, maka dibuat dalam bentuk tabel yang akan dianalisis, diantara:

Tabel 3.1 Data Ketinggian Gelombang Air.

Sesi	Time event	Ketinggian air
I (10.00-12.00)	Dua menit	
II (13.00-15.00)	Dua menit	
III (16.00-18.00)	Dua menit	
IV (19.00-21.00)	Dua menit	

Tabel 3.2 Data Amplitudo Gelombang Air.

Sesi	Time event	Amplitudo
I (10.00-12.00)	Dua menit	
II (13.00-15.00)	Dua menit	
III (16.00-18.00)	Dua menit	
IV (19.00-21.00)	Dua menit	

Tabel 3.3 Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air

Sesi	time event	selisih nilai time event	periode	frekuensi
I (10.00-12.00)	Dua menit			
II (13.00-15.00)	Dua menit			
III (16.00-18.00)	Dua menit			
IV (19.00-21.00)	Dua menit			

➤ **Konsultasi dan Diskusi**

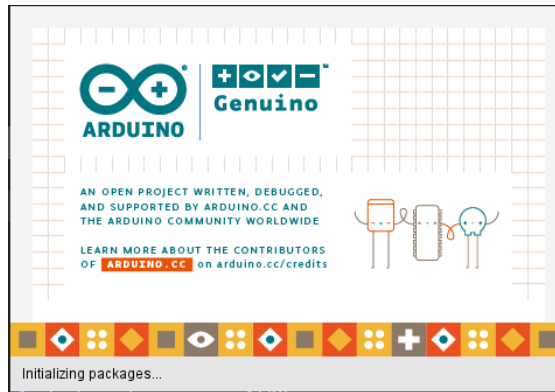
Melakukan konsultasi serta diskusi dengan dosen pembimbing, dosen pengajar, senior dan rekan-rekan mahasiswa agar penelitian tugas akhir ini mendapatkan hasil yang maksimal.

➤ **Melakukan pengambilan data dengan *Arduino uno***

Data hasil pengambilan data dari pengukuran sensor ultrasonik ke permukaan air didapatkan hasil ketinggian air berserta time event, data tersebut akan ditampilkan di terminal *Arduino IDE*

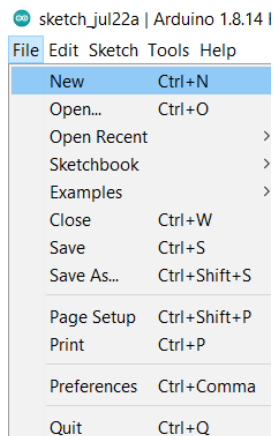
Berikut merupakan langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan menggunakan *Arduino IDE*:

1. Pertama buka *Arduino IDE*.



Gambar 3.5 Tampilan *Arduino IDE*.

2. Setelah terbuka pilih *New* atau tekan **Ctrl+N** untuk membuat program baru.



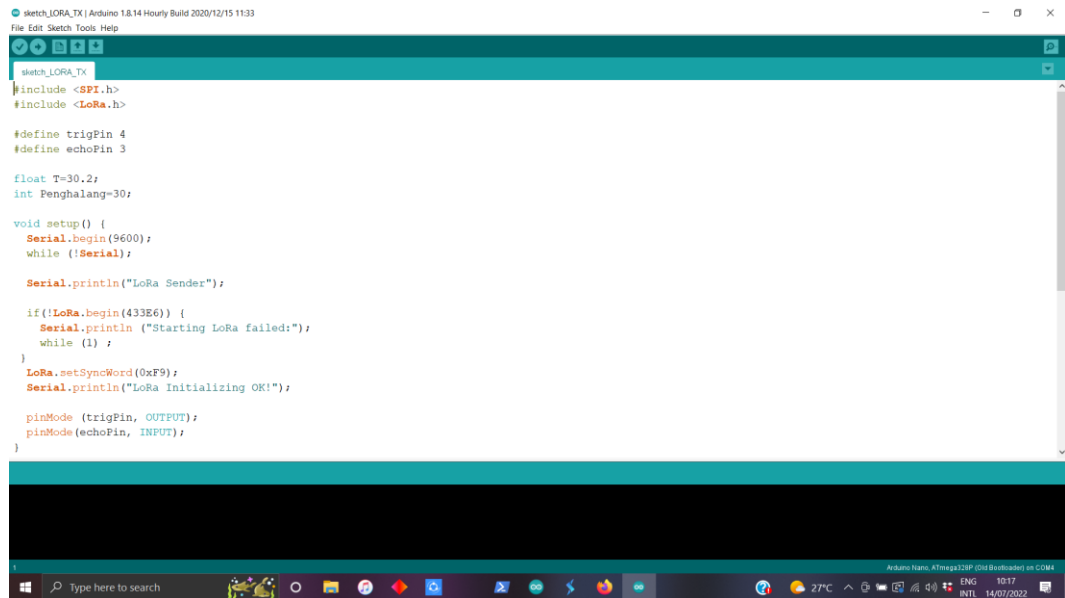
Gambar 3.6 Tampilan *icon new* pada *Arduino IDE*.

3. Maka akan timbul jendela *Editor* untuk menulis *Script*.



Gambar 3.7 Tampilan jendela *editor* pada *Arduino IDE*.

4. Menuliskan coding bagian transmitter



```

sketch_LORA_TX | Arduino 1.8.14 Hourly Build 2020/12/15 11:33
File Edit Sketch Tools Help
sketch_LORA_TX
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>

#define trigPin 4
#define echoPin 3

float T=30.2;
int Penghalang=30;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);

  Serial.println("LoRa Sender");

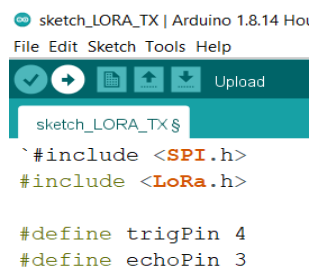
  if(!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println ("Starting LoRa failed:");
    while (1) ;
  }
  LoRa.setSyncWord(0xF9);
  Serial.println("LoRa Initializing OK!");

  pinMode (trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
}

```

Gambar 3.8 Tampilan coding bagian transmitter pada *Arduino IDE*.

5. Pilih upload coding bagian transmitter di protipe yang telah dirancang di bagian transmitter



```

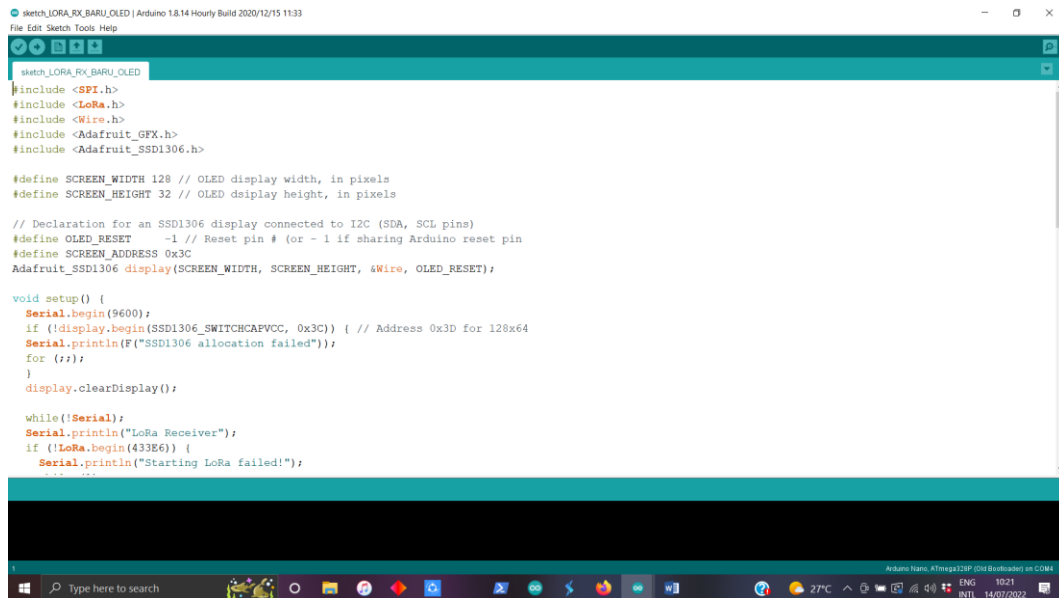
sketch_LORA_TX | Arduino 1.8.14 Ho
File Edit Sketch Tools Help
Upload
sketch_LORA_TX$
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>

#define trigPin 4
#define echoPin 3

```

Gambar 3.9 Tampilan *upload* pada *Arduino IDE*.

6. Menyalakan prototipe bagian transmitter untuk mengambil data.
7. Membuat coding untuk bagian receiver.



```

sketch_LORA_RX_BARU_OLED | Arduino 1.8.14 Hourly Build 2020/12/15 11:33
File Edit Sketch Tools Help
sketch_LORA_RX_BARU_OLED
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 32 // OLED display height, in pixels

// Declaration for an SSD1306 display connected to I2C (SDA, SCL pins)
#define OLED_RESET -1 // Reset pin # (or -1 if sharing Arduino reset pin)
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);

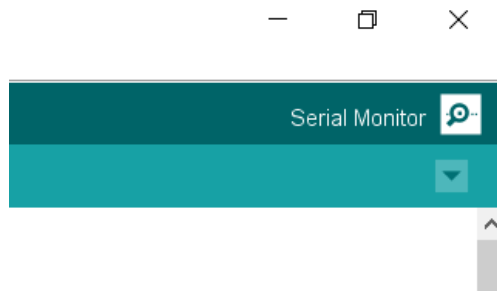
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) { // Address 0x3D for 128x64
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed!"));
    for (;;)
  }
  display.clearDisplay();

  while(!Serial);
  Serial.println("LoRa Receiver");
  if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("Starting LoRa failed!");
  }
}

```

Gambar 3.10 Tampilan coding bagian receiver pada *Arduino IDE*

8. Upload coding receiver di prototipe yang telah dirancang bagian receiver.
9. Pilih bagian serial number pada *Arduino IDE*.



Gambar 3.11 Tampilan *serial monitor* pada *Arduino IDE*

10. Akan tampil data ketinggian air dan time event.

```

COM4
20:46:36.560 -> Jarak Penghalang: 19.32 cm
20:46:38.197 -> Jarak Penghalang: 19.20 cm
20:46:39.832 -> Jarak Penghalang: 20.42 cm
20:46:41.454 -> Jarak Penghalang: 21.59 cm
20:46:43.108 -> Jarak Penghalang: 19.88 cm
20:46:44.712 -> Jarak Penghalang: 20.20 cm
20:46:46.342 -> Jarak Penghalang: 19.62 cm
20:46:48.009 -> Jarak Penghalang: 19.45 cm
20:46:49.660 -> Jarak Penghalang: 20.30 cm
20:46:51.281 -> Jarak Penghalang: 21.35 cm
20:46:52.919 -> Jarak Penghalang: 21.16 cm
20:46:54.547 -> Jarak Penghalang: 19.81 cm
20:46:56.162 -> Jarak Penghalang: 18.64 cm
20:46:57.827 -> Jarak Penghalang: 22.81 cm
20:46:59.443 -> Jarak Penghalang: 20.84 cm
20:47:01.092 -> Jarak Penghalang: 21.00 cm
20:47:02.708 -> Jarak Penghalang: 20.06 cm
20:47:04.348 -> Jarak Penghalang: 108.84 cm
20:47:06.023 -> Jarak Penghalang: 19.03 cm
20:47:07.626 -> Jarak Penghalang: 19.32 cm
20:47:09.287 -> Jarak Penghalang: 109.12 cm
20:47:10.932 -> Jarak Penghalang: 114.27 cm
20:47:12.571 -> Jarak Penghalang: 20.25 cm
20:47:14.196 -> Jarak Penghalang: 20.18 cm
20:47:15.818 -> Jarak Penghalang: 94.07 cm
20:47:17.481 -> Jarak Penghalang: 20.55 cm
20:47:19.089 -> Jarak Penghalang: 20.00 cm
Autoscroll Show timestamp
Type here to search

```

Gambar 3.12 Tampilan data ketinggian air dan *time event* pada *Arduino IDE*

➤ Melakukan pengolahan data dengan *Excel*

Data pada *Serial Number* tersebut tulis dikembali di tabel *excel*, untuk mencari nilai Amplitudo Gelombang Air didapatkan dengan selisih nilai datum pertama dengan datum kedua dari ketinggian air setiap sesinya, Nilai Periode gelombang air didapatkan dengan selisih nilai dari pengambilan datum *time event* kedua dan datum *time event* pertama. Sedang kan nilai frekuensi gelombang air didapatkan dengan hasil bagi dari satu dibagi dengan datum periode tersebut. Pada tabel ketinggian, amplitude, periode, frekuensi data di *excel* bisa dicari nilai maximum, nilai minimum, rata-rata nilai dan standard deviasi dari data

Berikut merupakan langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan menggunakan *Excel*:

1. Data tersebut ditulis kembali di *excel*

NOMOR	TIME EVENT	SENSOR TO WATER (dalam)
1	11:18:00.672	13,7
2	11:18:02.299	15,17
3	11:18:03.943	15,54
4	11:18:05.563	15,05
5	11:18:07.201	16,51
6	11:18:08.855	14,38
7	11:18:10.491	17,49
8	11:18:12.137	17,44
9	11:18:13.733	14,14
10	11:18:15.393	14,75
11	11:18:17.031	14,21
12	11:18:18.646	15,40
13	11:18:20.310	14,68
14	11:18:21.930	14,87
15	11:18:23.573	13,16
16	11:18:25.210	13,77
17	11:18:26.839	15,41
18	11:18:28.491	16,57
19	11:18:30.131	15,85
20	11:18:31.762	16,15
21	11:18:33.372	13,96
22	11:18:35.001	14,26
23	11:18:36.662	12,60
24	11:18:38.266	13,76
25	11:18:39.906	12,11
26	11:18:41.570	12,36
27	11:18:43.208	15,24

Gambar 3.13 Tampilan data pada *excel*

2. Untuk mencari data amplitudo, penulis menggunakan rumus “ = $datum\ ketinggian\ air_n - datum\ ketinggian\ air_{n-1}$ ”

NOMOR	TIME EVENT	SENSOR TO WATER (dalam)	amplitudo
1	18:00,7	13,7	
2	18:02,3	15,17	=C3-C2
3	18:03,9	15,54	
4	18:05,6	15,05	
5	18:07,2	16,51	

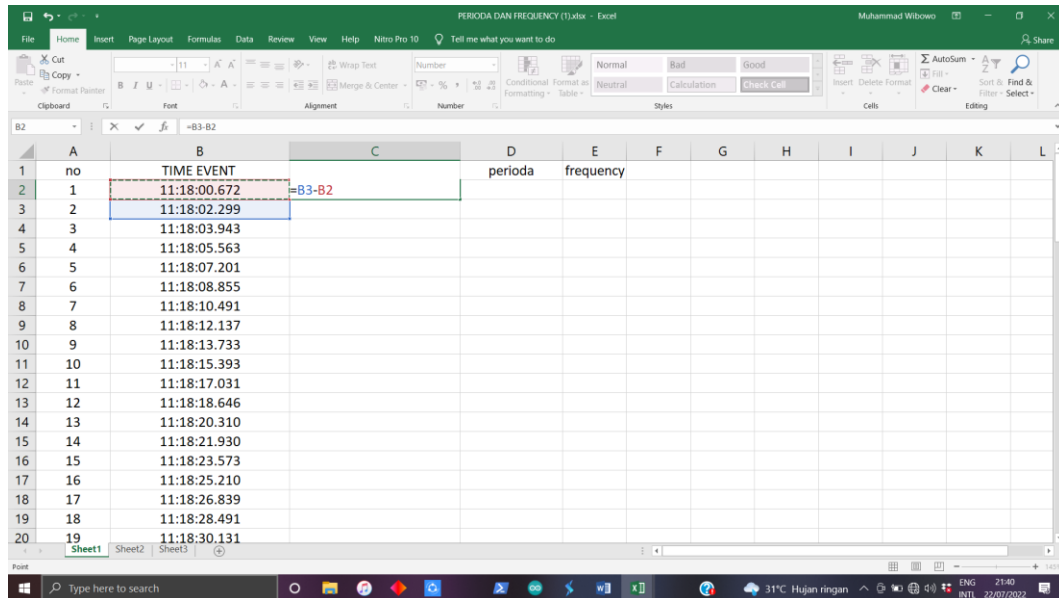
Gambar 3.14 Tampilan rumus mencari ampiltudo pada *excel*

3. Setelah mendapatkan hasil dari rumus amplitudo, Tarik hasil tersebut sampai akhir dari data tersebut

NOMOR	TIME EVENT	SENSOR TO WATER (dalam)	amplitudo
2	18:00,7	13,7	1,47
3	18:02,3	15,17	0,37
4	18:03,9	15,54	0,37
5	18:05,6	15,05	
6	18:07,2	16,51	
7	18:08,9	14,38	
8	18:10,5	17,49	
9	18:12,1	17,44	
10	18:13,7	14,14	
11	18:15,4	14,75	
12	18:17,0	14,21	
13	18:18,6	15,4	
14	18:20,3	14,68	
15	18:21,9	14,87	
16	18:23,6	13,16	

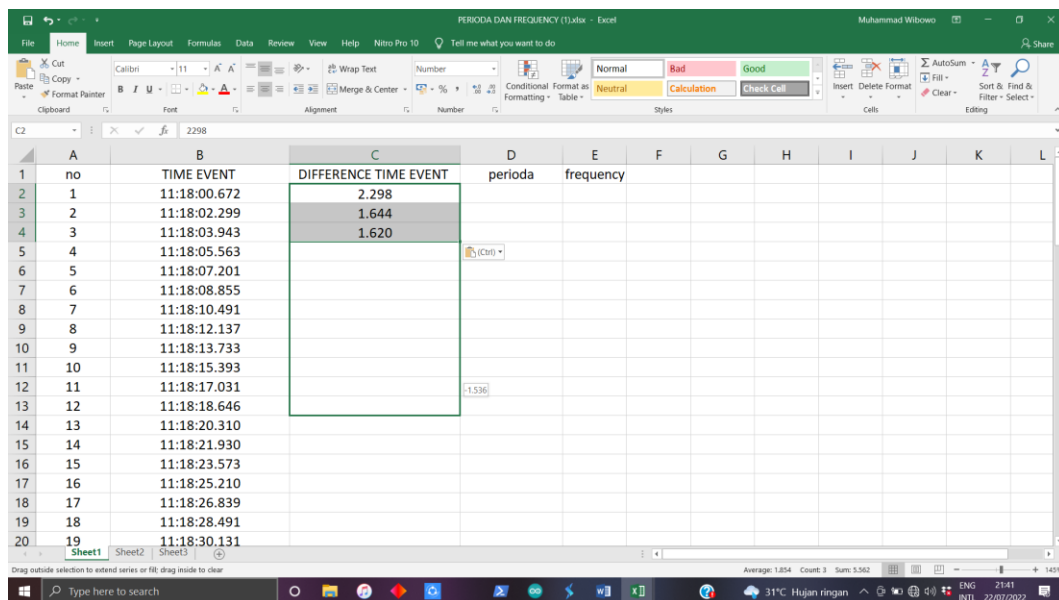
Gambar 3.15 Tampilan rumus mencari ampiltudo pada *excel*

4. Untuk mendapatkan nilai perioda gelombang air, penulis membuat table baru. Untuk selisih nilai time event
5. Dengan table selisih nilai time event dengan rumus “ = $datum\ time\ event_n - datum\ time\ event_{n-1}$ ”



Gambar 3.16 Tampilan rumus mencari selisih nilai *time event* pada *excel*

- Setelah mendapatkan hasil dari rumus selisih nilai *time event*, Tarik hasil tersebut sampai akhir dari data tersebut.



Gambar 3.17 Tampilan rumus mencari selisih nilai *time event* pada *excel*

7. Dari table selisih nilai time event, masukan rumus “ selisih nilai time event – 1,5 “ untuk mendapatkan nilai perioda

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	no	TIME EVENT	DIFFERENCE TIME EVENT		frequency							
2	1	11:18:00.672	2.298	=C2-1.5								
3	2	11:18:02.299	1.644									
4	3	11:18:03.943	1.620									
5	4	11:18:05.563	1.638									
6	5	11:18:07.201	1.654									
7	6	11:18:08.855	1.636									
8	7	11:18:10.491	1.646									
9	8	11:18:12.137	1.596									
10	9	11:18:13.733	1.660									
11	10	11:18:15.393	1.638									
12	11	11:18:17.031	1.615									
13	12	11:18:18.646	1.664									
14	13	11:18:20.310	1.620									
15	14	11:18:21.930	1.643									
16	15	11:18:23.573	1.637									
17	16	11:18:25.210	1.629									
18	17	11:18:26.839	1.652									
19	18	11:18:28.491	1.640									
20	19	11:18:30.131	1.631									

Gambar 3.18 Tampilan rumus mencari perioda pada *excel*

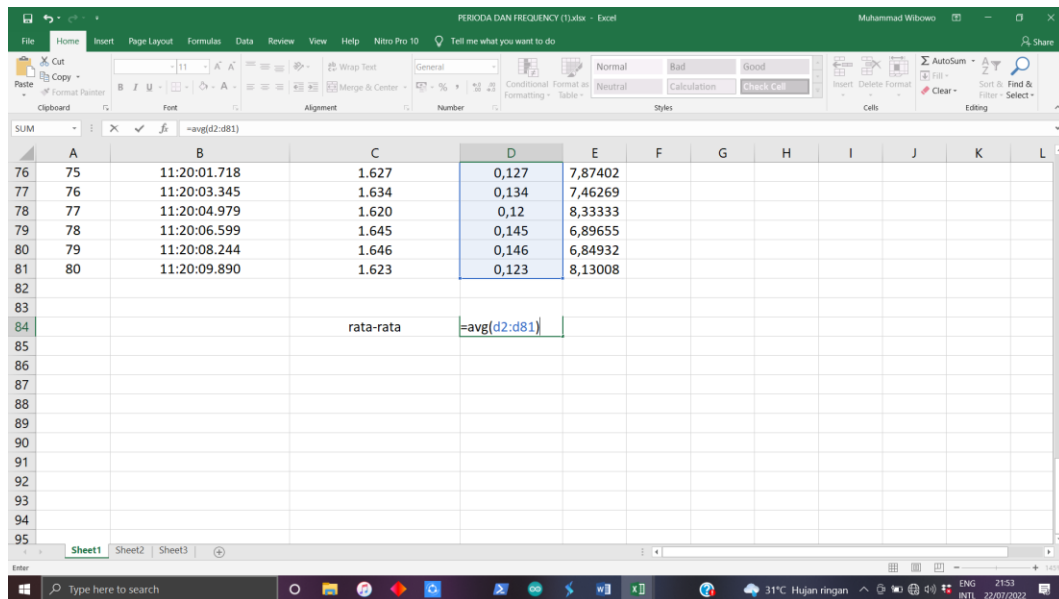
8. Setelah kita mendapatkan nilai perioda menggunakan rumus “ 1/perioda ” berikut untuk mendapatkan nilai frekuensi

The screenshot shows the same Excel spreadsheet as Gambar 3.18, but with an additional column for frequency. The data is as follows:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	no	TIME EVENT	DIFFERENCE TIME EVENT	perioda	frequency							
2	1	11:18:00.672	2.298	0,798	=1/D2							
3	2	11:18:02.299	1.644	0,144								
4	3	11:18:03.943	1.620	0,12								
5	4	11:18:05.563	1.638	0,138								
6	5	11:18:07.201	1.654	0,154								
7	6	11:18:08.855	1.636	0,136								
8	7	11:18:10.491	1.646	0,146								
9	8	11:18:12.137	1.596	0,096								
10	9	11:18:13.733	1.660	0,16								
11	10	11:18:15.393	1.638	0,138								
12	11	11:18:17.031	1.615	0,115								
13	12	11:18:18.646	1.664	0,164								
14	13	11:18:20.310	1.620	0,12								
15	14	11:18:21.930	1.643	0,143								
16	15	11:18:23.573	1.637	0,137								
17	16	11:18:25.210	1.629	0,129								
18	17	11:18:26.839	1.652	0,152								
19	18	11:18:28.491	1.640	0,14								
20	19	11:18:30.131	1.631	0,131								

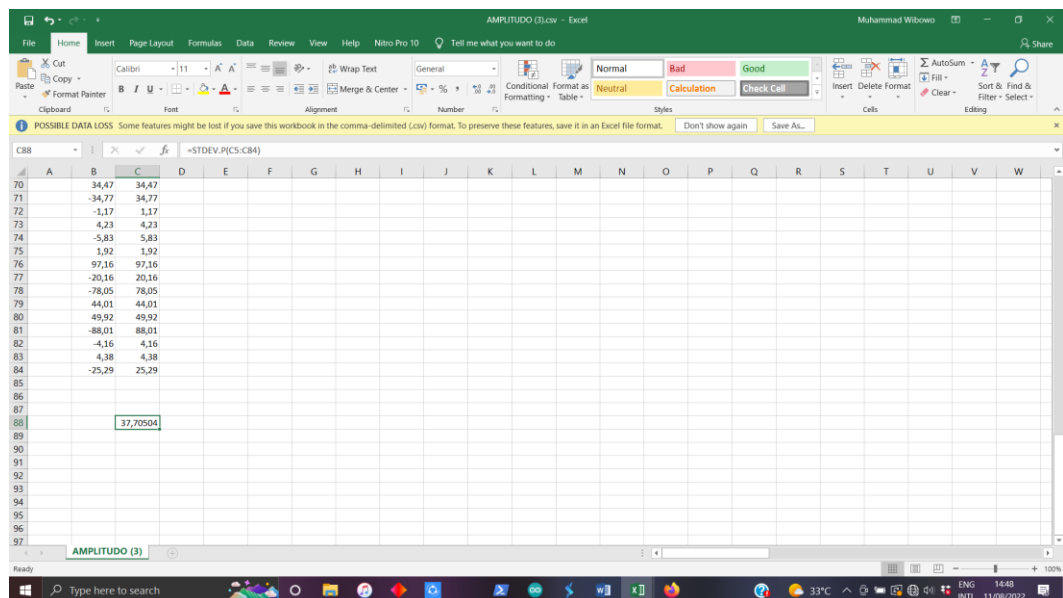
Gambar 3.19 Tampilan rumus mencari frekuensi pada *excel*

11. Untuk mencari hasil rata rata dari setiap data, masukan rumus “ $=\text{avg}(\text{datum}_n - \text{datum}_{n-1})$ ”



Gambar 3.22 Tampilan rumus mencari nilai rata-rata pada *excel*

12. Untuk mencari hasil standardi deviasi dari setiap data, masukan rumus” $\text{stdev.p}(\text{datum}_n - \text{datum}_{n-1})$ ”



Gambar 3.23 Tampilan rumus mencari nilai standard deviasi pada *excel*

➤ **Menampilkan grafik**

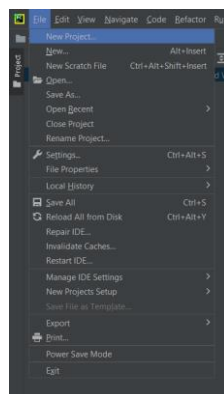
Setelah mendapatkan nilai ketinggian air, amplitudo, perioda dan frekuensi maka nilai tersebut bisa dilihat kedalam grafik untuk melihat nilai dari masing-masing variabel untuk melihat data.

1. Buka pycharm



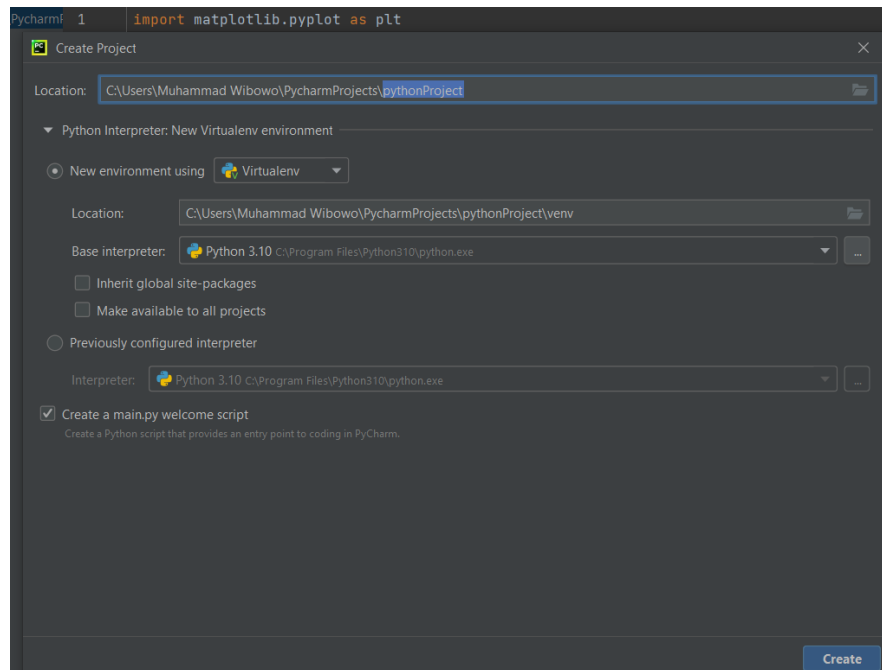
Gambar 3.24 Tampilan *PyCharm*

2. Pilihlah *File* kemudian pilihlah *new project*



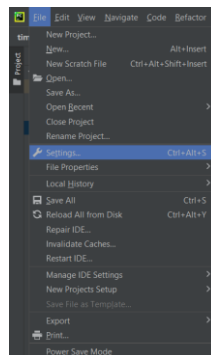
Gambar 3.25 Tampilan *new project* pada *PyCharm*

3. Ketik nama yang diinginkan pada *python project*, kemudian pilih create



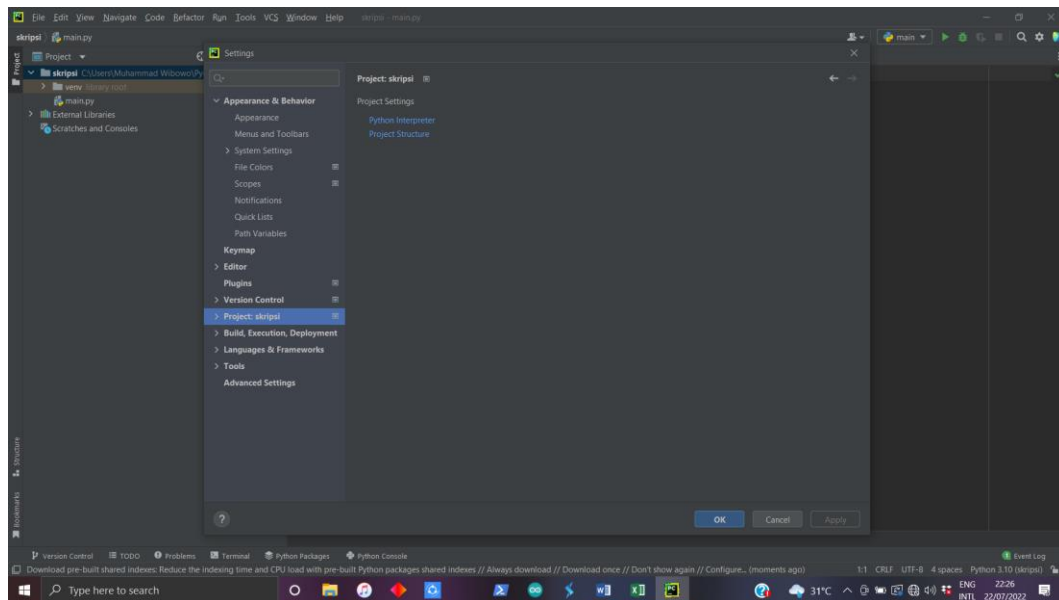
Gambar 3.26 Tampilan *Python project* pada *PyCharm*

4. Kemudian pilihlah *setting* setelah membuat *new project*



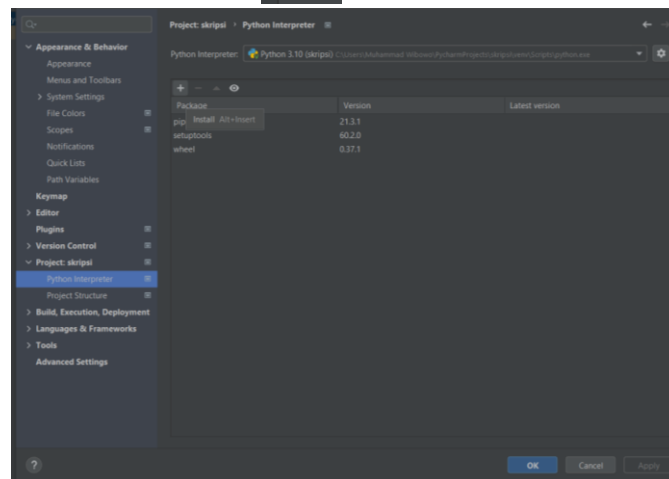
Gambar 3.27 Tampilan *setting* pada *PyCharm*

5. Pada bagian *setting* pilih lah Project:” nama”, kemudian pilihlah *python interpreter*



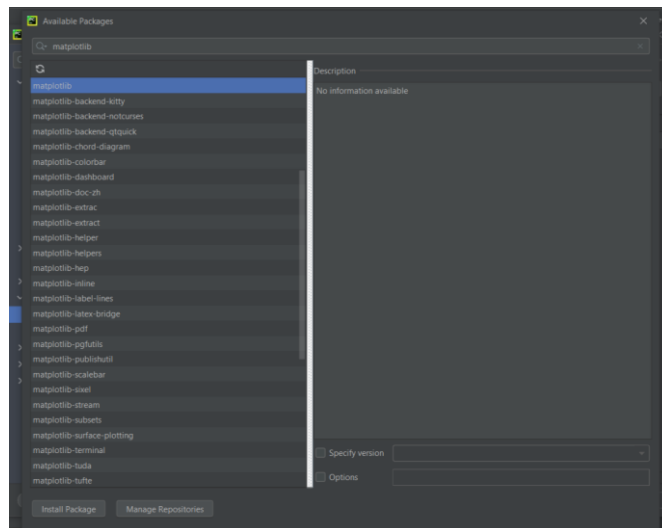
Gambar 3.28 Tampilan *python interpreter* pada *PyCharm*.

6. Kemudian tekanlah tombol  atau tekan “alt + insert”.



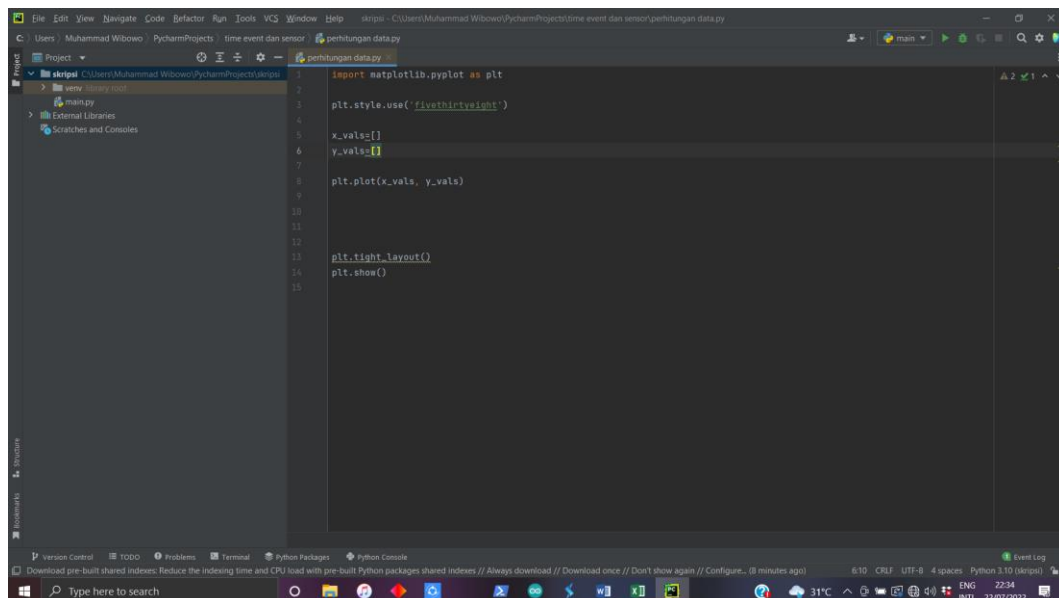
Gambar 3.29 Tampilan *python interpreter* pada *PyCharm*.

7. Ketik “*matplotlib*” pada pencarian, kemudian tekanlah *install package*.



Gambar 3.30 Tampilan *python interpreter* pada *PyCharm*.

8. coding perhitungan data dengan grafik line data tunggal.



Gambar 3.31 Tampilan coding grafik pada *PyCharm*

9. Import data ketinggian air, amplitud, periode, frekuensi pada bagian `y[]`.
10. Import urutan datum 1 sampai 80 pada bagian `x[]`.
11. Pilih run pada coding grafik.
12. Didapatkan hasil dari grafik dari pengambilan data.

➤ **Melakukan Analisis Dan Kesimpulan**

Setiap sesinya akan ditampilkan grafik dan semua hasil maksimum, minimum, rata-rata dan standard deviasi dari setiap sesi ketinggian air, amplitudo, perioda dan frekuensi. Penarikan kesimpulan dilakukan dari hasil pengukuran yang didapat. Dengan adanya perioda setiap sesi, dihitung dengan lambda dari setiap sesi gelombang air, kemudian di bandingkan dengan kategori jenis jenis gelombang air. Maka dengan mendapatkan hasil dan ketentuannya, maka bisa mengkategorikan gelombang air

BAB IV

ANALISIS PERMUKAAN GELOMBANG AIR MENGGUNAKAN MODUL *TRANSCEIVER* LORA™ SX1278 DENGAN MODULASI FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)

4.1 Data Hasil Pengukuran Permukaan Gelombang Air Menggunakan Modul *Transceiver* LORA SX1278 dengan Modulasi Frekuensi Shift Keying (FSK)

Pada penelitian tugas akhir ini, pengukuran akan dilakukan di Sungai Kapuas, bertepatan di *jogging track* jalan Tanjung Pura untuk mengetahui permukaan gelombang air pada penelitian ini di kota Pontianak berdasarkan pengumpulan data dari tinggi permukaan gelombang air setiap percobaan akan dilakukan selama selang waktu yang ditentukan pada saat-saat jam gelombang air apakah naik atau surut.

Pengukuran dilakukan dengan pantulan gelombang ultrasonik untuk mengetahui amplitudo dalam gelombang tersebut, yang langsung ditransmisi data amplitudo gelombang ke modul *receiver*, pengukuran dilakukan dalam berapa sesi yakni sesi I pada jam 08.00 sampai 08.02, sesi II jam 11.00 sampai 11.02, sesi III jam 15.00 sampai 15.02, dan sesi IV jam 19.00 sampai 19.02 dengan durasi waktu panggilan selama 2 menit. Pada penelitian ini, pengukuran berlokasi Jl. Tanjung Pura, Benua Melayu Laut, Kec. Pontianak Utara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78243, dengan koordinat *decimal degree* $-0,03109$ *latitude* dan 109.32199 *longitude*.

4.1.1 Pengukuran Gelombang Air

Berikut merupakan data hasil dari pengukuran tinggi gelombang yang *diupdate* dengan selang waktu 0.5 detik dalam rentang waktu 2 menit yang dilakukan yaitu:

a) Jarak Sensor ke Gelombang air

Jarak sensor ke gelombang air didapatkan berdasarkan dari pengukuran tinggi puncak gelombang air, yang didata dari setiap 1,5 detik selama rentang waktu 2 menit. Didapatkan 80 datum individu yang akan ditampilkan oleh *interface* program *Python*

➤ **Pengambilan Data Sesi I**

Penelitian data pada sesi I dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 11:18:00.672 – 11:20:09.890. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi I berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.1 Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi I.

NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR	NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR
1	11:18:00.672	13.7 cm	21	11:18:33.372	13.96 cm
2	11:18:02.299	15.17 cm	22	11:18:35.001	14.26 cm
3	11:18:03.943	15.54 cm	23	11:18:36.662	12.60 cm
4	11:18:05.563	15.05 cm	24	11:18:38.266	13.76 cm
5	11:18:07.201	16.51 cm	25	11:18:39.906	12.11 cm
6	11:18:08.855	14.38 cm	26	11:18:41.570	12.36 cm
7	11:18:10.491	17.49 cm	27	11:18:43.208	15.24 cm
8	11:18:12.137	17.44 cm	28	11:18:44.847	15.36 cm
9	11:18:13.733	14.14 cm	29	11:18:46.472	14.92 cm
10	11:18:15.393	14.75 cm	30	11:18:48.098	15.95 cm
11	11:18:17.031	14.21 cm	31	11:18:49.742	14.63 cm
12	11:18:18.646	15.40 cm	32	11:18:51.384	14.26 cm
13	11:18:20.310	14.68 cm	33	11:18:53.001	14.02 cm
14	11:18:21.930	14.87 cm	34	11:18:54.662	14.02 cm
15	11:18:23.573	13.16 cm	35	11:18:56.297	14.80 cm
16	11:18:25.210	13.77 cm	36	11:18:57.913	10.67 cm
17	11:18:26.839	15.41 cm	37	11:18:59.554	13.46 cm
18	11:18:28.491	16.57 cm	38	11:19:01.180	14.61 cm
19	11:18:30.131	15.85 cm	39	11:19:02.837	12.17 cm
20	11:18:31.762	16.15 cm	40	11:19:04.457	16.58 cm

Tabel 4.1 Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi I.

NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR	NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR
41	11:19:06.109	13.23 cm	61	11:19:38.791	12.80 cm
42	11:19:07.740	12.97 cm	62	11:19:40.446	12.50 cm
43	11:19:09.360	18.42 cm	63	11:19:42.074	13.16 cm
44	11:19:11.013	15.50 cm	64	11:19:43.739	11.77 cm
45	11:19:12.623	16.83 cm	65	11:19:45.367	13.34 cm
46	11:19:14.288	13.09 cm	66	11:19:46.976	12.11 cm
47	11:19:15.915	15.85 cm	67	11:19:48.633	12.36 cm
48	11:19:17.529	13.58 cm	68	11:19:50.247	11.82 cm
49	11:19:19.164	15.27 cm	69	11:19:51.904	13.69 cm
50	11:19:20.801	13.72 cm	70	11:19:53.539	13.41 cm
51	11:19:22.429	12.67 cm	71	11:19:55.165	13.48 cm
52	11:19:24.077	12.99 cm	72	11:19:56.823	12.38 cm
53	11:19:25.741	11.94 cm	73	11:19:58.431	13.04 cm
54	11:19:27.338	14.26 cm	74	11:20:00.070	14.14 cm
55	11:19:29.024	99.15 cm	75	11:20:01.718	12.80 cm
56	11:19:30.617	13.41 cm	76	11:20:03.345	13.89 cm
57	11:19:32.273	13.65 cm	77	11:20:04.979	11.64 cm
58	11:19:33.898	14.02 cm	78	11:20:06.599	11.40 cm
59	11:19:35.539	18.77 cm	79	11:20:08.244	11.03 cm
60	11:19:37.193	16.16 cm	80	11:20:09.890	11.89 cm

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.1 menunjukkan data percobaan sesi – I jarak sensor ke permukaan air dengan *delay* 1,5 detik dari sensor ultrasonik secara bersamaan. Nilai jarak sensor ke permukaan air dari pengambilan data yang dilakukan dengan pengukuran yang dilakukan dalam sesi ke I. Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time* dengan ketinggian maksimum 99,15 cm; ketinggian minimum 10,67 cm dan rata-rata ketinggian permukaan ke sensor adalah 15,1513 cm pada Tabel 4.

➤ **Pengambilan Data Sesi II**

Penelitian data pada sesi II dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 13:33:16.028 – 13:35:23.820. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi II berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.2 Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi II.

NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR	NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR
1	13:33:16.028	6.88 cm	21	13:33:48.094	138.89 cm
2	13:33:17.636	6.77 cm	22	13:33:49.692	6.77 cm
3	13:33:19.248	6.88 cm	23	13:33:51.314	7.05 cm
4	13:33:20.825	6.76 cm	24	13:33:52.937	6.83 cm
5	13:33:22.445	6.88 cm	25	13:33:54.512	7.47 cm
6	13:33:24.065	6.77 cm	26	13:33:56.116	7.31 cm
7	13:33:25.660	6.86 cm	27	13:33:57.715	8.08 cm
8	13:33:27.269	7.19 cm	28	13:33:59.334	7.00 cm
9	13:33:28.873	6.93 cm	29	13:34:00.938	6.69 cm
10	13:33:30.450	7.49 cm	30	13:34:02.558	6.77 cm
11	13:33:32.081	7.05 cm	31	13:34:04.134	7.10 cm
12	13:33:33.697	6.93 cm	32	13:34:05.736	6.76 cm
13	13:33:35.284	7.91 cm	33	13:34:07.352	7.10 cm
14	13:33:36.897	8.22 cm	34	13:34:08.962	11.71 cm
15	13:33:38.485	7.98 cm	35	13:34:10.564	106.67 cm
16	13:33:40.101	7.68 cm	36	13:34:12.181	7.30 cm
17	13:33:41.674	7.30 cm	37	13:34:13.789	8.47 cm
18	13:33:43.289	7.93 cm	38	13:34:15.399	7.59 cm
19	13:33:44.886	7.24 cm	39	13:34:16.992	8.95 cm
20	13:33:46.499	17.37 cm	40	13:34:18.590	12.73 cm

Tabel 4.2 Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi II.

NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR	NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR
41	13:34:20.191	9.25 cm	61	13:34:52.746	7.31 cm
42	13:34:21.830	6.16 cm	62	13:34:54.380	7.59 cm
43	13:34:23.476	8.22 cm	63	13:34:56.006	7.12 cm
44	13:34:25.127	20.91 cm	64	13:34:57.656	7.49 cm
45	13:34:26.731	10.96 cm	65	13:34:59.285	6.81 cm
46	13:34:28.334	6.74 cm	66	13:35:00.931	7.07 cm
47	13:34:29.919	7.44 cm	67	13:35:02.542	7.86 cm
48	13:34:31.531	20.23 cm	68	13:35:04.217	6.81 cm
49	13:34:33.146	7.31 cm	69	13:35:05.845	6.70 cm
50	13:34:34.776	7.42 cm	70	13:35:07.456	7.17 cm
51	13:34:36.400	6.86 cm	71	13:35:09.108	7.24 cm
52	13:34:38.047	7.02 cm	72	13:35:10.762	6.70 cm
53	13:34:39.666	7.54 cm	73	13:35:12.356	7.59 cm
54	13:34:41.323	7.56 cm	74	13:35:14.020	7.17 cm
55	13:34:42.953	7.24 cm	75	13:35:15.667	7.93 cm
56	13:34:44.581	7.30 cm	76	13:35:17.264	7.35 cm
57	13:34:46.197	6.76 cm	77	13:35:18.900	6.81 cm
58	13:34:47.829	7.07 cm	78	13:35:20.537	7.14 cm
59	13:34:49.501	6.93 cm	79	13:35:22.169	7.17 cm
60	13:34:51.117	7.14 cm	80	13:35:23.820	7.30 cm

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.2 menunjukkan data percobaan sesi – II jarak sensor ke permukaan air dengan *delay* 1,5 detik dari sensor ultrasonik secara bersamaan. Nilai jarak sensor ke permukaan air dari pengambilan data yang dilakukan dengan pengukuran yang dilakukan dalam sesi ke II. Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time* dengan ketinggian maksimum 138,89 cm; ketinggian minimum 6,16 cm dan rata-rata ketinggian permukaan ke sensor adalah 10,7831 cm pada Tabel 4.2

➤ **Pengambilan Data Sesi III**

Penelitian data pada sesi III dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 18:06:01.931 – 18:08:10.390. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi III berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.3 Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi III.

NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR	NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR
1	18:06:01.931	18.96 cm	21	18:06:34.215	21.40 cm
2	18:06:03.540	19.03 cm	22	18:06:35.838	22.06 cm
3	18:06:05.135	18.96 cm	23	18:06:37.481	85.26 cm
4	18:06:06.757	19.03 cm	24	18:06:39.111	21.89 cm
5	18:06:08.349	19.03 cm	25	18:06:40.751	21.72 cm
6	18:06:09.952	19.03 cm	26	18:06:42.412	17.19 cm
7	18:06:11.575	19.03 cm	27	18:06:44.011	19.57 cm
8	18:06:13.191	19.03 cm	28	18:06:45.660	21.89 cm
9	18:06:14.821	19.03 cm	29	18:06:47.317	123.83 cm
10	18:06:16.428	19.08 cm	30	18:06:48.929	19.93 cm
11	18:06:18.060	19.39 cm	31	18:06:50.564	25.29 cm
12	18:06:19.682	19.52 cm	32	18:06:52.204	19.93 cm
13	18:06:21.287	20.06 cm	33	18:06:53.833	20.48 cm
14	18:06:22.884	21.21 cm	34	18:06:55.453	20.23 cm
15	18:06:24.469	19.22 cm	35	18:06:57.106	108.56 cm
16	18:06:26.070	18.22 cm	36	18:06:58.738	20.91 cm
17	18:06:27.668	120.48 cm	37	18:07:00.317	19.38 cm
18	18:06:29.280	18.96 cm	38	18:07:01.970	21.77 cm
19	18:06:30.945	18.22 cm	39	18:07:03.573	21.16 cm
20	18:06:32.569	118.09 cm	40	18:07:05.194	24.21 cm

Tabel 4.3 Data Ketinggian Gelombang Air Pada sesi III

NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR	NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR
41	18:07:06.785	11.63 cm	61	18:07:39.363	106.80 cm
42	18:07:08.401	20.20 cm	62	18:07:41.010	20.07 cm
43	18:07:09.987	19.38 cm	63	18:07:42.624	19.93 cm
44	18:07:11.604	12.99 cm	64	18:07:44.267	20.98 cm
45	18:07:13.231	56.37 cm	65	18:07:45.914	19.13 cm
46	18:07:14.833	121.09 cm	66	18:07:47.552	21.35 cm
47	18:07:16.453	21.28 cm	67	18:07:49.179	55.82 cm
48	18:07:18.085	20.18 cm	68	18:07:50.814	21.05 cm
49	18:07:19.708	19.76 cm	69	18:07:52.467	19.88 cm
50	18:07:21.345	19.69 cm	70	18:07:54.099	24.11 cm
51	18:07:22.993	117.41 cm	71	18:07:55.724	18.28 cm
52	18:07:24.638	20.79 cm	72	18:07:57.352	20.20 cm
53	18:07:26.300	19.32 cm	73	18:07:59.000	117.36 cm
54	18:07:27.916	19.81 cm	74	18:08:00.641	97.20 cm
55	18:07:29.570	21.70 cm	75	18:08:02.237	19.15 cm
56	18:07:31.212	20.60 cm	76	18:08:03.873	63.16 cm
57	18:07:32.816	20.72 cm	77	18:08:05.486	113.08 cm
58	18:07:34.482	19.32 cm	78	18:08:07.126	25.07 cm
59	18:07:36.074	19.64 cm	79	18:08:08.728	20.91 cm
60	18:07:37.717	18.28 cm	80	18:08:10.390	25.29 cm

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.3 menunjukkan data percobaan sesi – III jarak sensor ke permukaan air dengan *delay* 1,5 detik dari sensor ultrasonik secara bersamaan. Nilai jarak sensor ke permukaan air dari pengambilan data yang dilakukan dengan pengukuran yang dilakukan dalam sesi ke III. Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time* dengan ketinggian maksimum 123,83 cm; ketinggian minimum 11,63 cm dan rata-rata ketinggian permukaan ke sensor adalah 34,11525 cm pada Tabel 4.3

➤ **Pengambilan Data Sesi IV**

Penelitian data pada sesi IV dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 20:46:36.560 – 20:48:45.055. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi IV berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.4 Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi IV.

NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR	NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR
1	20:46:36.560	19.32 cm	21	20:47:09.287	109.12 cm
2	20:46:38.197	19.20 cm	22	20:47:10.932	114.27 cm
3	20:46:39.832	20.42 cm	23	20:47:12.571	20.25 cm
4	20:46:41.454	21.59 cm	24	20:47:14.196	20.18 cm
5	20:46:43.108	19.88 cm	25	20:47:15.818	94.07 cm
6	20:46:44.712	20.20 cm	26	20:47:17.481	20.55 cm
7	20:46:46.342	19.62 cm	27	20:47:19.089	20.00 cm
8	20:46:48.009	19.45 cm	28	20:47:20.746	19.76 cm
9	20:46:49.660	20.30 cm	29	20:47:22.388	20.13 cm
10	20:46:51.281	21.35 cm	30	20:47:24.037	30.98 cm
11	20:46:52.919	21.16 cm	31	20:47:25.625	33.31 cm
12	20:46:54.547	19.81 cm	32	20:47:27.231	27.37 cm
13	20:46:56.162	18.64 cm	33	20:47:28.816	22.19 cm
14	20:46:57.827	22.81 cm	34	20:47:30.438	19.88 cm
15	20:46:59.443	20.84 cm	35	20:47:32.022	33.90 cm
16	20:47:01.092	21.00 cm	36	20:47:33.633	23.97 cm
17	20:47:02.708	20.06 cm	37	20:47:35.259	25.99 cm
18	20:47:04.348	108.84 cm	38	20:47:36.853	111.32 cm
19	20:47:06.023	19.03 cm	39	20:47:38.510	19.69 cm
20	20:47:07.626	19.32 cm	40	20:47:40.129	19.93 cm

Tabel 4.4 Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi IV.

NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR	NO	TIME EVENT	JARAK SENSOR KE AIR
41	20:47:41.775	22.87 cm	61	20:48:14.483	20.96 cm
42	20:47:43.429	114.51 cm	62	20:48:16.117	62.81 cm
43	20:47:45.065	19.27 cm	63	20:48:17.741	112.71 cm
44	20:47:46.685	20.35 cm	64	20:48:19.321	20.18 cm
45	20:47:48.334	20.23 cm	65	20:48:20.978	114.76 cm
46	20:47:49.942	20.72 cm	66	20:48:22.570	22.50 cm
47	20:47:51.611	19.01 cm	67	20:48:24.189	19.86 cm
48	20:47:53.247	22.27 cm	68	20:48:25.793	21.96 cm
49	20:47:54.871	20.06 cm	69	20:48:27.370	22.03 cm
50	20:47:56.497	20.11 cm	70	20:48:28.986	21.09 cm
51	20:47:58.151	20.91 cm	71	20:48:30.604	23.29 cm
52	20:47:59.785	22.99 cm	72	20:48:32.214	22.80 cm
53	20:48:01.416	19.71 cm	73	20:48:33.806	20.06 cm
54	20:48:03.035	20.79 cm	74	20:48:35.393	19.13 cm
55	20:48:04.662	19.99 cm	75	20:48:37.020	19.45 cm
56	20:48:06.324	20.35 cm	76	20:48:38.612	20.96 cm
57	20:48:07.966	26.78 cm	77	20:48:40.237	19.15 cm
58	20:48:09.578	20.11 cm	78	20:48:41.818	21.58 cm
59	20:48:11.230	20.91 cm	79	20:48:43.439	20.30 cm
60	20:48:12.847	114.44 cm	80	20:48:45.055	21.54 cm

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.4 menunjukkan data percobaan sesi – IV jarak sensor ke permukaan air dengan *delay* 1,5 detik dari sensor ultrasonik secara bersamaan. Nilai jarak sensor ke permukaan air dari pengambilan data yang dilakukan dengan pengukuran yang dilakukan dalam sesi ke IV. Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time* dengan ketinggian maksimum 114,76 cm; ketinggian minimum 18,64 cm dan rata-rata ketinggian permukaan ke sensor adalah 31,915 cm pada Tabel 4.4

b) Amplitudo Gelombang Air

Amplitudo Gelombang Air didapatkan dengan selisih nilai datum pertama dengan datum kedua, yang berdasarkan dari pengambilan jarak permukaan gelombang air ke sensor ultrasonik, yang didata dari setiap 1,5 detik selama rentang waktu 2 menit. Didapatkan 80 datum individu yang akan ditampilkan oleh interface program Python.

➤ Pengambilan Data Sesi I

Penelitian data pada sesi I dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 11:18.00.672 – 11:20:09.890. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi I berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.5 Data Amplitudo Gelombang Air Pada sesi I.

NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLIT UDO	NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLIT UDO
1	13,7 cm	1,47 cm	21	13,96	0,3 cm
2	15,17 cm	0,37 cm	22	14,26	-1,66 cm
3	15,54 cm	-0,49 cm	23	12,6	1,16 cm
4	15,05 cm	1,46 cm	24	13,76	-1,65 cm
5	16,51 cm	-2,13 cm	25	12,11	0,25 cm
6	14,38 cm	3,11 cm	26	12,36	2,88 cm
7	17,49 cm	-0,05 cm	27	15,24	0,12 cm
8	17,44 cm	-3,3 cm	28	15,36	-0,44 cm
9	14,14 cm	0,61 cm	29	14,92	1,03 cm
10	14,75 cm	-0,54 cm	30	15,95	-1,32 cm
11	14,21 cm	1,19 cm	31	14,63	-0,37 cm
12	15,4 cm	-0,72 cm	32	14,26	-0,24 cm
13	14,68 cm	0,19 cm	33	14,02	0 cm
14	14,87 cm	-1,71 cm	34	14,02	0,78 cm
15	13,16 cm	0,61 cm	35	14,8	-4,13 cm
16	13,77 cm	1,64 cm	36	10,67	2,79 cm
17	15,41 cm	1,16 cm	37	13,46	1,15 cm
18	16,57 cm	-0,72 cm	38	14,61	-2,44 cm
19	15,85 cm	0,3 cm	39	12,17	4,41 cm
20	16,15 cm	-16,15 cm	40	16,58	-16,58 cm

Tabel 4.5 Data Amplitudo Gelombang Air Pada sesi I.

NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLITU DO	NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLIT UDO
41	13,23 cm	-0,26 cm	61	12,8 cm	-0,3 cm
42	12,97 cm	5,45 cm	62	12,5 cm	0,66 cm
43	18,42 cm	-2,92 cm	63	13,16 cm	-1,39 cm
44	15,5 cm	1,33 cm	64	11,77 cm	1,57 cm
45	16,83 cm	-3,74 cm	65	13,34 cm	-1,23 cm
46	13,09 cm	2,76 cm	66	12,11 cm	0,25 cm
47	15,85 cm	-2,27 cm	67	12,36 cm	-0,54 cm
48	13,58 cm	1,69 cm	68	11,82 cm	1,87 cm
49	15,27 cm	-1,55 cm	69	13,69 cm	-0,28 cm
50	13,72 cm	-1,05 cm	70	13,41 cm	0,07 cm
51	12,67 cm	0,32 cm	71	13,48 cm	-1,1 cm
52	12,99 cm	-1,05 cm	72	12,38 cm	0,66 cm
53	11,94 cm	2,32 cm	73	13,04 cm	1,1 cm
54	14,26 cm	84,89 cm	74	14,14 cm	-1,34 cm
55	99,15 cm	-85,74 cm	75	12,8 cm	1,09 cm
56	13,41 cm	0,24 cm	76	13,89 cm	-2,25 cm
57	13,65 cm	0,37 cm	77	11,64 cm	-0,24 cm
58	14,02 cm	4,75 cm	78	11,4 cm	-0,37 cm
59	18,77 cm	-2,61 cm	79	11,03 cm	0,86 cm
60	16,16 cm	-16,16 cm	80	11,89 cm	-0,61 cm

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.5 menunjukkan data percobaan sesi – I amplitude gelombang dari permukaan gelombang air sesi – I dengan *delay* 1,5 dari sensor ultrasonik. Nilai amplitudo permukaan air diambil dari selisih nilai datum kedua dengan datum pertama pada pengambilan data permukaan gelombang air yang dilakukan dalam sesi ke I. Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time* dengan ketinggian maksimum amplitudo 84,89 cm; ketinggian minimum amplitudo -85,74 cm dan nilai rata-rata amplitudo adalah 3,511 cm pada Tabel 4.5

➤ **Pengambilan Data Sesi II**

Penelitian data pada sesi II dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 13:33:16.028 – 13:35:23.820. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi II berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.6 Data Amplitudo Gelombang Air Pada sesi II.

NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLITU DO	NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLITU DO
1	6,88 cm	-0,11 cm	21	138,89 cm	-132,12 cm
2	6,77 cm	0,11 cm	22	6,77 cm	0,28 cm
3	6,88 cm	-0,12 cm	23	7,05 cm	-0,22 cm
4	6,76 cm	0,12 cm	24	6,83 cm	0,64 cm
5	6,88 cm	-0,11 cm	25	7,47 cm	-0,16 cm
6	6,77 cm	0,09 cm	26	7,31 cm	0,77 cm
7	6,86 cm	0,33 cm	27	8,08 cm	-1,08 cm
8	7,19 cm	-0,26 cm	28	7 cm	-0,31 cm
9	6,93 cm	0,56 cm	29	6,69 cm	0,08 cm
10	7,49 cm	-0,44 cm	30	6,77 cm	0,33 cm
11	7,05 cm	-0,12 cm	31	7,1 cm	-0,34 cm
12	6,93 cm	0,98 cm	32	6,76 cm	0,34 cm
13	7,91 cm	0,31 cm	33	7,1 cm	4,61 cm
14	8,22 cm	-0,24 cm	34	11,71 cm	94,96 cm
15	7,98 cm	-0,3 cm	35	106,67 cm	-99,37 cm
16	7,68 cm	-0,38 cm	36	7,3 cm	1,17 cm
17	7,3 cm	0,63 cm	37	8,47 cm	-0,88 cm
18	7,93 cm	-0,69 cm	38	7,59 cm	1,36 cm
19	7,24 cm	10,13 cm	39	8,95 cm	3,78 cm
20	17,37 cm	-17,37 cm	40	12,73 cm	-12,73 cm

Tabel 4.6 Data Amplitudo Gelombang Air Pada sesi II.

NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLITU DO	NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLIT UDO
41	9,25 cm	-3,09 cm	61	7,31 cm	0,28 cm
42	6,16 cm	2,06 cm	62	7,59 cm	-0,47 cm
43	8,22 cm	12,69 cm	63	7,12 cm	0,37 cm
44	20,91 cm	-9,95 cm	64	7,49 cm	-0,68 cm
45	10,96 cm	-4,22 cm	65	6,81 cm	0,26 cm
46	6,74 cm	0,7 cm	66	7,07 cm	0,79 cm
47	7,44 cm	12,79 cm	67	7,86 cm	-1,05 cm
48	20,23 cm	-12,92 cm	68	6,81 cm	-0,11 cm
49	7,31 cm	0,11 cm	69	6,7 cm	0,47 cm
50	7,42 cm	-0,56 cm	70	7,17 cm	0,07 cm
51	6,86 cm	0,16 cm	71	7,24 cm	-0,54 cm
52	7,02 cm	0,52 cm	72	6,7 cm	0,89 cm
53	7,54 cm	0,02 cm	73	7,59 cm	-0,42 cm
54	7,56 cm	-0,32 cm	74	7,17 cm	0,76 cm
55	7,24 cm	0,06 cm	75	7,93 cm cm	-0,58
56	7,3 cm	-0,54 cm	76	7,35 cm	-0,54 cm
57	6,76 cm	0,31 cm	77	6,81 cm	0,33 cm
58	7,07 cm	-0,14 cm	78	7,14 cm	0,03 cm
59	6,93 cm	0,21 cm	79	7,17 cm	0,13 cm
60	7,14 cm	-7,14 cm	80	7,3 cm	-7,3 cm

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.6 menunjukkan data percobaan sesi – II amplitude gelombang dari permukaan gelombang air sesi – II dengan *delay* 1,5 dari sensor ultrasonik. Nilai amplitudo permukaan air diambil dari selisih nilai datum kedua dengan datum pertama pada pengambilan data permukaan gelombang air yang dilakukan dalam sesi ke II. Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time* dengan ketinggian maksimum amplitudo 121,52 cm; ketinggian minimum amplitudo -132,12 cm dan rata-rata amplitudo adalah 7,018 cm pada Tabel 4.6

➤ **Pengambilan Data Sesi III**

Penelitian data pada sesi III dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 18:06:01.931 – 18:08:10.390. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi III berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.7 Data Amplitudo Gelombang Air Pada sesi III.

N O	TINGGI PERMUKAA N AIR	AMPLITUD O	NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLITUD O
1	18,96 cm	0,07 cm	21	21,4 cm	0,66 cm
2	19,03 cm	-0,07 cm	22	22,06 cm	63,2 cm
3	18,96 cm	0,07 cm	23	85,26 cm	-63,37 cm
4	19,03 cm	0 cm	24	21,89 cm	-0,17 cm
5	19,03 cm	0 cm	25	21,72 cm	-4,53 cm
6	19,03 cm	0 cm	26	17,19 cm	2,38 cm
7	19,03 cm	0 cm	27	19,57 cm	2,32 cm
8	19,03 cm	0 cm	28	21,89 cm	101,94 cm
9	19,03 cm	0,05 cm	29	123,83 cm	-103,9 cm
10	19,08 cm	0,31 cm	30	19,93 cm	5,36 cm
11	19,39 cm	0,13 cm	31	25,29 cm	-5,36 cm
12	19,52 cm	0,54 cm	32	19,93 cm	0,55 cm
13	20,06 cm	1,15 cm	33	20,48 cm	-0,25 cm
14	21,21 cm	-1,99 cm	34	20,23 cm	88,33 cm
15	19,22 cm	-1 cm	35	108,56 cm	-87,65 cm
16	18,22 cm	102,26 cm	36	20,91 cm	-1,53 cm
17	120,48 cm	-101,52 cm	37	19,38 cm	2,39 cm
18	18,96 cm	-0,74 cm	38	21,77 cm	-0,61 cm
19	18,22 cm	99,87 cm	39	21,16 cm	3,05 cm
20	118,09 cm	-118,09 cm	40	24,21 cm	-24,21 cm

Tabel 4.7 Data Amplitudo Gelombang Air Pada sesi III.

NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLITU DO	NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLIT UDO
41	11,63 cm	8,57 cm	61	106,8 cm	-86,73 cm
42	20,2 cm	-0,82 cm	62	20,07 cm	-0,14 cm
43	19,38 cm	-6,39 cm	63	19,93 cm	1,05 cm
44	12,99 cm	43,38 cm	64	20,98 cm	-1,85 cm
45	56,37 cm	64,72 cm	65	19,13 cm	2,22 cm
46	121,09 cm	-99,81 cm	66	21,35 cm	34,47 cm
47	21,28 cm	-1,1 cm	67	55,82 cm cm	-34,77
48	20,18 cm	-0,42 cm	68	21,05 cm	-1,17 cm
49	19,76 cm	-0,07 cm	69	19,88 cm	4,23 cm
50	19,69 cm	97,72 cm	70	24,11 cm	-5,83 cm
51	117,41 cm	-96,62 cm	71	18,28 cm	1,92 cm
52	20,79 cm	-1,47 cm	72	20,2 cm	97,16 cm
53	19,32 cm	0,49 cm	73	117,36 cm	-20,16 cm
54	19,81 cm	1,89 cm	74	97,2 cm	-78,05 cm
55	21,7 cm	-1,1 cm	75	19,15 cm	44,01 cm
56	20,6 cm	0,12 cm	76	63,16 cm	49,92 cm
57	20,72 cm	-1,4 cm	77	113,08 cm	-88,01 cm
58	19,32 cm	0,32 cm	78	25,07 cm	-4,16 cm
59	19,64 cm	-1,36 cm	79	20,91 cm	4,38 cm
60	18,28 cm	-18,28 cm	80	25,29 cm	-25,29 cm

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.7 menunjukkan data percobaan sesi – III amplitude gelombang dari permukaan gelombang air sesi – III dengan *delay* 1,5 dari sensor ultrasonik. Nilai amplitudo permukaan air diambil dari selisih nilai datum kedua dengan datum pertama pada pengambilan data permukaan gelombang air yang dilakukan dalam sesi ke III. Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time* dengan ketinggian maksimum amplitudo 102,26 cm; ketinggian minimum amplitudo -103,9 cm dan rata-rata amplitudo adalah 25,73 cm pada Tabel 4.7

➤ **Pengambilan Data Sesi IV**

Penelitian data pada sesi IV dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 20:46:36.560 – 20:48:45.055. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi IV berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.8 Data Amplitudo Gelombang Air Pada sesi IV.

N O	TINGGI PERMUKAA N AIR	AMPLITU DO	NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLITU DO
1	19,32 cm	-0,12 cm	21	109,12 cm	5,15 cm
2	19,2 cm	1,22 cm	22	114,27 cm	-94,02 cm
3	20,42 cm	1,17 cm	23	20,25 cm	-0,07 cm
4	21,59 cm	-1,71 cm	24	20,18 cm	73,89 cm
5	19,88 cm	0,32 cm	25	94,07 cm	-73,52 cm
6	20,2 cm	-0,58 cm	26	20,55 cm	-0,55 cm
7	19,62 cm	-0,17 cm	27	20 cm	-0,24 cm
8	19,45 cm	0,85 cm	28	19,76 cm	0,37 cm
9	20,3 cm	1,05 cm	29	20,13 cm	10,85 cm
10	21,35 cm	-0,19 cm	30	30,98 cm	2,33 cm
11	21,16 cm	-1,35 cm	31	33,31 cm	-5,94 cm
12	19,81 cm	-1,17 cm	32	27,37	-5,18 cm cm
13	18,64 cm	4,17 cm	33	22,19 cm	-2,31 cm
14	22,81 cm	-1,97 cm	34	19,88 cm	14,02 cm
15	20,84 cm	0,16 cm	35	33,9 cm	-9,93 cm
16	21 cm	-0,94 cm	36	23,97 cm	2,02 cm
17	20,06 cm	88,78 cm	37	25,99 cm	85,33 cm
18	108,84 cm	-89,81 cm	38	111,32 cm	-91,63 cm
19	19,03 cm	0,29 cm	39	19,69 cm	0,24 cm
20	19,32 cm	-19,32 cm	40	19,93 cm	-19,93 cm

Tabel 4.8 Data Amplitudo Gelombang Air Pada sesi IV.

NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLITU DO	NO	TINGGI PERMUKAAN AIR	AMPLIT UDO
41	22,87 cm	91,64 cm	61	20,96 cm	41,85 cm
42	114,51 cm	-95,24 cm	62	62,81 cm	49,9 cm
43	19,27 cm	1,08 cm	63	112,71 cm	-92,53 cm
44	20,35 cm	-0,12 cm	64	20,18 cm	94,58 cm
45	20,23 cm	0,49 cm	65	114,76 cm	-92,26 cm
46	20,72 cm	-1,71 cm	66	22,5 cm	-2,64 cm
47	19,01 cm	3,26 cm	67	19,86 cm	2,1 cm
48	22,27 cm	-2,21 cm	68	21,96 cm	0,07 cm
49	20,06 cm	0,05 cm	69	22,03 cm	-0,94 cm
50	20,11 cm	0,8 cm	70	21,09 cm	2,2 cm
51	20,91 cm	2,08 cm	71	23,29 cm	-0,49 cm
52	22,99 cm	-3,28 cm	72	22,8 cm	-2,74 cm
53	19,71 cm	1,08 cm	73	20,06 cm	-0,93 cm
54	20,79 cm	-0,8 cm	74	19,13 cm	0,32 cm
55	19,99 cm	0,36 cm	75	19,45 cm	1,51 cm
56	20,35 cm	6,43 cm	76	20,96 cm	-1,81 cm
57	26,78 cm	-6,67 cm	77	19,15 cm	2,43 cm
58	20,11 cm	0,8 cm	78	21,58 cm	-1,28 cm
59	20,91 cm	93,53 cm	79	20,3 cm	1,24 cm
60	114,44 cm	-114,44 cm	80	21,54 cm	1,69 cm

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.8 menunjukkan data percobaan sesi – IV amplitude gelombang dari permukaan gelombang air sesi – IV dengan *delay* 1,5 dari sensor ultrasonik. Nilai amplitudo permukaan air diambil dari selisih nilai datum kedua dengan datum pertama pada pengambilan data permukaan gelombang air yang dilakukan dalam sesi ke IV. Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time* dengan ketinggian maksimum amplitudo 94,58 cm; ketinggian minimum amplitudo -95,24 cm dan rata-rata amplitudo adalah 19,3682 cm pada Tabel 4.8

c) Periode dan Frekuensi Gelombang Air

Periode gelombang air didapatkan dengan selisih nilai dari pengambilan datum time event kedua dan datum time event pertama. Sedangkan nilai frekuensi gelombang air didapatkan dengan hasil bagi dari satu dibagi dengan datum periode tersebut. Yang didapatkan berdasarkan dari rentang waktu pengambilan frekuensi gelombang air, yang didata dari setiap 1,5 detik selama rentang waktu 2 menit. Didapatkan 80 datum individu yang akan ditampilkan oleh interface program Python.

➤ Pengambilan Data Sesi I

Penelitian data pada sesi I dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 11:18:00.672 – 11:20:09.890. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi I berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.9 Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi I.

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
1	11:18:00.672	2.298	1	1,267427
2	11:18:02.299	1.644	0,144	6,944444
3	11:18:03.943	1.620	0,12	8,333333
4	11:18:05.563	1.638	0,138	7,246377
5	11:18:07.201	1.654	0,154	6,493506
6	11:18:08.855	1.636	0,136	7,352941
7	11:18:10.491	1.646	0,146	6,849315
8	11:18:12.137	1.596	0,096	10,41667
9	11:18:13.733	1.660	0,16	6,25
10	11:18:15.393	1.638	0,138	7,246377
11	11:18:17.031	1.615	0,115	8,695652
12	11:18:18.646	1.664	0,164	6,097561
13	11:18:20.310	1.620	0,12	8,333333
14	11:18:21.930	1.643	0,143	6,993007
15	11:18:23.573	1.637	0,137	7,29927
16	11:18:25.210	1.629	0,129	7,751938
17	11:18:26.839	1.652	0,152	6,578947
18	11:18:28.491	1.640	0,14	7,142857
19	11:18:30.131	1.631	0,131	7,633588

Tabel 4.9 Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi I.

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
20	11:18:31.762	1.610	0,11	9,090909
21	11:18:33.372	1.629	0,129	7,751938
22	11:18:35.001	1.661	0,161	6,21118
23	11:18:36.662	1.604	0,104	9,615385
24	11:18:38.266	1.640	0,14	7,142857
25	11:18:39.906	1.664	0,164	6,097561
26	11:18:41.570	1.638	0,138	7,246377
27	11:18:43.208	1.639	0,139	7,194245
28	11:18:44.847	1.625	0,125	8
29	11:18:46.472	1.626	0,126	7,936508
30	11:18:48.098	1.644	0,144	6,944444
31	11:18:49.742	1.642	0,142	7,042254
32	11:18:51.384	1.617	0,117	8,547009
33	11:18:53.001	1.661	0,161	6,21118
34	11:18:54.662	1.635	0,135	7,407407
35	11:18:56.297	1.616	0,116	8,62069
36	11:18:57.913	1.641	0,141	7,092199
37	11:18:59.554	1.626	0,126	7,936508
38	11:19:01.180	1.657	0,157	6,369427
39	11:19:02.837	1.620	0,12	8,333333
40	11:19:04.457	1.652	0,152	6,578947
41	11:19:06.109	1.631	0,131	7,633588
42	11:19:07.740	1.620	0,12	8,333333
43	11:19:09.360	1.653	0,153	6,535948
44	11:19:11.013	1.610	0,11	9,090909
45	11:19:12.623	1.665	0,165	6,060606
46	11:19:14.288	1.627	0,127	7,874016
47	11:19:15.915	1.614	0,114	8,77193
48	11:19:17.529	1.635	0,135	7,407407
49	11:19:19.164	1.637	0,137	7,29927
50	11:19:20.801	1.628	0,128	7,8125
51	11:19:22.429	1.648	0,148	6,756757
52	11:19:24.077	1.664	0,164	6,097561
53	11:19:25.741	1.597	0,097	10,30928
54	11:19:27.338	1.686	0,186	5,376344
55	11:19:29.024	1.593	0,093	10,75269
56	11:19:30.617	1.656	0,156	6,410256
57	11:19:32.273	1.625	0,125	8
58	11:19:33.898	1.641	0,141	7,092199
59	11:19:35.539	1.654	0,154	6,493506
60	11:19:37.193	1.598	0,098	10,20408

Tabel 4.9 Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi I.

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
61	11:19:38.791	1.655	0,155	6,451613
62	11:19:40.446	1.628	0,128	7,8125
63	11:19:42.074	1.665	0,165	6,060606
64	11:19:43.739	1.628	0,128	7,8125
65	11:19:45.367	1.609	0,109	9,174312
66	11:19:46.976	1.657	0,157	6,369427
67	11:19:48.633	1.614	0,114	8,77193
68	11:19:50.247	1.657	0,157	6,369427
69	11:19:51.904	1.635	0,135	7,407407
70	11:19:53.539	1.626	0,126	7,936508
71	11:19:55.165	1.658	0,158	6,329114
72	11:19:56.823	1.608	0,108	9,259259
73	11:19:58.431	1.639	0,139	7,194245
74	11:20:00.070	1.718	0,218	4,587156
75	11:20:01.718	1.627	0,127	7,874016
76	11:20:03.345	1.634	0,134	7,462687
77	11:20:04.979	1.620	0,12	8,333333
78	11:20:06.599	1.645	0,145	6,896552
79	11:20:08.244	1.646	0,146	6,849315
80	11:20:09.890	1.623	0,123	8,130081

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.9 menunjukkan data time event; selisih nilai time event; periode dan frekuensi pada percobaan sesi - I. Selisih nilai time event didapatkan dengan datum kedua time event dikurangi datum pertama time event, dengan adanya selisih nilai time event, yang kemudian dikurangi dengan 1,5 detik sehingga didapatkan nilai periode gelombang air, Dengan adanya nilai periode bisa dihitung nilai frekuensi tersebut dengan satu dibagi dengan periode. data Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time*. Selisih nilai time event memiliki nilai maksimum 2.298 detik; nilai minimum selisih nilai time event-1.593 detik dan rata-rata dari selisih nilai time event adalah 1.645 detik. Pada bagian periode memiliki nilai maksimum 1 detik; nilai minimum periode 0,093 detik dan rata-rata dari nilai periode adalah 0,1473 detik. Pada bagian frekuensi memiliki nilai maksimum 10,7526 hz; nilai minimum frekuensi 1,2674 hz dan rata-rata dari nilai frekuensi adalah 7,4211 hz pada Tabel 4.9.

➤ **Pengambilan Data Sesi II**

Penelitian data pada sesi II dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 13:33:16.028 – 13:35:23.820. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi II berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.10 Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi II

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA(Detik)	FREKUENSI (Detik)
1	13:33:16.028	1.608	0,108	9,25925926
2	13:33:17.636	1.612	0,112	8,92857143
3	13:33:19.248	1.577	0,077	12,987013
4	13:33:20.825	1.620	0,12	8,33333333
5	13:33:22.445	1.620	0,12	8,33333333
6	13:33:24.065	1.595	0,095	10,5263158
7	13:33:25.660	1.609	0,109	9,17431193
8	13:33:27.269	1.604	0,104	9,61538462
9	13:33:28.873	1.577	0,077	12,987013
10	13:33:30.450	1.631	0,131	7,63358779
11	13:33:32.081	1.616	0,161	6,21118012
12	13:33:33.697	1.587	0,087	11,4942529
13	13:33:35.284	1.613	0,113	8,84955752
14	13:33:36.897	1.588	0,088	11,3636364
15	13:33:38.485	1.616	0,116	8,62068966
16	13:33:40.101	1.573	0,073	13,6986301
17	13:33:41.674	1.615	0,115	8,69565217
18	13:33:43.289	1.597	0,097	10,3092784
19	13:33:44.886	1.613	0,113	8,84955752
20	13:33:46.499	1.595	0,095	10,5263158
21	13:33:48.094	1.598	0,098	10,2040816
22	13:33:49.692	1.622	0,122	8,19672131
23	13:33:51.314	1.623	0,123	8,1300813
24	13:33:52.937	1.575	0,075	13,3333333
25	13:33:54.512	1.604	0,104	9,61538462
26	13:33:56.116	1.599	0,099	10,1010101
27	13:33:57.715	1.619	0,119	8,40336135
28	13:33:59.334	1,604	0,104	9,61538462
29	13:34:00.938	1,604	0,028	35,7142
30	13:34:02.558	1.576	0,076	13,1578947
31	13:34:04.134	1.602	0,102	9,80392157
32	13:34:05.736	1.616	0,116	8,62068966
33	13:34:07.352	1.610	0,11	9,09090909

Tabel 4.10 Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi II

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
34	13:34:08.962	1.602	0,102	9,80392157
35	13:34:10.564	1.617	0,117	8,54700855
36	13:34:12.181	1.608	0,108	9,25925926
37	13:34:13.789	1.610	0,11	9,09090909
38	13:34:15.399	1.593	0,093	10,7526882
39	13:34:16.992	1.598	0,098	10,2040816
40	13:34:18.590	1.601	0,101	9,9009901
41	13:34:20.191	1.639	0,139	7,1942446
42	13:34:21.830	1.646	0,146	6,84931507
43	13:34:23.476	1.651	0,151	6,62251656
44	13:34:25.127	1.604	0,104	9,61538462
45	13:34:26.731	1.603	0,103	9,70873786
46	13:34:28.334	1.585	0,085	11,7647059
47	13:34:29.919	1.612	0,112	8,92857143
48	13:34:31.531	1.615	0,115	8,69565217
49	13:34:33.146	1.630	0,13	7,69230769
50	13:34:34.776	1.624	0,124	8,06451613
51	13:34:36.400	1.647	0,147	6,80272109
52	13:34:38.047	1.619	0,119	8,40336135
53	13:34:39.666	1.657	0,157	6,36942675
54	13:34:41.323	1.630	0,13	7,69230769
55	13:34:42.953	1.628	0,128	7,8125
56	13:34:44.581	1.616	0,116	8,62068966
57	13:34:46.197	1.632	0,132	7,57575758
58	13:34:47.829	1.672	0,172	5,81395349
59	13:34:49.501	1.616	0,116	8,62068966
60	13:34:51.117	1.629	0,129	7,75193798
61	13:34:52.746	1.634	0,134	7,46268657
62	13:34:54.380	1.626	0,126	7,93650794
63	13:34:56.006	1.650	0,15	6,66666667
64	13:34:57.656	1.629	0,129	7,75193798
65	13:34:59.285	1,646	0,146	6,84931507
66	13:35:00.931	1,646	0,029	34,4827
67	13:35:02.542	1.675	0,175	5,71428571
68	13:35:04.217	1.628	0,128	7,8125
69	13:35:05.845	1.611	0,111	9,00900901
70	13:35:07.456	1.652	0,152	6,57894737
71	13:35:09.108	1.654	0,154	6,49350649
72	13:35:10.762	1.594	0,094	10,6382979
73	13:35:12.356	1.664	0,164	6,09756098
74	13:35:14.020	1.647	0,147	6,80272109

Tabel 4.10 Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi II

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
75	13:35:15.667	1.597	0,097	10,3092784
76	13:35:17.264	1.636	0,136	7,35294118
77	13:35:18.900	1.637	0,137	7,29927007
78	13:35:20.537	1.632	0,132	7,57575758
79	13:35:22.169	1.651	0,151	6,62251656
80	13:35:23.820	1.617	0,117	8,54700855

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.10 menunjukkan data time event; selisih nilai time event; periode dan frekuensi pada percobaan sesi - II. Selisih nilai time event didapatkan dengan datum kedua time event dikurang datum pertama time event, dengan adanya selisih nilai time event, yang kemudian dikurangi dengan 1,5 detik sehingga didapatkan nilai periode gelombang air, Dengan adanya nilai periode bisa dihitung nilai frekuensi tersebut dengan satu dibagi dengan periode. data Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time*. Selisih nilai time event memiliki nilai maksimum 2.557 detik; nilai minimum selisih nilai time event 2 detik dan rata-rata dari selisih nilai time event adalah 1.600 detik. Pada bagian periode memiliki nilai maksimum 0,175 detik; nilai minimum periode 0,028 detik; rata-rata dari nilai periode adalah 0,116 detik. Pada bagian frekuensi memiliki nilai maksimum 35,7142 hz; nilai minimum frekuensi 5,7142 hz dan rata-rata dari nilai frekuensi adalah 9,4568 hz pada Tabel 4.10

➤ **Pengambilan Data Sesi III**

Penelitian data pada sesi III dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 18:06:01.931 – 18:08:10.390. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi III berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.11 Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi III

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
1	18:06:01.931	1.609	0,109	9,1743119
2	18:06:03.540	1.595	0,095	10,526316
3	18:06:05.135	1.622	0,122	8,1967213
4	18:06:06.757	1.592	0,092	10,869565
5	18:06:08.349	1.603	0,103	9,7087379
6	18:06:09.952	1.623	0,123	8,1300813
7	18:06:11.575	1.616	0,116	8,6206897
8	18:06:13.191	1.630	0,13	7,6923077
9	18:06:14.821	1.607	0,107	9,3457944
10	18:06:16.428	1.632	0,132	7,5757576
11	18:06:18.060	1.622	0,122	8,1967213
12	18:06:19.682	1.605	0,105	9,5238095
13	18:06:21.287	1.597	0,097	10,309278
14	18:06:22.884	1.585	0,085	11,764706
15	18:06:24.469	1.601	0,101	9,9009901
16	18:06:26.070	1.598	0,098	10,204082
17	18:06:27.668	1.612	0,112	8,9285714
18	18:06:29.280	1.665	0,165	6,0606061
19	18:06:30.945	1.624	0,124	8,0645161
20	18:06:32.569	1.646	0,146	6,8493151
21	18:06:34.215	1.623	0,123	8,1300813
22	18:06:35.838	1.643	0,143	6,993007
23	18:06:37.481	1.630	0,13	7,6923077
24	18:06:39.111	1.640	0,14	7,1428571
25	18:06:40.751	1.661	0,161	6,2111801
26	18:06:42.412	1.599	0,099	10,10101
27	18:06:44.011	1.649	0,149	6,7114094
28	18:06:45.660	1.657	0,157	6,3694268
29	18:06:47.317	1.612	0,112	8,9285714
30	18:06:48.929	1.635	0,135	7,4074074
31	18:06:50.564	1.640	0,14	7,1428571
32	18:06:52.204	1.629	0,129	7,751938
33	18:06:53.833	1.620	0,12	8,3333333

Tabel 4.11 Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi III

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
34	18:06:55.453	1.653	0,153	6,5359477
35	18:06:57.106	1.632	0,132	7,5757576
36	18:06:58.738	1.579	0,079	12,658228
37	18:07:00.317	1.653	0,153	6,5359477
38	18:07:01.970	1.603	0,103	9,7087379
39	18:07:03.573	1.621	0,121	8,2644628
40	18:07:05.194	1.591	0,091	10,989011
41	18:07:06.785	1.616	0,116	8,6206897
42	18:07:08.401	1.586	0,086	11,627907
43	18:07:09.987	1.617	0,117	8,5470085
44	18:07:11.604	1.627	0,127	7,8740157
45	18:07:13.231	1.602	0,102	9,8039216
46	18:07:14.833	1.620	0,12	8,3333333
47	18:07:16.453	1.632	0,132	7,5757576
48	18:07:18.085	1.623	0,123	8,1300813
49	18:07:19.708	1.637	0,137	7,2992701
50	18:07:21.345	1.648	0,148	6,7567568
51	18:07:22.993	1.645	0,145	6,8965517
52	18:07:24.638	1.662	0,162	6,1728395
53	18:07:26.300	1.616	0,116	8,6206897
54	18:07:27.916	1.654	0,154	6,4935065
55	18:07:29.570	1.642	0,142	7,0422535
56	18:07:31.212	1.604	0,104	9,6153846
57	18:07:32.816	1.666	0,166	6,0240964
58	18:07:34.482	1.592	0,092	10,869565
59	18:07:36.074	1.643	0,143	6,993007
60	18:07:37.717	1.646	0,146	6,8493151
61	18:07:39.363	1.647	0,147	6,8027211
62	18:07:41.010	1.614	0,114	8,7719298
63	18:07:42.624	1.643	0,143	6,993007
64	18:07:44.267	1.647	0,147	6,8027211
65	18:07:45.914	1.638	0,138	7,2463768
66	18:07:47.552	1.627	0,127	7,8740157
67	18:07:49.179	1.635	0,135	7,4074074
68	18:07:50.814	1.653	0,153	6,5359477
69	18:07:52.467	1.632	0,132	7,5757576
70	18:07:54.099	1.625	0,125	8
71	18:07:55.724	1.628	0,128	7,8125
72	18:07:57.352	1.648	0,148	6,7567568
73	18:07:59.000	1.641	0,141	7,0921986
74	18:08:00.641	2	1,5	0,6666667

Tabel 4.11 Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi III

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
75	18:08:02.237	1.636	0,136	7,3529412
76	18:08:03.873	1.613	0,113	8,8495575
77	18:08:05.486	1.640	0,14	7,1428571
78	18:08:07.126	1.602	0,102	9,8039216
79	18:08:08.728	-8.728	0,162	6,1728395
80	18:08:10.390	1.611	0,111	9,009009

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.11 menunjukkan data time event; selisih nilai time event; periode dan frekuensi pada percobaan sesi - III. Selisih nilai time event didapatkan dengan datum kedua time event dikurang datum pertama time event, dengan adanya selisih nilai time event, yang kemudian dikurangi dengan 1,5 detik sehingga didapatkan nilai periode gelombang air, Dengan adanya nilai periode bisa dihitung nilai frekuensi tersebut dengan satu dibagi dengan periode. data Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time*. Selisih nilai time event memiliki nilai maksimum 1.666 detik; nilai minimum selisih nilai time event 1.579 detik dan rata-rata dari selisih nilai time event adalah 1.565 detik. Pada bagian periode memiliki nilai maksimum 1,5 detik; nilai minimum periode 0,079 detik dan rata-rata dari nilai periode adalah 0,1434 detik. Pada bagian frekuensi memiliki nilai maksimum 12,6582 hz; nilai minimum frekuensi 0,6666 hz dan rata-rata dari nilai frekuensi adalah 8,0705 hz pada Tabel 4.11

➤ **Pengambilan Data Sesi IV**

Penelitian data pada sesi IV dilakukan pada hari senin tanggal 13 Juli 2022 yang dimulai pada waktu 20:46:36.560 – 20:48:45.055. Didapatkan hasil dari pengukuran sesi IV berikut ini data hasil pengukuran dari sensor ultrasonik yang telah dilakukan:

Tabel 4.12 Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi IV

NO	TIME EVENT	DIFFERENCE TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
1	20:46:36.560	1.637	0,137	7,2992701
2	20:46:38.197	1.635	0,135	7,4074074
3	20:46:39.832	1.622	0,122	8,1967213
4	20:46:41.454	1.654	0,154	6,4935065
5	20:46:43.108	1.604	0,104	9,6153846
6	20:46:44.712	1.630	0,13	7,6923077
7	20:46:46.342	1.667	0,167	5,988024
8	20:46:48.009	1.651	0,151	6,6225166
9	20:46:49.660	1.621	0,121	8,2644628
10	20:46:51.281	1.638	0,138	7,2463768
11	20:46:52.919	1.628	0,128	7,8125
12	20:46:54.547	1.615	0,115	8,6956522
13	20:46:56.162	1.665	0,165	6,0606061
14	20:46:57.827	1.616	0,116	8,6206897
15	20:46:59.443	1.649	0,149	6,7114094
16	20:47:01.092	1.616	0,116	8,6206897
17	20:47:02.708	1.640	0,14	7,1428571
18	20:47:04.348	1.675	0,175	5,7142857
19	20:47:06.023	1.603	0,103	9,7087379
20	20:47:07.626	1.661	0,161	6,2111801
21	20:47:09.287	1.645	0,145	6,8965517
22	20:47:10.932	1.639	0,139	7,1942446
23	20:47:12.571	1.625	0,125	8
24	20:47:14.196	1.622	0,122	8,1967213
25	20:47:15.818	1.663	0,163	6,1349693
26	20:47:17.481	1.608	0,108	9,2592593
27	20:47:19.089	1.657	0,157	6,3694268
28	20:47:20.746	1.642	0,142	7,0422535
29	20:47:22.388	1.649	0,149	6,7114094
30	20:47:24.037	1.588	0,188	5,3191489
31	20:47:25.625	1.606	0,106	9,4339623
32	20:47:27.231	1.585	0,085	11,764706

Tabel 4.12 Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi IV

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
33	20:47:28.816	1.622	0,122	8,1967213
34	20:47:30.438	1.584	0,084	11,904762
35	20:47:32.022	1.611	0,111	9,009009
36	20:47:33.633	1.626	0,126	7,9365079
37	20:47:35.259	1.594	0,094	10,638298
38	20:47:36.853	1.657	0,157	6,3694268
39	20:47:38.510	1.619	0,119	8,4033613
40	20:47:40.129	1.646	0,146	6,8493151
41	20:47:41.775	1.654	0,154	6,4935065
42	20:47:43.429	1.636	0,136	7,3529412
43	20:47:45.065	1.620	0,12	8,3333333
44	20:47:46.685	1.649	0,149	6,7114094
45	20:47:48.334	1.608	0,108	9,2592593
46	20:47:49.942	1.669	0,169	5,9171598
47	20:47:51.611	1.636	0,136	7,3529412
48	20:47:53.247	1.624	0,124	8,0645161
49	20:47:54.871	1.626	0,126	7,9365079
50	20:47:56.497	1.654	0,154	6,4935065
51	20:47:58.151	1.634	0,134	7,4626866
52	20:47:59.785	1.631	0,131	7,6335878
53	20:48:01.416	1.619	0,119	8,4033613
54	20:48:03.035	1.627	0,127	7,8740158
55	20:48:04.662	1.662	0,162	6,1728395
56	20:48:06.324	1.642	0,142	7,0422535
57	20:48:07.966	1.612	0,112	8,9285714
58	20:48:09.578	1.652	0,152	6,5789474
59	20:48:11.230	1.617	0,117	8,5470086
60	20:48:12.847	1.636	0,136	7,3529412
61	20:48:14.483	1.634	0,134	7,4626866
62	20:48:16.117	1.624	0,124	8,0645161
63	20:48:17.741	1.580	0,08	12,5
64	20:48:19.321	1.657	0,157	6,3694268
65	20:48:20.978	1.592	0,092	10,869565
66	20:48:22.570	1.619	0,119	8,4033613
67	20:48:24.189	1.604	0,104	9,6153846
68	20:48:25.793	1.577	0,077	12,987013
69	20:48:27.370	1.616	0,116	8,6206897
70	20:48:28.986	1.618	0,118	8,4745763
71	20:48:30.604	1.610	0,11	9,0909091
72	20:48:32.214	1.592	0,092	10,869565

Tabel 4.12 Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi IV

NO	TIME EVENT	SELISIH NILAI TIME EVENT (Detik)	PERIODA (Detik)	FREKUENSI (Detik)
73	20:48:33.806	1.587	0,87	1,1494253
74	20:48:35.393	1.627	0,127	7,8740158
75	20:48:37.020	1.592	0,092	10,869565
76	20:48:38.612	1.625	0,125	8
77	20:48:40.237	1.581	0,081	12,345679
78	20:48:41.818	1.621	0,121	8,2644628
79	20:48:43.439	1.616	0,116	8,6206897
80	20:48:45.055	1.587	0,087	11,494253

Sumber: Data Hasil Pengukuran

Pada Tabel 4.12 menunjukkan data time event; selisih nilai time event; periode dan frekuensi pada percobaan sesi - IV. Selisih nilai time event didapatkan dengan datum kedua time event dikurang datum pertama time event, dengan adanya selisih nilai time event, yang kemudian dikurangi dengan 1,5 detik sehingga didapatkan nilai periode gelombang air, Dengan adanya nilai periode bisa dihitung nilai frekuensi tersebut dengan satu dibagi dengan periode. data Dari hasil akumulasi percobaan yang dilakukan didapatkan nilai data yang terbaru secara *real time*. Selisih nilai time event memiliki nilai maksimum 1.675 detik; nilai minimum selisih nilai time event 1.577 detik dan rata-rata dari selisih nilai time event adalah 1.626 detik. Pada bagian periode memiliki nilai maksimum 0,87 detik; nilai minimum periode 0,077 detik dan rata-rata dari nilai periode adalah 0,1370 detik. Pada bagian frekuensi memiliki nilai maksimum 12,9870 hz; nilai minimum frekuensi 1,1494 hz dan rata-rata dari nilai frekuensi adalah 8,0451 hz pada Tabel 4.12

4.2 Analisis Gelombang Permukaan Air di Sungai kapuas

Sesuai data hasil pengukuran, penulis membutuhkan data kedalaman sungai area yang ditinjau, menggunakan rumus (4) dan (5) akan didapatkan kategori jenis gelombang air setiap sesinya, penulis memakai hasil rata-rata perioda setiap sesinya sebagai variabel perhitungan rumus (4) dan (5) dengan ini kita bisa mengklasifikasikan gelombang jenis gelombang setiap sesinya, dengan ketentuan ini bisa mengklasifikasi jenis gelombang air yang termasuk golongan *deep water*, *intermediate depth*, *shallow water*. Dengan rumus dan ketentuan klasifikasi gelombang

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1,56 \times T^2 \quad (4)$$

<i>Deep water</i> $(h > \frac{1}{2} \lambda) = (\frac{h}{\lambda} > 0,5)$	<i>Shallow water</i> $(h < 0,05 \lambda) = (\frac{h}{\lambda} < 0,05)$	<i>Intermediate depth</i> $(0,05 < \frac{h}{\lambda} < 0,5)$
------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

(5)

Tabel 4.13 Klasifikasi Gelombang Air

teknik dreadloading ditempuh dengan menggunakan tali panjang yang ujungnya diikat dengan bandul timah sebagai pemberat. dari sebuah kapal tali diturunkan hingga bandul menyentuh dasar laut. Selanjutnya panjang tali diukur dan itulah kedalaman laut. (faiz, tanpa tahun; 1) Dengan tempat yang sudah ditentukan, diukur kedalaman sungai Kapuas dengan batu seperti gambar yang sudah diikat dengan tali pancing. Dengan metode ini, bisa mengukur kedalaman sungai Kapuas dengan menjatuhkan batu yang sudah diikat dengan tali pancing, apabila batu sudah mencapai dasar sungai maka tali akan berhenti bergerak. Dengan menandai ikatan simpul dan membuang batu tersebut sehingga penulis mendapatkan kedalaman sungai dan mengukur panjang tali tersebut. Tali tersebut sepanjang 2,4 meter, maka kedalaman sungai sejauh 2,4 meter dari area percobaan.



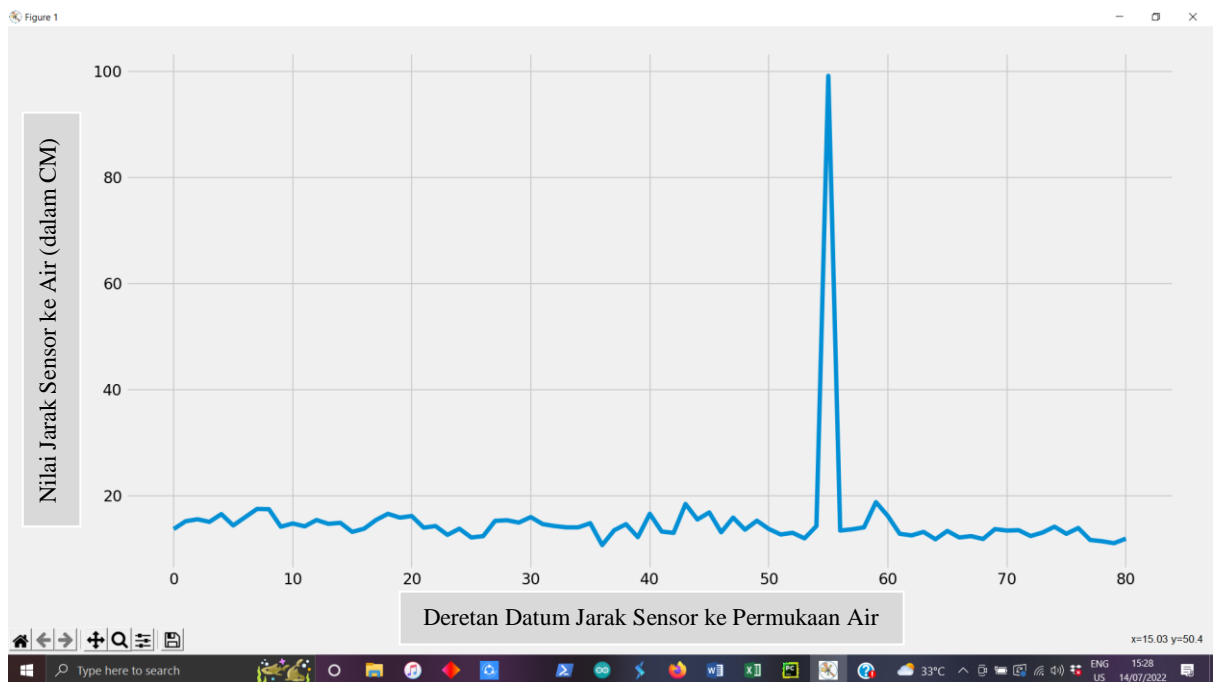
Gambar. 4.1 Metode pengukuran kedalaman air Sungai Kapuas

4.2.1 Analisis Gelombang Air Sesi – I

Berikut merupakan grafik dari pengukuran Gelombang Air Sungai Kapuas di area yang ditinjau pada sesi - I yaitu:

➤ Nilai Jarak Sensor ke Air

Pada Gambar 4.12 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air dimana sesi 1 pengukuran 11:18:00.672 -11:20:09.890 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, 1 titik puncak paling tinggi yang melebihi standard deviasinya dari hasil site – I dikarenakan data error yang dari sensor atau *receivernya*.



Gambar 4.2 Hasil *screenshot* grafik jarak sensor ke gelombang air sesi – I.

Pada Gambar 4.2 menunjukkan grafik jarak sensor ke permukaan air percobaan sesi-I yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada 11:18:00.672 - 11:20:09.890 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.2 didapatkan ketinggian maksimum 99,15 cm; ketinggian minimum 10,67 cm; rata-rata ketinggian permukaan ke sensor adalah 15,1513 cm

dan standard deviasi permukaan air adalah 9,59 cm. Pada gambar 4.2 terdapat ketinggian maksimum pengambilan datum ke 56, didapatkan nilai pengukuran air yang tidak wajar dengan ketinggian 99,15 cm sangat jauh dari standard deviasi data maka bisa disimpulkan datum tersebut tidak valid dikarenakan *errornya output* sensor ultrasonik terhadap permukaan gelombang air.

➤ Nilai Amplitudo

Pada Gambar 4.3 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air dimana sesi 1 pengukuran 11:18:00.672 - 11:20:09.890 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, dari hasil pertama didapatkan 2 titik puncak extreme yang melebihi standard deviasinya dari hasil site – I dikarenakan loss data yang dari sensor atau *receivernya*.



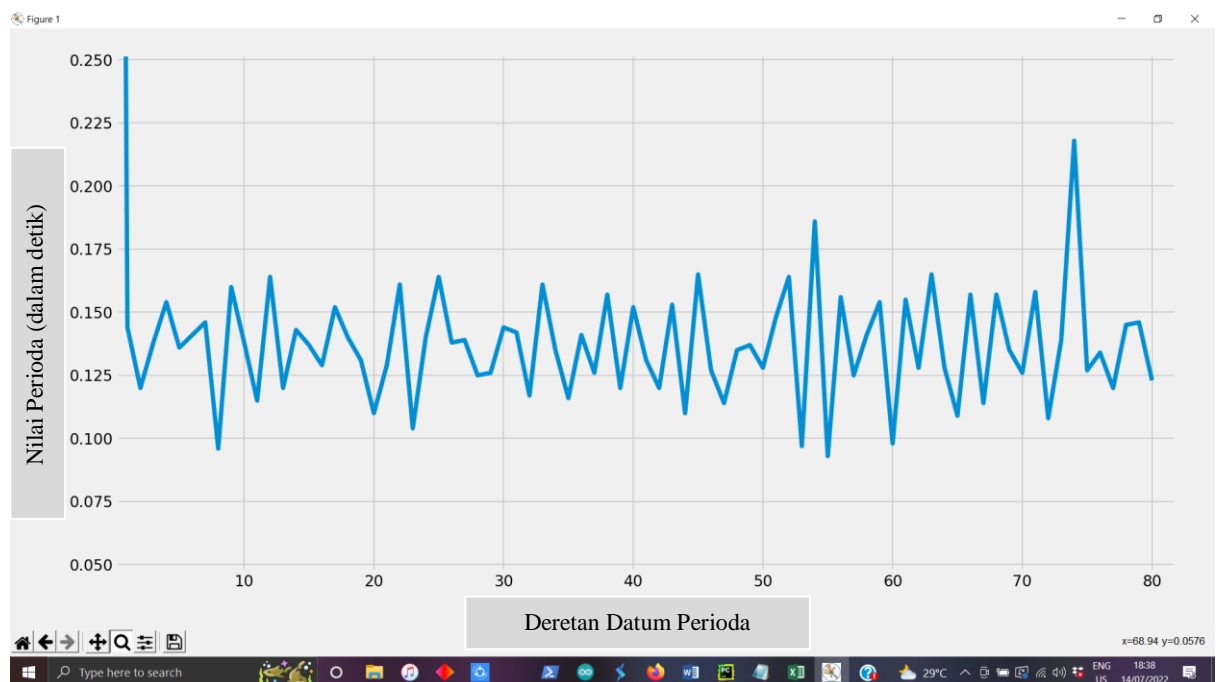
Gambar 4.3 Hasil *screenshot* grafik amplitudo gelombang air sesi – I.

Pada Gambar 4.3 menunjukkan grafik jarak sensor ke permukaan air percobaan sesi-I yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data amplitudo gelombang air pada 11:18:00.672 -

11:20:09.890 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.3 didapatkan ketinggian maksimum amplitudo 84,89 cm; ketinggian minimum amplitudo -85,74 cm; rata-rata amplitudo adalah 3,511 cm dan standard deviasi amplitudo adalah 13,6142. Pada gambar 4.3 terdapat 2 puncak yang maksimum dan minimum pada pengambilan datum ke 55 dan 56 didapatkan nilai pengukuran air yang tidak wajar dengan ketinggian 84,89 dan -85,74cm yang dikarenakan data sensor ke permukaan air pada datum ke 56 yang mempengaruhi datum 55 dan 56.

➤ Nilai Perioda

Pada Gambar 4.4 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data nilai perioda gelombang permukaan air dimana sesi 1 pengukuran 11:18:00.672 - 11:20:09.890 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, dari hasil pertama didapatkan 1 titik puncak paling extreme yang melebihi standard deviasinya dari hasil site – I

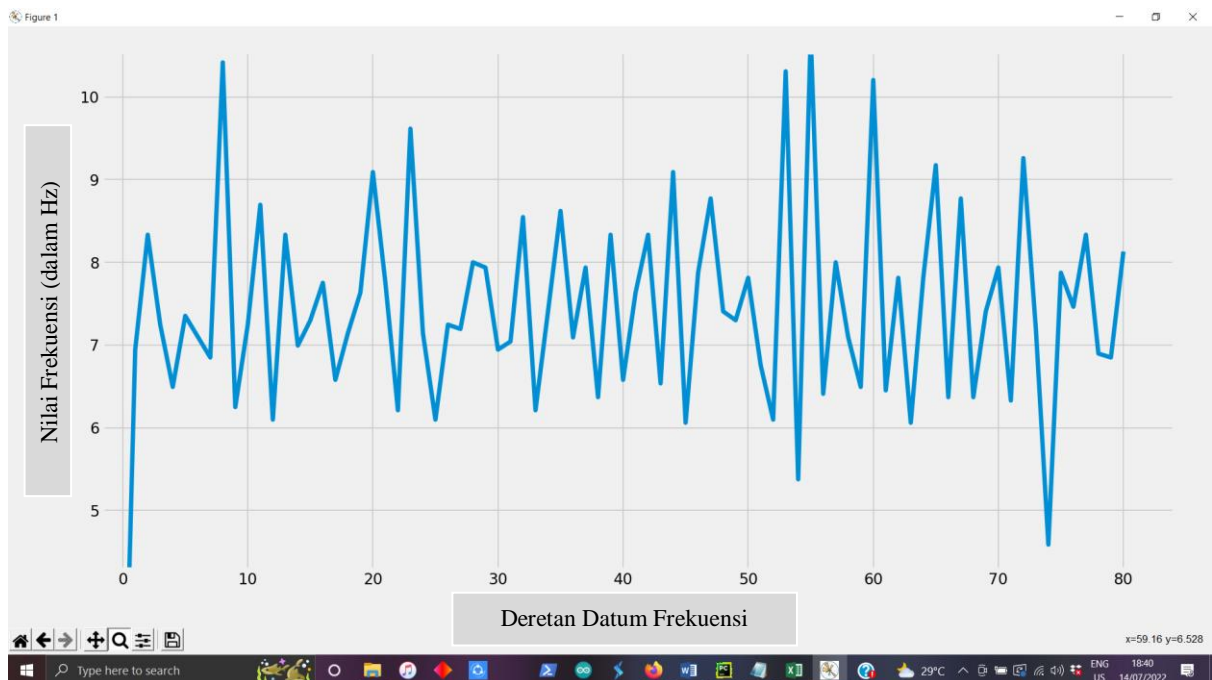


Gambar 4.4 Hasil *screenshot* grafik perioda gelombang air sesi – I.

Pada Gambar 4.4 menunjukkan grafik data nilai perioda setiap percobaan yang diuji di sesi-I yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada 11:18:00.672 -11:20:09.890 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.4 Pada bagian perioda memiliki nilai maksimum 1 detik; nilai minimum perioda 0,093 detik; rata-rata dari nilai perioda adalah 0,1473 detik dan standard deviasi nilai perioda adalah 0,0759 detik Memiliki range paling rendah 0,093 detik dan paling tinggi 1 detik dan rata-rata perioda tsb 0,1473 detik.

➤ Nilai Frekuensi

Pada Gambar 4.5 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data nilai frekuensi gelombang permukaan air dimana sesi 1 pengukuran 11:18:00.672 - 11:20:09.890 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit



Gambar 4.5 Hasil *screenshot* grafik frekuensi gelombang air sesi – I.

Pada Gambar 4.5 menunjukkan grafik data nilai perioda setiap percobaan yang diuji di sesi-I yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada jam 11:18:00.672 - 11:20:09.890 jam melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada bagian frekuensi memiliki nilai maksimum 10,7526 hz; nilai minimum frekuensi 1,2674 hz dan rata-rata dari nilai frekuensi adalah 7,4211 hz dan standard deviasi frekuensi adalah 1,3537 hz.

➤ **Klasifikasi Gelombang Air**

Diketahui ketinggian air yang ditinjau adalah 2,4 meter dan rata-rata nilai perioda sesi – I adalah 0,1478 cm

$$h = 2,4 \text{ meter}$$

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1,56 \times T^2$$

$$\lambda = 1,56 \times (0,1478)^2$$

$$\lambda = 0,03385$$

$$\frac{h}{\lambda} > 0,5$$

$$\frac{2,4}{0,03385} > 0,5$$

$$70,90 > 0,5$$

Pernyataan berikut benar maka pada sesi pertama adalah termasuk kategori *deep water*

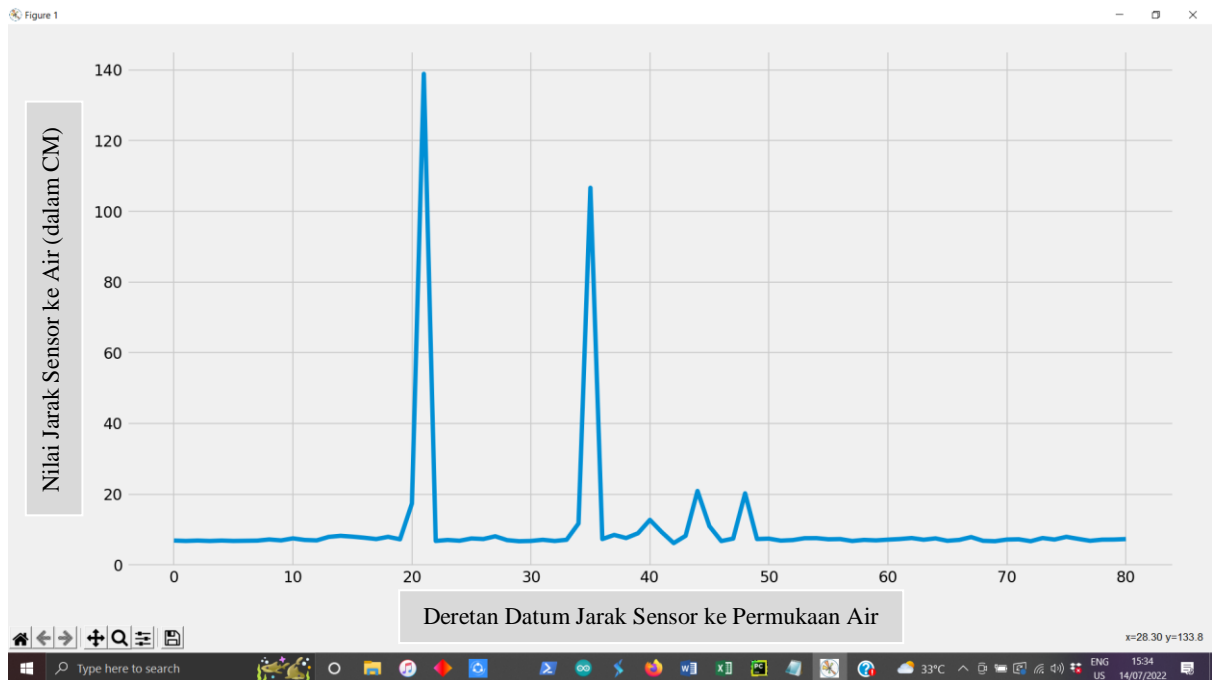
<i>Deep water</i> $\left(h > \frac{1}{2} \lambda\right) = \left(\frac{h}{\lambda} > 0,5\right)$	Shallow water $\left(h < 0,05 \lambda\right) = \left(\frac{h}{\lambda} < 0,05\right)$	Intermediate depth $\left(0,05 < \frac{h}{\lambda} < 0,5\right)$
----------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

4.2.2 Analisis Gelombang Air Sesi – II

Berikut merupakan grafik dari pengukuran Gelombang Air Sungai Kapuas di area yang ditinjau pada sesi – II yaitu:

➤ Nilai Jarak Sensor ke Air

Pada Gambar 4.6 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air dimana sesi - II pengukuran 13:33:16.028 -13:35:23.820 jam melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, 1 titik puncak yang melebihi standard deviasinya dari hasil sesi – II dikarenakan data error yang dari sensor atau *receivernya*.



Gambar 4.6 Hasil *screenshot* grafik jarak sensor ke gelombang air sesi – II.

Pada Gambar 4.6 menunjukkan grafik jarak sensor ke permukaan air percobaan sesi-II yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada 13:33:16.028 - 13:35:23.820 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.6 didapatkan ketinggian maksimum 138,89 cm; ketinggian minimum 6,16 cm; rata-rata ketinggian permukaan ke sensor adalah 10,7831 cm

dan standard deviasi permukaan air adalah 18,288 cm. Pada gambar 4.6 terdapat pengambilan datum ke 21 dan datum ke 35, didapatkan nilai pengukuran air yang tidak wajar dengan ketinggian 138,89 cm dan 106,67 cm yang sangat jauh dari standard deviasi data maka bisa disimpulkan datum-datum tersebut tidak valid dikarenakan *errornya output* sensor ultrasonik terhadap permukaan gelombang air

➤ Nilai Amplitudo

Pada Gambar 4.7 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air dimana sesi II pengukuran 13:33:16.028 - 13:35:23.820 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, dari hasil pertama didapatkan 2 titik puncak extreme yang melebihi standard deviasinya dari hasil sesi – II dikarenakan loss data yang dari sensor atau *receivernya*.



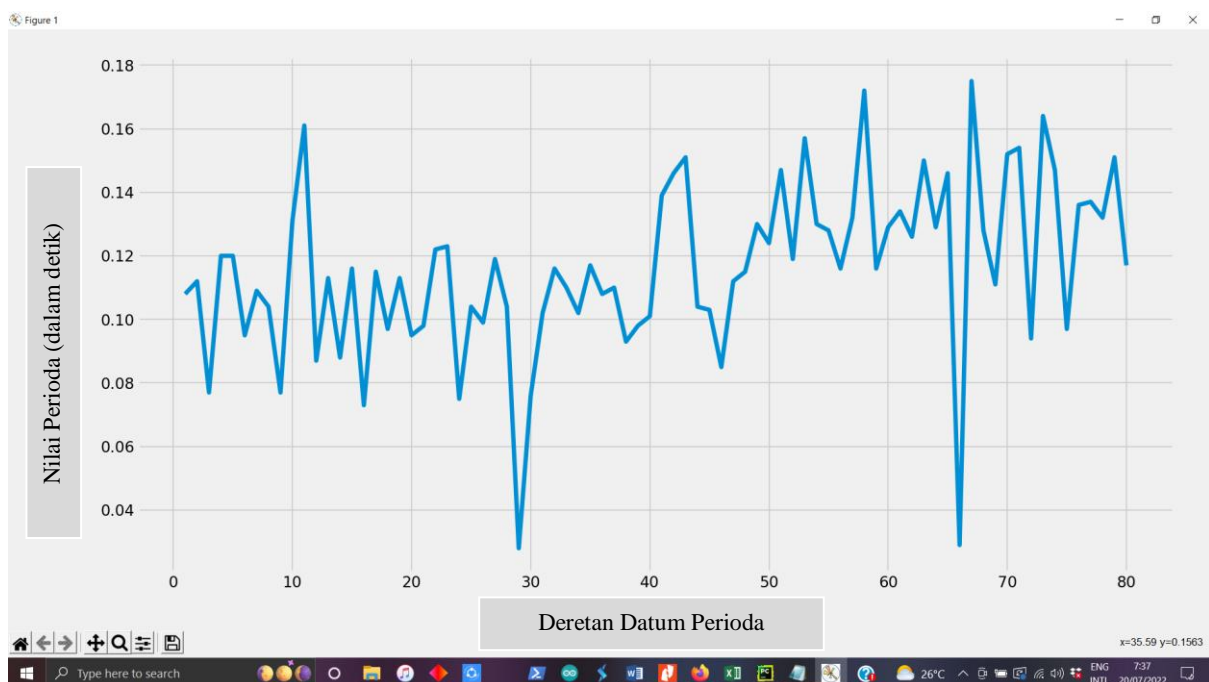
Gambar 4.7 Hasil *screenshot* grafik amplitudo gelombang air sesi – II.

Pada Gambar 4.7 menunjukkan grafik jarak sensor ke permukaan air percobaan sesi-II yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data amplitudo gelombang air pada 13:33:16.028 -

13:35:23.820 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.7 didapatkan ketinggian maksimum amplitudo 121,52 cm; ketinggian minimum amplitudo -132,12 cm; rata-rata amplitudo adalah 7,018 cm dan standard deviasi amplitude adalah 25,4844 cm. Pada Gambar 4.7 terdapat 4 puncak pada pengambilan datum ke 20; 21; 36 dan 37 didapatkan nilai pengukuran air yang tidak wajar dengan ketinggian berturut-turut 121,52cm; -132,12cm; 94,96cm dan -99,37cm. dikarenakan data sensor ke permukaan air pada datum ke 21 yang mempengaruhi datum 20 dan 21, datum ke 35 yang mempengaruhi datum 36 dan 37

➤ Nilai Periode

Pada Gambar 4.8 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data nilai perioda gelombang permukaan air dimana sesi – II pengukuran 13:33:16.028 -13:35:23.820 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, dari hasil pertama didapatkan 2 titik puncak paling extreme yang melebihi standard deviasinya dari hasil sesi – II

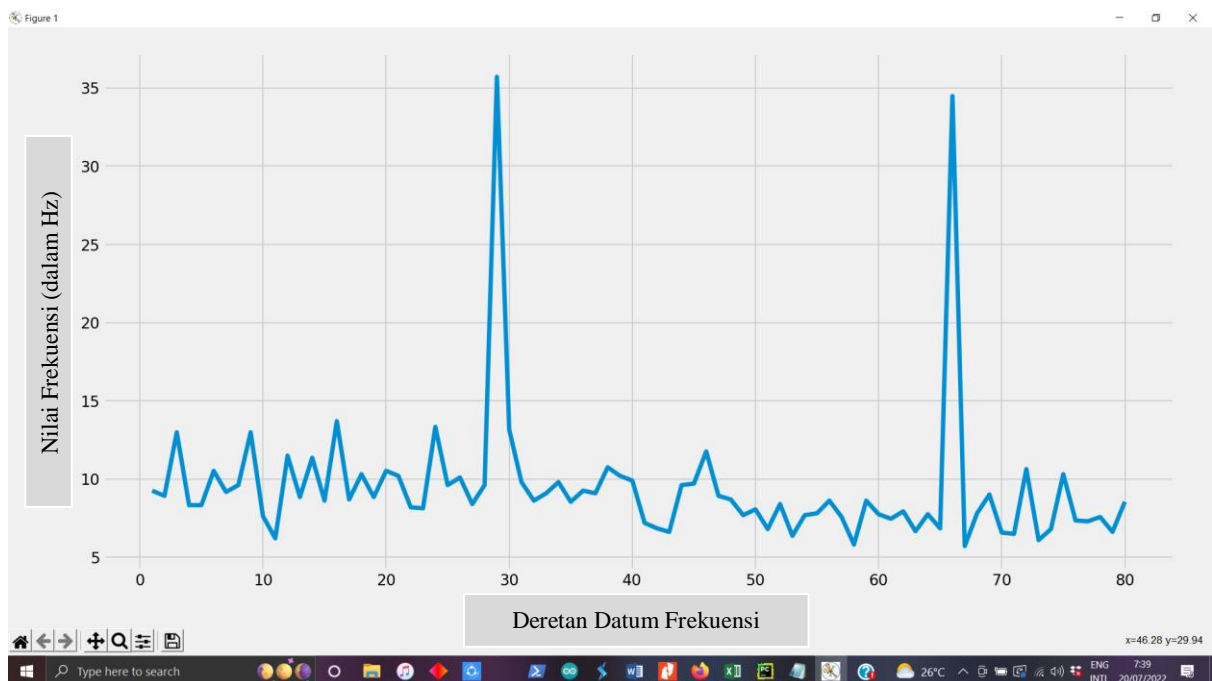


Gambar 4.8 Hasil *screenshot* grafik perioda gelombang air sesi – III.

Pada Gambar 4.8 menunjukkan grafik data nilai perioda setiap percobaan yang diuji di sesi-II yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada jam 13:33:16.028 - 13:35:23.820 jam melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.8 Pada bagian perioda memiliki nilai maksimum 0,175 detik; nilai minimum perioda 0,028 detik; rata-rata dari nilai perioda adalah 0,116 detik dan standard deviasi nilai perioda adalah 0,1549 detik.

➤ Nilai Frekuensi

Pada Gambar 4.9 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data nilai frekuensi gelombang permukaan air dimana sesi - II pengukuran 13:33:16.028 -13:35:23.820 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit



Gambar 4.9 Hasil *screenshot* grafik frekuensi gelombang air sesi – II.

Pada Gambar 4.9 menunjukkan grafik data nilai perioda setiap percobaan yang diuji di sesi-I yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada 13:33:16.028 -

13:35:23.820 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada bagian frekuensi memiliki nilai maksimum 35,7142 hz; nilai minimum frekuensi 5,7142 hz dan rata-rata dari nilai frekuensi adalah 9,456 hz dan standard deviasi frekuensi adalah 2,1634 hz.

➤ **Klasifikasi Gelombang Air**

Diketahui ketinggian air yang ditinjau adalah 2,4 meter dan rata-rata nilai perioda sesi – II adalah 0,116 cm

$$h = 2,4 \text{ meter}$$

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1,56 \times T^2$$

$$\lambda = 1,56 \times (0,116)^2$$

$$\lambda = 0,013456$$

$$\frac{h}{\lambda} > 0,5$$

$$\frac{2,4}{0,013456} > 0,5$$

$$114,34 > 0,5$$

Pernyataan berikut benar maka pada sesi pertama adalah termasuk kategori *deep water*

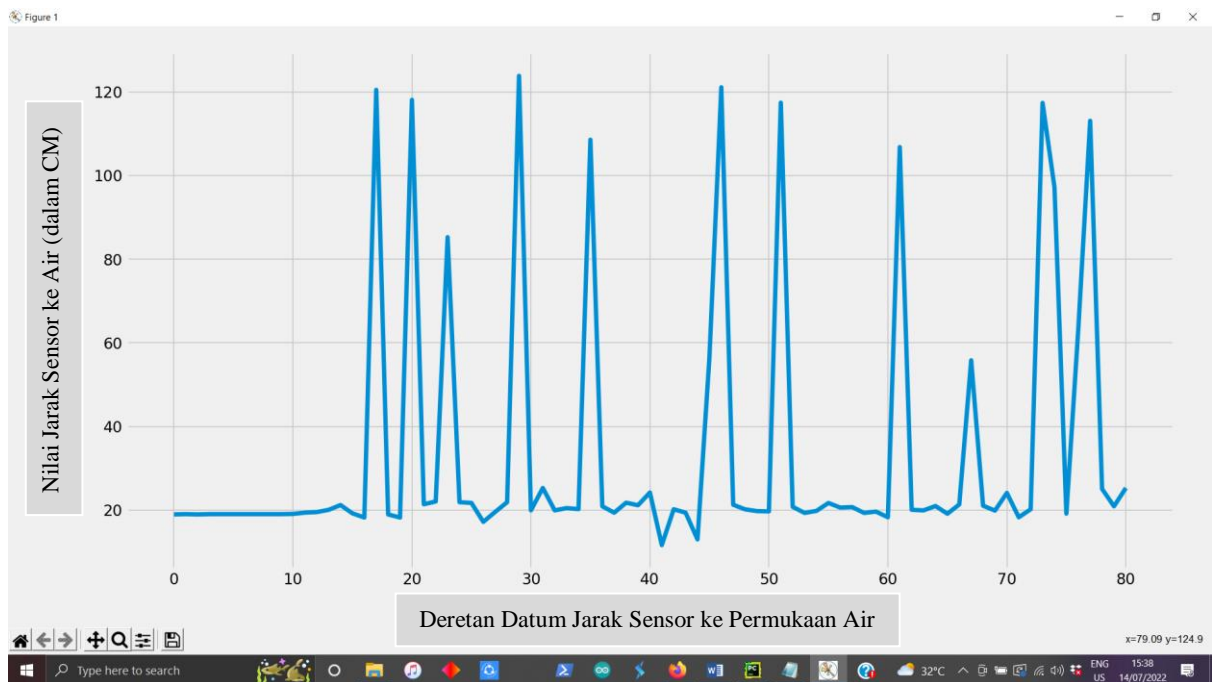
<i>Deep water</i> $(h > \frac{1}{2} \lambda) = (\frac{h}{\lambda} > 0,5)$	Shallow water $(h < 0,05 \lambda) = (\frac{h}{\lambda} < 0,05)$	Intermediate depth $(0,05 < \frac{h}{\lambda} < 0,5)$
------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------

4.2.3 Analisis Gelombang Air Sesi – III

Berikut merupakan grafik dari pengukuran Gelombang Air Sungai Kapuas di area yang ditinjau pada sesi – III yaitu:

➤ Nilai Jarak Sensor ke Air

Pada Gambar 4.19 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air dimana sesi - III pengukuran 18:06:01.931 - 18:08:10.390 jam melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, 1 titik puncak yang melebihi standard deviasinya dari hasil sesi – III dikarenakan data error yang dari sensor atau *receivernya*.



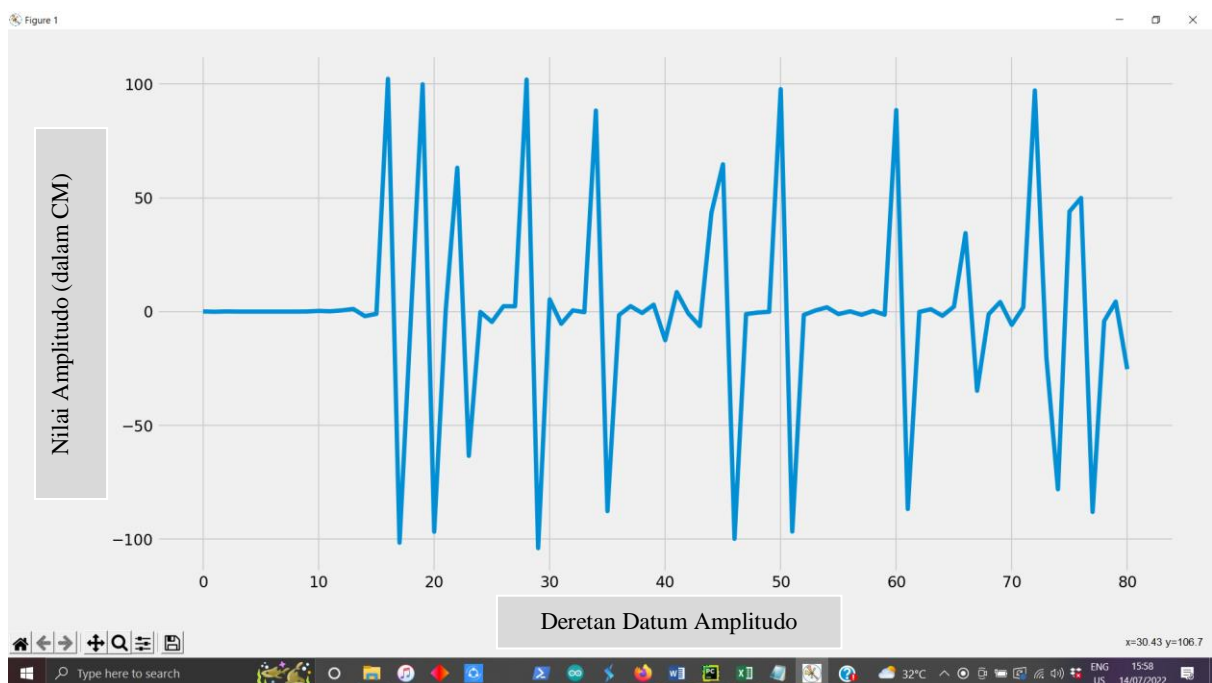
Gambar 4.10 Hasil *screenshot* grafik jarak sensor ke gelombang air sesi – III.

Pada Gambar 4.10 menunjukkan grafik jarak sensor ke permukaan air sesi-III yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada 18:06:01.931 - 18:08:10.390 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.10 didapatkan ketinggian maksimum 123,83 cm; ketinggian minimum 11,63 cm; rata-rata ketinggian permukaan ke sensor adalah 34,1152 cm dan standard deviasi

permukaan air adalah 32,1675 cm. Pada Gambar 4.10 terdapat pengambilan datum ke 17; 20; 29; 35; 46; 51; 73 dan 77 didapatkan nilai pengukuran air yang tidak wajar dengan ketinggian berturut-turut 120,48cm; 118,09cm; 123,83cm; 108,56cm; 121,09cm; 117,41cm; 117,36cm dan 113,08 cm yang sangat jauh dari standard deviasi data maka bisa disimpulkan datum-datum tersebut tidak valid dikarenakan *errornya output* sensor ultrasonik terhadap permukaan gelombang air

➤ Nilai Amplitudo

Pada Gambar 4.11 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air dimana sesi - III pengukuran 18:06:01.931 - 18:08:10.390 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, dari hasil pertama didapatkan 2 titik puncak extreme yang melebihi standard deviasinya dari hasil sesi – III dikarenakan loss data yang dari sensor atau *receivernya*.



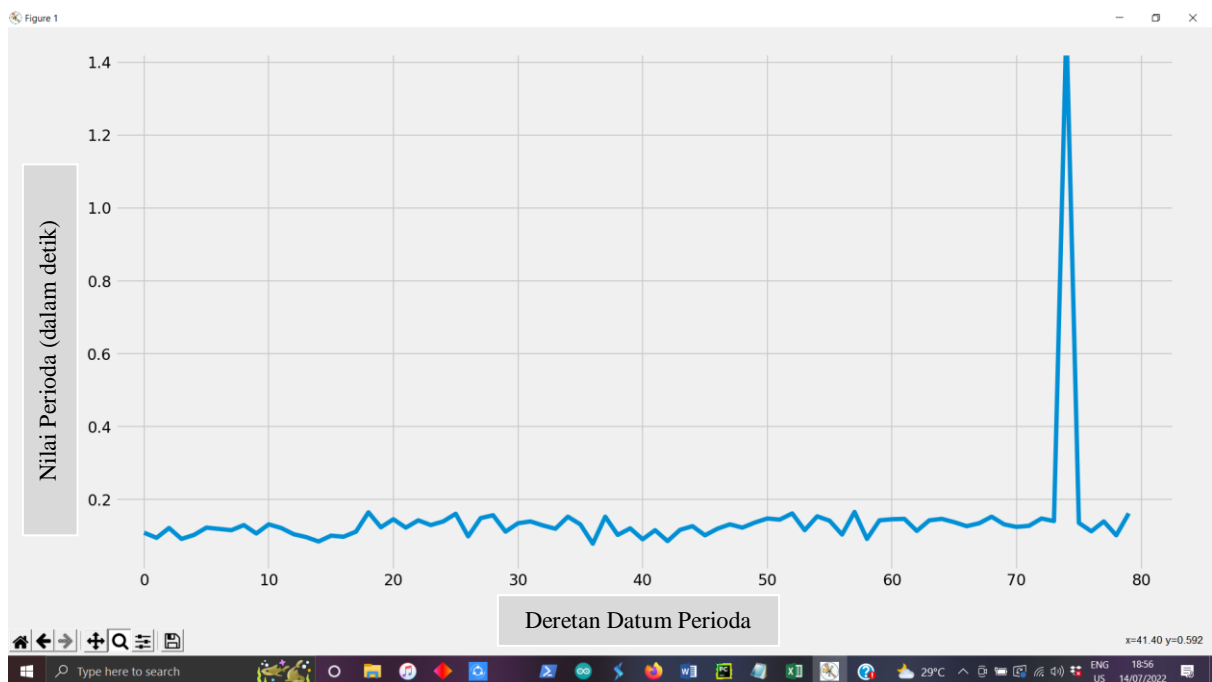
Gambar 4.11 Hasil *screenshot* grafik amplitudo gelombang air sesi – III.

Pada Gambar 4.11 menunjukkan grafik jarak sensor ke permukaan air percobaan sesi-III yang menggunakan software python, dimana software python

mengvisualisasikan grafik data amplitudo gelombang air pada 18:06:01.931 - 18:08:10.390 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.11 didapatkan ketinggian maksimum amplitudo 102,26 cm; ketinggian minimum amplitudo -103,9 cm; rata-rata amplitudo adalah 25,73 cm dan standard deviasi amplitudo adalah 45,6469 cm. Pada Gambar 4.20 terdapat 4 puncak pada pengambilan datum ke 16; 17; 19; 20; 22; 23; 28; 29; 34; 35; 45; 46; 50; 51; 60; 61; 72; 74; 76 dan 77 didapatkan nilai pengukuran air yang tidak wajar dengan ketinggian berturut-turut 102,26cm; -101,52cm; 99,87cm; -96,69cm; 63,2cm; -63,37cm; 101,94cm; -103,9cm; 88,33cm; -87,65cm; 64,72cm; -99,81cm; 97,72cm; -96,62cm; 88,52cm; -86,73cm; 97,16cm; -78,05cm; 49,92cm; -88,017cm.

➤ Nilai Periode

Pada Gambar 4.12 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data nilai periode gelombang permukaan air dimana sesi – III pengukuran 18:06:01.931 - 18:08:10.390 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, dari hasil pertama didapatkan 2 titik puncak paling extreme yang melebihi standard deviasinya dari hasil sesi – III

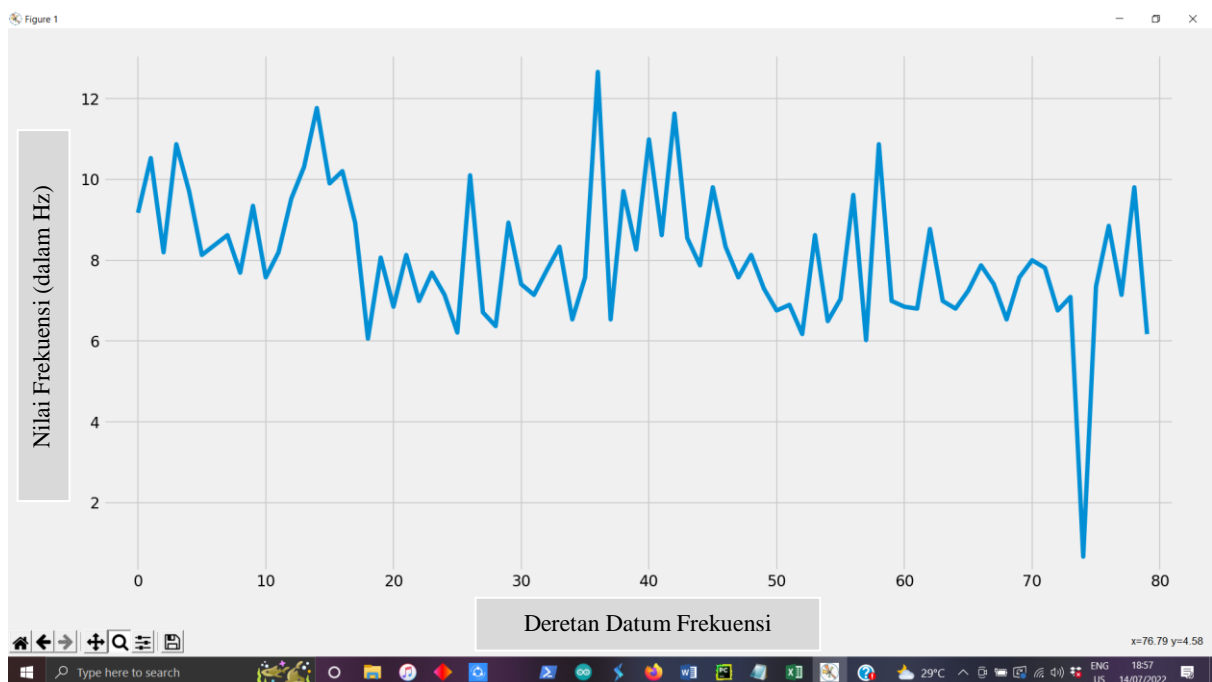


Gambar 4.12 Hasil *screenshot* grafik perioda gelombang air sesi – III.

Pada Gambar 4.12 menunjukkan grafik data nilai perioda setiap percobaan yang diuji di sesi-III yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada jam 18:06:01.931 - 18:08:10.390 jam melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.12 Pada bagian perioda memiliki nilai maksimum 1,5 detik; nilai minimum perioda 0,079 detik; rata-rata dari nilai perioda adalah 0,1434 detik dan standard deviasi nilai perioda adalah 0,1549 detik. Pada sesi-II bagian periodanya bisa disimpulkan gelombang data secara cepat rata rata karena dibawah dan aman dikarenakan

➤ Nilai Frekuensi

Pada Gambar 4.13 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data nilai frekuensi gelombang permukaan air dimana sesi - III pengukuran 18:06:01.931 - 18:08:10.390 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit



Gambar 4.13 Hasil *screenshot* grafik frekuensi gelombang air sesi – III.

Pada Gambar 4.13 menunjukkan grafik data nilai perioda setiap percobaan yang diuji di sesi-III yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada jam 18:06:01.931 - 18:08:10.390 jam melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada bagian frekuensi memiliki nilai maksimum 12,6582 hz; nilai minimum frekuensi 0,6666 hz dan rata-rata dari nilai frekuensi adalah 8,0705 hz dan standard deviasi frekuensi adalah 1,7008 hz.

➤ **Klasifikasi Gelombang Air**

Diketahui ketinggian air yang ditinjau adalah 2,4 meter dan rata-rata nilai perioda sesi – III adalah 0,1427 cm

$$h = 2,4 \text{ meter}$$

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1,56 \times T^2$$

$$\lambda = 1,56 \times (0,1427)^2$$

$$\lambda = 0,0493$$

$$\frac{h}{\lambda} > 0,5$$

$$\frac{2,4}{0,0493} > 0,5$$

$$48,68 > 0,5$$

Pernyataan berikut benar maka pada sesi pertama adalah termasuk kategori *deep water*

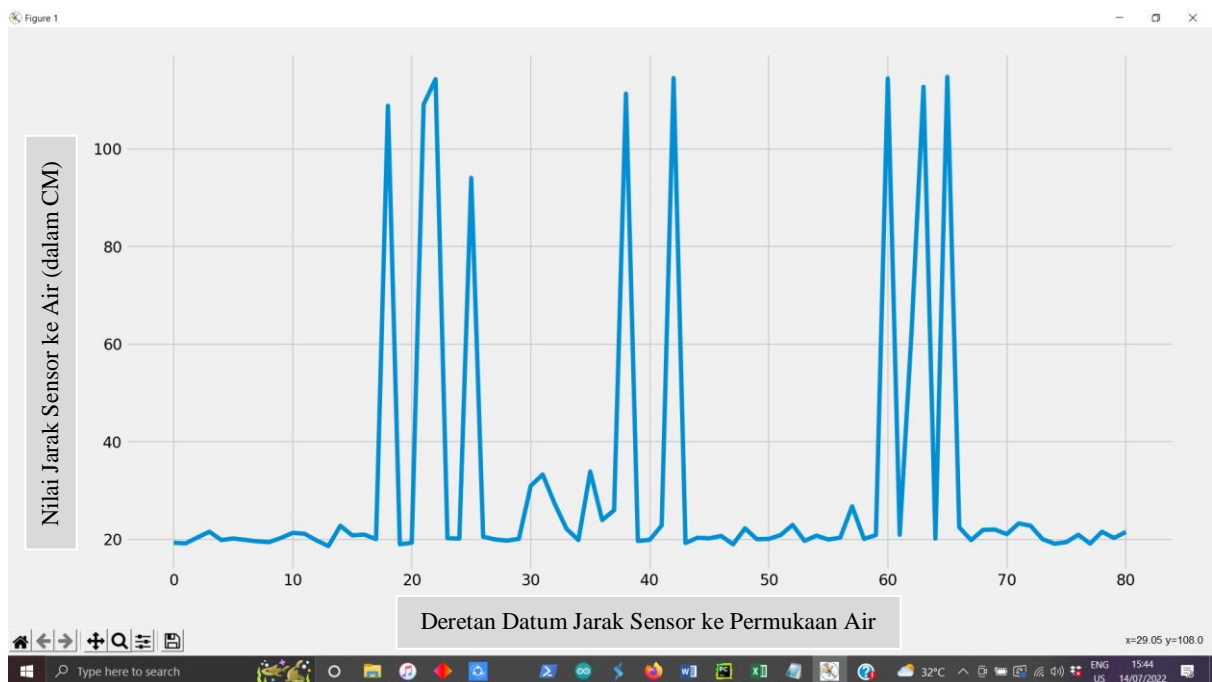
<i>Deep water</i> $(h > \frac{1}{2} \lambda) = (\frac{h}{\lambda} > 0,5)$	<i>Shallow water</i> $(h < 0,05 \lambda) = (\frac{h}{\lambda} < 0,05)$	<i>Intermediate depth</i> $(0,05 < \frac{h}{\lambda} < 0,5)$
------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

4.2.4 Analisis Gelombang Air Sesi – IV

Berikut merupakan grafik dari pengukuran Gelombang Air Sungai Kapuas di area yang ditinjau pada sesi – IV yaitu:

➤ **Nilai Jarak Sensor ke Air**

Pada Gambar 4.14 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air dimana sesi - IV pengukuran 20:46:38.197 - 20:48:46.642 jam melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, 8 titik puncak yang melebihi standard deviasinya dari hasil sesi – IV dikarenakan data error yang dari sensor atau *receivernya*.



Gambar 4.14 Hasil *screenshot* grafik jarak sensor ke gelombang air sesi – IV.

Pada Gambar 4.14 menunjukkan grafik jarak sensor ke permukaan air percobaan sesi-IV yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada 20:46:38.197 - 20:48:46.642 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.14 didapatkan ketinggian maksimum 114,76 cm; ketinggian minimum 18,64 cm; rata-rata ketinggian permukaan ke sensor adalah

31,915 cm dan standard deviasi permukaan air adalah 28,5453 cm. Pada gambar 4.23 terdapat pengambilan datum ke 18; 21; 22; 25; 38; 42; 60; 65 didapatkan nilai pengukuran air yang tidak wajar dengan ketinggian berturut-turut 108,84cm; 109,12cm; 114,27cm; 94,07cm; 111,32cm; 114,51cm; 114,44cm dan 114,76cm yang sangat jauh dari standard deviasi data maka bisa disimpulkan datum-datum tersebut tidak valid dikarenakan errornya *output* sensor ultrasonik terhadap permukaan gelombang air.

➤ Nilai Amplitudo

Pada Gambar 4.15 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air dimana sesi IV pengukuran 20:46:38.197 - 20:48:46.642 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, dari hasil pertama didapatkan 2 titik puncak extreme yang melebihi standard deviasinya dari hasil sesi – IV dikarenakan loss data yang dari sensor atau *receivernya*.



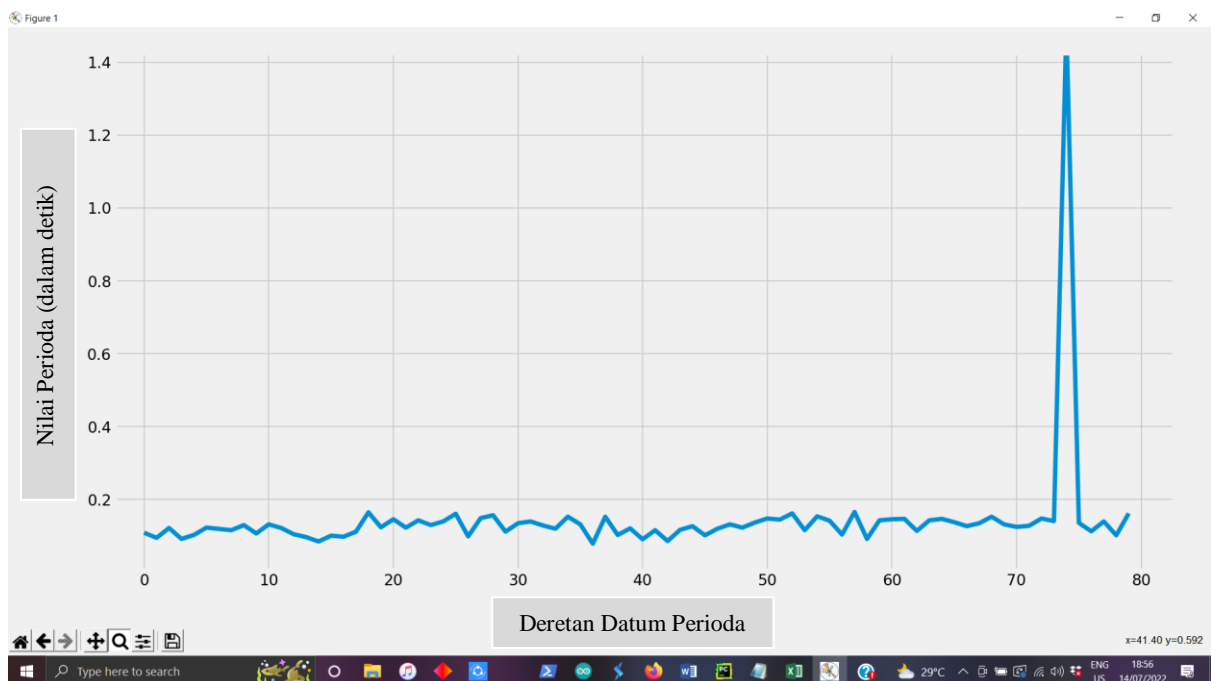
Gambar 4.15 Hasil *screenshot* grafik amplitudo gelombang air sesi – IV.

Pada Gambar 4.15 menunjukkan grafik jarak sensor ke permukaan air percobaan sesi-IV yang menggunakan software python, dimana software python

mengvisualisasikan grafik data amplitudo gelombang air pada 20:46:38.197 - 20:48:46.642 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.15 didapatkan ketinggian maksimum amplitudo 94,58 cm; ketinggian minimum amplitudo -95,24 cm; rata-rata amplitudo adalah 19,3682 cm dan standard deviasi amplitude adalah 39,5814 cm. Pada Gambar 4.15 terdapat 15 puncak pada pengambilan datum ke 17; 18; 20; 22; 24; 25; 37; 38; 41; 42; 59; 60; 61; 62; 63 dan nilai pengukuran air yang tidak wajar dengan ketinggian berturut-turut 88,78cm; -89,81cm; 89,8cm; -94,02cm; 73,89cm; -73,52cm; 85,33cm; -91,63cm; 91,64cm; -95,24cm; 93,53cm; -93,48cm; 41,85cm ;49,9cm ; -92,53cm dan 94,58cm.

➤ Nilai Periode

Pada Gambar 4.16 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data nilai periode gelombang permukaan air dimana sesi – IV pengukuran 20:46:38.197 - 20:48:46.642 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit, dari hasil pertama didapatkan 1 titik puncak paling extreme yang melebihi standard deviasinya dari hasil sesi – IV

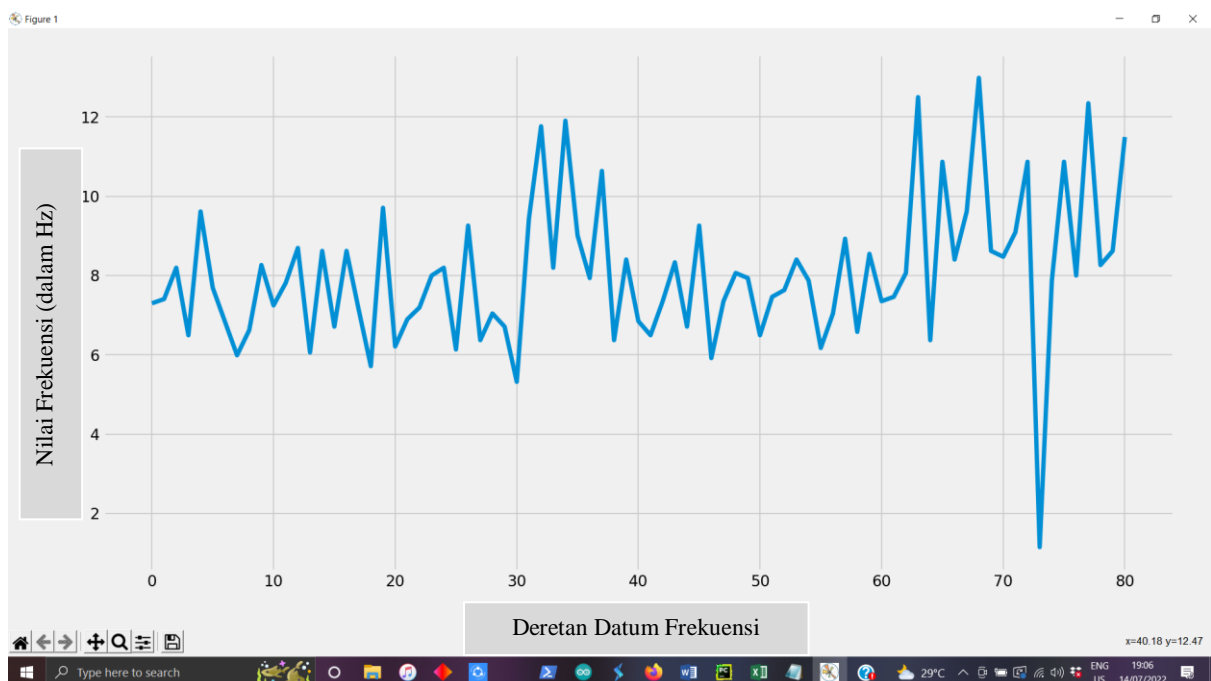


Gambar 4.16 Hasil *screenshot* grafik periode gelombang air sesi – IV.

Pada Gambar 4.16 menunjukkan grafik data nilai perioda setiap percobaan yang diuji di sesi-IV yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada 20:46:38.197 - 20:48:46.642 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit. Pada Gambar 4.16 Pada bagian perioda memiliki nilai maksimum 0,87 detik; nilai minimum perioda 0,077 detik; rata-rata dari nilai perioda adalah 0,1370 detik dan standard deviasi nilai perioda adalah 0,0858 detik.

➤ **Nilai Frekuensi**

Pada Gambar 4.17 menunjukkan data dari Tabel yang sesuai menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data nilai frekuensi gelombang permukaan air dimana sesi - IV pengukuran 20:46:38.197 - 20:48:46.642 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu 2 menit



Gambar 4.17 Hasil *screenshot* grafik frekuensi gelombang air sesi – IV.

Pada Gambar 4.17 menunjukkan grafik data nilai perioda setiap percobaan yang diuji di sesi-IV yang menggunakan software python, dimana software python mengvisualisasikan grafik data permukaan gelombang air pada 20:46:38.197 - 20:48:46.642 melakukan pengambilan data sebanyak 80 kali dengan selang waktu

2 menit. Pada bagian frekuensi memiliki nilai maksimum 12,987 hz; nilai minimum frekuensi 1,1494 hz dan rata-rata dari nilai frekuensi adalah 8,0451 hz dan standard deviasi frekuensi adalah 1,8421 hz.

➤ **Klasifikasi Gelombang Air**

Diketahui ketinggian air yang ditinjau adalah 2,4 meter dan rata-rata nilai perioda sesi – IV adalah 0,1370 cm

$$h = 2,4 \text{ meter}$$

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1,56 \times T^2$$

$$\lambda = 1,56 \times (0,1370)^2$$

$$\lambda = 0,0292$$

$$\frac{h}{\lambda} > 0,5$$

$$\frac{2,4}{0,0292} > 0,5$$

$$82,19 > 0,5$$

Pernyataan berikut benar maka pada sesi pertama adalah termasuk kategori *deep water*

<i>Deep water</i> $\left(h > \frac{1}{2} \lambda\right) = \left(\frac{h}{\lambda} > 0,5\right)$	Shallow water $\left(h < 0,05 \lambda\right) = \left(\frac{h}{\lambda} < 0,05\right)$	Intermediate depth $\left(0,05 < \frac{h}{\lambda} < 0,5\right)$
----------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengukuran permukaan gelombang air menggunakan modul transceiver LORA™ SX1278 dengan modulasi frequency shift keying (FSK), maka disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada pengukuran permukaan gelombang air sesi – I didapatkan hasil ketinggian air dengan nilai rata-rata sebesar 15,1513 cm, standard deviasi sebesar 9,59 cm. Nilai amplitude rata-rata sebesar 3,511 cm, standard deviasi sebesar 13,6142 cm. nilai perioda dengan rata-rata sebesar 0,1473 detik, standard deviasi sebesar 0,0759 detik. Nilai frekuensi sebesar 7,4211 hz, standard deviasi sebesar 1,3537 hz. Nilai kategori gelombang air 70,90. Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa gelombang air sesi – I merupakan gelombang air yang berfrekuensi rendah yang termasuk dalam kategori *deep water*.

2. Pada pengukuran permukaan gelombang air sesi – II didapatkan hasil ketinggian air dengan nilai rata-rata sebesar 10,7831 cm, standard deviasi sebesar 18,288 cm. Nilai amplitude rata-rata sebesar 7,018 cm, standard deviasi sebesar 25,4844cm. nilai perioda dengan rata-rata sebesar 0,116 detik, standard deviasi sebesar 0,1549 detik. Nilai frekuensi sebesar 9,456 hz, standard deviasi sebesar 2,1634 hz. Nilai kategori gelombang air 114,34. Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa gelombang air sesi – II merupakan gelombang air yang berfrekuensi rendah yang termasuk dalam kategori *deep water*.

3. Pada pengukuran permukaan gelombang air sesi – III didapatkan hasil ketinggian air dengan nilai rata-rata sebesar 34,1152 cm, standard deviasi sebesar 32,1675 cm. Nilai amplitude rata-rata sebesar 25,73 cm, standard deviasi sebesar 45,6469 cm. nilai perioda dengan rata-rata sebesar 0,1434 detik, standard deviasi sebesar 0,1549 detik. Nilai frekuensi sebesar 8,0705 hz, standard deviasi sebesar 1,7008 hz. Nilai kategori gelombang air 48,68. Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa gelombang air sesi – III merupakan gelombang air yang berfrekuensi rendah yang termasuk dalam kategori *deep water*.

4. Pada pengukuran permukaan gelombang air sesi – I didapatkan hasil ketinggian air dengan nilai rata-rata sebesar 31,915 cm, standard deviasi sebesar 28,5453 cm. Nilai amplitude rata-rata sebesar 19,36 cm, standard deviasi sebesar 39,5814 cm. nilai perioda dengan rata-rata sebesar 0,1370 detik, standard deviasi sebesar 0,0858 detik. Nilai frekuensi sebesar 8,0451 hz, standard deviasi sebesar 1,8421 hz. Nilai kategori gelombang air 82,19. Berdasarkan hasil pengukuran menunjukkan bahwa gelombang air sesi – I merupakan gelombang air yang berfrekuensi rendah yang termasuk dalam kategori *deep water*.

5.2 Saran

Berdasarkan uraian pada bab-bab sebelumnya, maka penulis dapat memberikan beberapa saran dalam pengembangan dan perbaikan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pada penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pengukuran yang lebih spesifik dengan sensor *pendulum* agar mendapatkan hasil dari ketinggian air dan amplitudo yang lebih akurat.
2. Diharapkan pengguna LoRa bisa memperhatikan tempat yang minimnya noise agar tidak ada *loss data*, penggunaan LoRa paling optimal adalah tempat yang terisolasi dengan adanya sinyal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aduino Industrial. Arduino Uno Datasheet. [online]. Tersedia: <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf> [25 november 2020]
2. K.A.Bakshi A.V.Bakshi U.A.Bakshi, Electronic Measurements, Technical Publications, 2008 ISBN 8184313918.
3. PAUL, DORSEY (8 May 2018). "WATERSHED SENSOR NETWORK NON-LINE-OF-SIGHT DATA TELEMETRY SYSTEM". ohiolink.edu. Archived from the original on 4 March 2016. Retrieved 8 May 2018.
4. Rory PQ (May 8, 2019). "What Is Modulation and How Does It Improve Your Music" Icon Collective. Retrieved August 23, 2020.
5. Kennedy, G.; Davis, B. (1992). Electronic Communication Systems (4th ed.). McGraw-Hill International. ISBN 978-0-07-112672-4., p 509
6. FSK: Signals and Demodulation (B. Watson) http://www.xn--stencpa.se/share/text/tektxt/digital-modulation/FSK_signals_demod.pdf Archived 2012-09-07 at the Wayback Machine
7. Ada Fruits Industries. Official Datasheet LORA™ SX1278 [online]. Tersedia:https://cdn-shop.adafruit.com/product-files/3179/sx1276_77_78_79.pdf [23 november 2020]
8. Tricker, Ronald A.R. Water Waves [online]. Tersedia: <https://www.britannica.com/science/wave-water> [24 november 2020]
9. Hendriandi, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING TINGGI GELOMBANG LAUT DAN KECEPATAN GELOMBANG LAUT UNTUK SISTEM KEPELABUHANAN," 2016.
10. Hamdani, Dedy et. all. 2018. Rancang Bangun Sistem Telemetri Pengukuran Ketinggian Gelombang Pasang Surut Air Laut secara Realtime Menggunakan Arduino Uno. Bengkulu: Jurnal Kumparan Fisika (ISSN: 2655-1403)
11. Sihite, Arta Mariana. et. all. 2019. Sistem Monitoring Ketinggian Gelombang Air Laut Pada Pelabuhan Berbasis Web. Bandung: Jurnal Universitas Telkom (ISSN : 2442-5826)



Gambar 1. Tempat Pengambilan Data pada siang hari



Gambar 2. Tempat Pengambilan Data pada malam hari



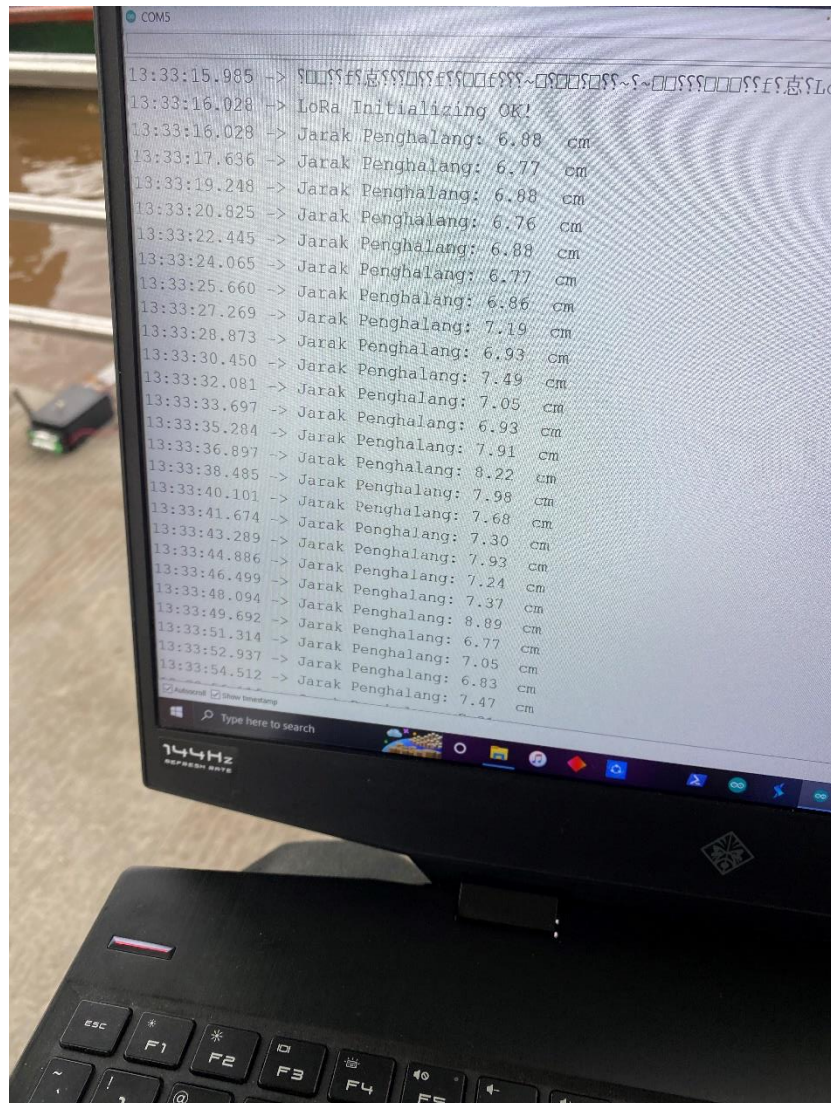
Gambar 3. Rancang Bangun Bagian *Transceiver*



Gambar 4. Rancang Bangun Bagian *Receiver*



Gambar 5. Jarak Percobaan *Receiver* dan *Transceiver*



Gambar 6. Pengambilan Data di Area Percobaan

LAMPIRAN

Program pada Arduino IDE (Transciever)

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>

#define trigPin 4
#define echoPin 3

float T=30.2;
int Penghalang=30;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial);

  Serial.println("LoRa Sender");

  if(!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println ("Starting LoRa failed:");
    while (1) ;
  }
  LoRa.setSyncWord(0xF9);
  Serial.println("LoRa Initializing OK!");

  pinMode (trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
}

void loop () {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds (2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds (10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  const unsigned long waktu = pulseIn(echoPin, HIGH);
  float x = 0.00005*waktu*(331+0.6*T);

  Serial.print("Jarak Penghalang: ");
  Serial.print(x);
  Serial.println(" cm");
  delay(100);
  LoRa.beginPacket ();
  LoRa.print(x);
  LoRa.endPacket ();
  delay(1500);
}
```

LAMPIRAN

Program pada Arduino IDE (Reciever)

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 32 // OLED display height, in pixels

// Declaration for an SSD1306 display connected to I2C (SDA, SCL pins)
#define OLED_RESET      -1 // Reset pin # (or -1 if sharing Arduino reset pin)
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) { // Address 0x3D for 128x64
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for (;;)
      ;
  }
  display.clearDisplay();

  while(!Serial);
  Serial.println("LoRa Receiver");
  if (!LoRa.begin(433E6)) {
    Serial.println("Starting LoRa failed!");
    while (1);
  }
  LoRa.setSyncWord(0xF9);
  Serial.println("LoRa Initializing OK!");
}

void loop() {
  String LoRaData;
  int packetSize = LoRa.parsePacket();
  if (packetSize){
    Serial.print("Paket telah diterima!");
    if (!LoRa.available()){
      display.setTextSize(1);
      display.setTextColor(WHITE);
      display.setCursor(0, 30);
      display.println("TIDAK TERKONEKSI");
    }
    while (LoRa.available()){
      LoRaData = LoRa.readString();
      Serial.print((char)LoRa.read());
    }
  }
}
```



```

Serial.println("Jarak Objek");
Serial.println(LoRaData);
Serial.println("cm");
Serial.print("RSSI :");
Serial.println(LoRa.packetRssi());
Serial.print("SNR :");
Serial.println(LoRa.packetSnr());

display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 0);
display.println("LORA RECEIVER");
display.setCursor(0,8);
display.println("Jarak :" + LoRaData + "cm");
display.setCursor(0,16);
display.print("RSSI:");
display.println(LoRa.packetRssi());
display.setCursor(0,24);
display.print("SNR:");
display.println(LoRa.packetSnr());
display.display();
display.clearDisplay();
}
}
}

```

LAMPIRAN

Program Tampilan Grafik pada PyCharm

```

import matplotlib.pyplot as plt

plt.style.use('fivethirtyeight')

x_vals =
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27,
28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 5
2, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76
, 77, 78, 79, 80]
y_vals =
[9.259259259, 8.928571429, 12.98701299, 8.333333333, 8.333333333, 10.52631579,
9.174311927, 9.615384615, 12.98701299, 7.633587786, 6.211180124, 11.49425287, 8
.849557522, 11.36363636, 8.620689655, 13.69863014, 8.695652174, 10.30927835, 8.
849557522, 10.52631579, 10.20408163, 8.196721311, 8.130081301, 13.33333333, 9.6
15384615, 10.1010101, 8.403361345, 9.615384615, 35.71428571, 13.15789474, 9.803
921569, 8.620689655, 9.090909091, 9.803921569, 8.547008547, 9.259259259, 9.0909
09091, 10.75268817, 10.20408163, 9.900990099, 7.194244604, 6.849315068, 6.62251
6556, 9.615384615, 9.708737864, 11.76470588, 8.928571429, 8.695652174, 7.692307
692, 8.064516129, 6.802721088, 8.403361345, 6.369426752, 7.692307692, 7.8125, 8.
620689655, 7.575757576, 5.813953488, 8.620689655, 7.751937984, 7.462686567, 7.9

```

```
36507937, 6.666666667, 7.751937984, 6.849315068, 34.48275862, 5.714285714, 7.81  
25, 9.009009009, 6.578947368, 6.493506494, 10.63829787, 6.097560976, 6.80272108  
8, 10.30927835, 7.352941176, 7.299270073, 7.575757576, 6.622516556, 8.547008547  
]  
  
plt.plot(x_vals, y_vals)  
  
plt.tight_layout()  
plt.show()
```

**ANALISIS PERMUKAAN GELOMBANG AIR
MENGUNAKAN MODUL TRANSCEIVER LORA™ SX1278
DENGAN MODULASI FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)**

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Skripsi Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Dalam Bidang Teknik Elektro

Oleh:

MUHAMMAD WIBOWO
NIM D1021151089



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2022**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124

Telp. (0561) 740186

Faximile (0561) 740186

Email: ft@untan.ac.id

Website: http://teknik.untan.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan Skripsi yang berjudul **“ANALISIS PERMUKAAN GELOMBANG AIR MENGGUNAKAN MODUL TRANSCEIVER LORA™ SX1278 DENGAN MODULASI FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)”** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

Nama : MUHAMMAD WIBOWO
NIM : D1021151089
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Teknik Kendali

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, 28 Juli 2020

Pembimbing Utama,

Hendro Priyatman, S.T., M.T.
NIP. 19680601 199503 1 003

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Bomo Wibowo Sanjaya, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197404011 199903 1 003



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124

Telp. (0561) 740186

Faximile (0561) 740186

Email: ft@untan.ac.id

Website: http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Wibowo

NIM : D1021151089

Jurusan : Teknik Elektro

Menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul **“ANALISIS PERMUKAAN GELOMBANG AIR MENGGUNAKAN MODUL TRANSCEIVER LORA™ SX1278 DENGAN MODULASI FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)”** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 28 juli 2022

Muhammad Wibowo
NIM D1021151089



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124

Telepon (0561) 740186 Email: ft@untan.ac.id : Website: http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERMUKAAN GELOMBANG AIR MENGGUNAKAN
MODUL TRANSCEIVER LORA™ SX1278 DENGAN MODULASI
FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh:

MUHAMMAD WIBOWO
NIM D1021151089

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 28 Juli 2022
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana.

Susunan Penguji Skripsi

Ketua,

Hendro Priyatman, S.T., M.T.
NIP. 19680601 199503 1 003

Penguji Utama,

Drs. Ade Elbani, M.T., IPM.
NIP. 19630522 199502 1 001

Sekretaris,

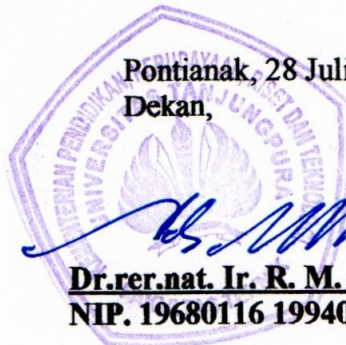
Dr. Ir. Bomo Wibowo Sanjaya, S.T., M.T., IPM
NIP. 19740401 199903 1 003

Penguji Pendamping,

Dr. Dedy Suryadi, S.T., M.T.
NIP. 19681203 199512 1 001

Pontianak, 28 Juli 2022

Dekan,



Dr. rer.nat. Ir. R. M. Rustamaji, M.T., IPU
NIP. 19680116 199403 1 003

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulisan Tugas Akhir dengan judul **“ANALISIS PERMUKAAN GELOMBANG AIR MENGGUNAKAN MODUL TRANSCEIVER LORA™ SX1278 DENGAN MODULASI FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)”** ini terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Tugas Akhir ini ditulis guna memenuhi salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada kedua orangtuaku, Ayah dan Ibu tercinta yang selalu memberi dukungan, nasehat, kasih sayang, motivasi, bantuan serta do'a sehingga terselesainya Tugas Akhir ini.

Dengan terbatasnya pengetahuan serta kemampuan yang dimiliki oleh penulis, maka tersusunnya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, petunjuk serta saran dari berbagai pihak baik moril maupun materil, secara langsung maupun tidak langsung. Untuk semua itu, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr.rer.nat. Ir. R. M. Rustamaji, M.T., IPU. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
2. Bapak Prof. Dr.-Ing. Seno D. Panjaitan, ST, MT., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
3. Bapak Elang Derdian M., ST, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
4. Bapak Drs. Ade Elbani, M.T., IPM selaku Dosen Penguji Utama yang telah menyumbangkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini yang telah banyak membantu penulis Tugas Akhir ini.
5. Bapak Hendro Priyatman, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulisan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Dr. Ir. Bomo Wibowo Sanjaya, S.T, M.T., IPM selaku Dosen Pembimbing Pembantu yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan selama penulisan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Dr. Dedy Suryadi, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Pembantu yang telah menyumbangkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
8. Para Dosen beserta Staff Akademik, Jurusan, Umum, Perlengkapan, Kemahasiswaan, dan Alumni yang telah membantu penulis selama menempuh pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
9. Seluruh teman-teman mahasiswa Elektro angkatan 2015 yang sudah menjadi teman seperjuangan dalam perkuliahan ini sejak awal, serta senior yang telah membantu dan memberikan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Kebenaran yang ada dalam tulisan ini, hanya karena petunjuk dan hidayah dari Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, sedangkan kesalahan dan kekurangan dalam tulisan ini disebabkan kekhilafan dan keterbatasan kemampuan penulis selaku makhluk ciptaan-Nya. Untuk itu penulis masih mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan pada masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dalam menambah wawasan serta pengetahuan khususnya dibidang Teknik Elektro, konsentrasi Teknik Telekomunikasi.

Wassalamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh.

Pontianak, 28 Juli 2022

Penulis

Muhammad Wibowo

NIM. D1021151089

ABSTRAK

Laut memiliki peran penting bagi kehidupan manusia, sebagai media jalan raya, sebagai sarana perdagangan, sebagai tempat rekreasi dan sebagai alat pemisah atau mempersatu bangsa. Dengan perkembangan jaman, fungsi laut meningkat dikarenakan adanya supply dan demand. Akan tetapi kendala di dalam laut susah diprediksi karena karakteristik laut yang dinamis, abstrak dan terbatasnya referensi teknologi laut yang membahas tentang gelombang air. Dalam monitoring gelombang air Dengan adanya modul LoRa (Long Range) bisa memonitoring permukaan gelombang air pada tempat yang diinginkan, berkegunaan dalam pemantauan permukaan air; monitoring pembacaan karakteristik laut yang ditinjau. Dengan adanya modul LoRa (Long Range) bisa memonitoring permukaan gelombang air dilakukan analisis permukaan gelombang air menggunakan modul transceiver LoRa™ SX1278 dengan modulasi frequency shift keying (FSK). Hasil penelitian dari rancang bangun analisis gelombang air dengan mengukur ketinggian air (kenaikan permukaan air dalam kondisi awal) dan *time event* data. Hasil dari data ketinggian air dan *time event* diolah dengan *software excel* untuk mendapatkan data amplitudo, frekuensi dan periode pada setiap sesi. Pada setiap sesi dari data grafik, digunakan *software PyCharm* untuk menampilkan grafik data tunggal sehingga bisa memberikan gambaran perilaku setiap datum yang berbanding dengan *time event*nya. Periode dan kedalaman area percobaan menjadikan variabel untuk menentukan jenis gelombang yang akan dijadikan sebagai klasifikasi jenis gelombang air. Data dari empat sesi pada tanggal 13 juli 2022 didapatkan nilai rata-rata jarak sensor ke air 22,99 cm; nilai amplitudo 13,9 cm; nilai periode 0,13 detik; nilai frekuensi 8,24 hz dan nilai kategori gelombang air adalah 79,02, yang memiliki kategori *deep waves* dikarenakan setiap sesi gelombang memenuhi kriteria *deep water* dengan rumus hasil kedalaman gelombang dibagi panjang gelombang lebih dari 0,5.

Kata Kunci: LoRa, Transceiver, Frequency shift keying, Deep water

ABSTRACT

Sea has an important role for human life, as a medium for highways, as a means of trade, as a place of recreation and as a means of separating or unifying nations. With the development of the times, sea function increases due to supply and demand. However, the obstacles in the sea are difficult to predict because of the dynamic, abstract characteristics of the sea and the limited references to marine technology that discuss water waves. In monitoring water waves With the LoRa (Long Range) module, it can monitor the surface of water waves at the desired place, useful in monitoring water levels; monitoring the readings of the reviewed marine characteristics. With the LoRa (Long Range) module, it is possible to monitor the surface of the water wave. An analysis of the surface of the water wave is carried out using the LoRa™ SX1278 transceiver module with frequency shift keying (FSK) modulation. The results of the research from the design of water wave analysis by measuring the water level (water level rise in initial conditions) and time event data. The results of the water level and time event data are processed with excel software to obtain data on amplitude, frequency and period for each session. In each session of graph data, PyCharm software is used to display a single data graph so that it can provide an overview of the behavior of each datum compared to the time event. The period and depth of the experimental area are variables to determine the type of wave that will be used as a classification of the type of water wave. Data from four sessions on July 13, 2022, obtained the average value of the sensor distance to the water of 22.99 cm; amplitude value 13.9 cm; period value 0.13 seconds; the frequency value is 8.24 Hz and the water wave category value is 79.02, which has a deep waves category because each wave session meets the deep water criteria with the formula for the result of the wave depth divided by the wavelength of more than 0.5.

Keyword: LoRa, Transceiver, Frequency shift keying, Deep water

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN KETERANGAN SELESAI SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Perumusan Masalah	I-2
1.3 Tujuan Penelitian	I-2
1.4 Pembatasan Masalah	I-3
1.5 Sistematika Penulisan	I-3
BAB II <i>SHALLOW WATER EQUATION, DISPERSI DAN KETENTUAN JENIS GELOMBANG, LINEAR WAVE THEORY, FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK) DAN ARDUINO IDE</i>	II-1
2.1 Tinjauan Pustaka	II-1
2.2 <i>Shallow Water Equation</i>	II-2
2.2.1 Bentuk Konservatif <i>Shallow-Water Equation</i>	II-3
2.3 <i>Linear Wave Equation</i>	II-4
2.3.1 Gelombang Sinusoidal	II-5
2.4 Dispersi dan Ketentuan Jenis Gelombang.....	II-6
2.5 Penyelesaian dan Turunan Rumus <i>Linear Wave Theory</i>	II-7
2.6 <i>FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)</i>	II-8
2.7 <i>ARDUINO IDE (Integrated Development Environment)</i> .	II-9

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	III-1
3.1	Bahan Penelitian	III-1
3.1.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	III-1
3.1.2	Variabel Penelitian	III-3
3.2	Peralatan Yang Digunakan	III-3
3.2.1	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	III-3
	a. Arduino Nano	III-3
	b. Laptop.....	III-3
	c. LoRa™ SX1278	III-4
	d. Sensor Ultrasonik	III-4
3.2.2	Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	III-4
	a. Arduino IDE (<i>Integrated Development Environment</i>).....	III-4
	b. <i>Microsoft Office Excel</i>	III-5
	c. <i>PyCharm</i>	III-5
3.3	Diagram Alir Penelitian	III-6
BAB IV	ANALISIS PERMUKAAN GELOMBANG AIR MENGUNAKAN MODUL TRANSCEIVER LORA™ SX1278 DENGAN MODULASI FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK).....	IV-1
4.1	Data Hasil Pengukuran Permukaan Gelombang Air Menggunakan Modul Transceiver LORA SX1278 dengan Modulasi Frekuensi Shift Keying(FSK).....	IV-1
4.1.1	Pengukuran Gelombang Air.....	IV-1
	a. Data Ketinggian Gelombang Air.....	IV-1
	b. Data Amplitudo Gelombang Air.....	IV-10
	c. Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air.....	IV-18
4.2	Analisis Permukaan Gelombang Air di Sungai Kapuas ...	IV-30
4.2.1	Analisis Gelombang Air Sesi-I	IV-32
4.2.2	Analisis Gelombang Air Sesi-II.....	IV-37
4.2.3	Analisis Gelombang Air Sesi-III.....	IV-42
4.2.4	Analisis Gelombang Air Sesi-IV.....	IV-47

BAB V	PENUTUP.....	V-1
	5.1 Kesimpulan	V-1
	5.2 Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Lokasi Pengambilan Data Pada Google Earth.....	III-2
Gambar 3.2	Lokasi pengambilan Data Pada Peneliti.	III-2
Gambar 3.3	Diagram Alir Penelitian Secara Umum.....	III-6
Gambar 3.4	Diagram Alir Penelitian Secara Spesifik.....	III-7
Gambar 3.5	Tampilan Arduino IDE.....	III-10
Gambar 3.6	Tampilan Icon New pada Arduino IDE.....	III-10
Gambar 3.7	Tampilan jedela Editor pada Arduino IDE.....	III-10
Gambar 3.8	Tampilan coding bagian transmitter pada Arduino IDE	III-11
Gambar 3.9	Tampilan upload pada Arduino IDE	III-11
Gambar 3.10	Tampilan coding bagian reciever pada Arduino IDE.....	III-12
Gambar 3.11	Tampilan Serial Monitor pada Arduino IDE.....	III-12
Gambar 3.12	Tampilan data ketinggian air dan time event pada Arduino IDE	III-13
Gambar 3.13	Tampilan data pada <i>excel</i>	III-14
Gambar 3.14	Tampilan rumus mencari ampiltudo pada excel.....	III-14
Gambar 3.15	Tampilan rumus mencari ampiltudo pada excel.....	III-14
Gambar 3.16	Tampilan rumus mencari selisih nilai time event pada excel.....	III-15
Gambar 3.17	Tampilan rumus mencari selisih nilai time event pada excel.....	III-15
Gambar 3.18	Tampilan rumus mencari perioda pada excel.....	III-16
Gambar 3.19	Tampilan rumus mencari frekuensi pada excel	III-16
Gambar 3.20	Tampilan rumus mencari nilai maksimum pada excel	III-17
Gambar 3.21	Tampilan rumus mencari nilai minimum pada excel	III-17
Gambar 3.22	Tampilan rumus mencari nilai rata-rata pada excel.....	III-18
Gambar 3.23	Tampilan rumus mencari nilai standard deviasi pada excel.	III-18
Gambar 3.24	Tampilan <i>PyCharm</i>	III-19
Gambar 3.25	Tampilan new project pada PyCharm	III-19
Gambar 3.26	Tampilan Python project pada PyCharm.....	III-20
Gambar 3.27	Tampilan setting pada PyCharm	III-20
Gambar 3.28	Tampilan python intepreter pada PyCharm.....	III-21

Gambar 3.29	Tampilan python intepreter pada PyCharm.....	III-21
Gambar 3.30	Tampilan python intepreter pada PyCharm.....	III-22
Gambar 3.31	Tampilan coding grafik pada PyCharm.....	III-22
Gambar 4.1	Metode Pengukuran Kedalaman Air Sungai Kapuas.	IV-31
Gambar 4.2	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Ketinggian Gelombang Air Sesi-I.....	IV-32
Gambar 4.3	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Amplitudo Gelombang Air Sesi-I.....	IV-33
Gambar 4.4	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Perioda Gelombang Air Sesi-I.	IV-34
Gambar 4.5	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Frekuensi Gelombang Air Sesi-I..	IV-35
Gambar 4.6	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Ketinggian Gelombang Air Sesi-II	IV-37
Gambar 4.7	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Amplitudo Gelombang Air Sesi-II	IV-38
Gambar 4.8	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Perioda Gelombang Air Sesi-II....	IV-39
Gambar 4.9	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Frekuensi Gelombang Air Sesi-II	IV-40
Gambar 4.10	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Ketinggian Gelombang Air Sesi-III.....	IV-42
Gambar 4.11	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Amplitudo Gelombang Air Sesi-III.....	IV-43
Gambar 4.12	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Perioda Gelombang Air Sesi-III ..	IV-45
Gambar 4.13	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Frekuensi Gelombang Air Sesi-III	IV-46
Gambar 4.14	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Ketinggian Gelombang Air Sesi-IV	IV-48
Gambar 4.15	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Amplitudo Gelombang Air Sesi-IV	IV-49
Gambar 4.16	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Perioda Gelombang Air Sesi-IV ..	IV-50
Gambar 4.17	Hasil <i>Screenshot</i> Grafik Frekuensi Gelombang Air Sesi-IV	IV-51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Gelombang Air	II-7
Tabel 3.1	Data Ketinggian Gelombang Air.	III-7
Tabel 3.2	Data Amplitudo Gelombang Air.....	III-8
Tabel 3.3	Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air.	III-8
Tabel 4.1	Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi I.....	IV-2
Tabel 4.1	Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi I.....	IV-3
Tabel 4.2	Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi II.	IV-4
Tabel 4.2	Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi II	IV-5
Tabel 4.3	Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi III.....	IV-6
Tabel 4.3	Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi III.....	IV-7
Tabel 4.4	Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi III.....	IV-8
Tabel 4.4	Data Jarak Sensor ke Gelombang Air Pada sesi III.....	IV-9
Tabel 4.5	Data ketinggian Amplitudo Air Pada sesi I	IV-10
Tabel 4.5	Data ketinggian Amplitudo Air Pada sesi I	IV-11
Tabel 4.6	Data ketinggian Amplitudo Air Pada sesi II.....	IV-12
Tabel 4.6	Data ketinggian Amplitudo Air Pada sesi II.....	IV-13
Tabel 4.7	Data ketinggian Amplitudo Air Pada sesi III.....	IV-14
Tabel 4.7	Data ketinggian Amplitudo Air Pada sesi III.....	IV-15
Tabel 4.8	Data ketinggian Amplitudo Air Pada sesi IV	IV-16
Tabel 4.8	Data ketinggian Amplitudo Air Pada sesi IV	IV-17
Tabel 4.9	Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi I.	IV-18
Tabel 4.9	Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi I.	IV-19
Tabel 4.9	Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi I.	IV-20
Tabel 4.10	Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi II....	IV-21
Tabel 4.10	Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi II....	IV-22
Tabel 4.10	Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi II....	IV-23
Tabel 4.11	Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi III ..	IV-24
Tabel 4.11	Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi III ..	IV-25
Tabel 4.11	Data Perioda dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi III	IV-26

Tabel 4.12	Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi IV	IV-27
Tabel 4.12	Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi IV	IV-28
Tabel 4.12	Data Periode dan Frekuensi Gelombang Air Pada sesi IV	IV-29
Tabel 4.13	Klasifikasi Gelombang Air	IV-30

DAFTAR ISTILAH

- amplitudo : Suatu Gelombang air yang merambat melintasi badan air yang kedalamannya lebih dari setengah panjang gelombang.
- data : Kumpulan beberapa datum
- datum : Informasi atau keterangan yang diperoleh dari suatu pengamatan yang berupa angka, simbol atau bahasa (sifat).
- Deep Waves* : Suatu Gelombang air yang merambat melintasi badan air yang kedalamannya lebih dari setengah panjang gelombang ($h/\lambda > 0,5$).
- frekuensi : jumlah gelombang yang melewati suatu titik tetap dalam satu satuan waktu atau jumlah getaran yang dialami dalam satuan waktu.
- Hardware* : semua jenis komponen yang ada pada elektronik dimana bagian fisiknya dapat terlihat secara kasat mata dan dapat dirasakan secara langsung.
- IDE : IDE (Integrated Development Environment) adalah program komputer yang memiliki beberapa fasilitas yang diperlukan dalam pembangunan perangkat lunak.
- Interface* : Garda terdepan bagi alat digital yang merupakan suatu layanan ataupun mekanisme yang diberikan kepada setiap penggunanya,
- Intermediate Waves* : Suatu Gelombang air yang merambat melintasi badan air yang kedalamannya lebih dari setengah panjang gelombang ($0,05 < h/\lambda < 0,5$).
- Perioda : pengukuran skalar yang nonnegatif dari besar osilasi suatu gelombang.
- Receiver* : Receiver merupakan sebuah perangkat untuk menangkap sinyal dari transmitter, dimana

- outputnya berupa data yang bernilai sama dengan data – data yang dipancarkan oleh transmitter.
- Screenshot* : Mengambil dan menyimpan gambar pada tampilan layar desktop komputer atau hp.
- Shallow Waves* : Suatu Gelombang air yang merambat melintasi badan air yang kedalamannya lebih dari setengah panjang gelombang ($h/\lambda < 0,05$).
- Software* : data yang diprogram, disimpan, dan diformat secara digital dengan fungsi tertentu.
- standar deviasi : nilai akar kuadrat dari suatu varians dimana digunakan untuk menilai rata-rata atau yang diharapkan. Standar deviasi atau simpangan baku dari data yang telah disusun dalam table frekuensi.
- Survey* : Pemeriksaan atau penelitian secara komprehensif.
- Transceiver* : Pemancar-penerima (*transceiver*) adalah sebuah perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menghubungkan sebuah komputer ke sebuah jaringan dengan teknologi pemancaran pita basis (baseband) sehingga komputer tersebut dapat memancarkan dan menerima sinyal di dalam jaringan tersebut.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laut memiliki peran penting bagi kehidupan manusia, sebagai media jalan raya, sebagai sarana perdagangan, sebagai tempat rekreasi dan sebagai alat pemisah atau mempersatu bangsa. Dengan perkembangan jaman, fungsi laut meningkat dikarenakan adanya supply dan demand. Akan tetapi kendala di dalam laut susah diprediksi karena karakteristik laut yang dinamis, abstrak dan terbatasnya referensi teknologi laut yang membahas tentang gelombang air.

Dengan adanya penelitian ini. Dalam monitoring gelombang air Dengan adanya modul LoRa (Long Range) bisa memonitoring permukaan gelombang air pada tempat yang diinginkan, berkegunaan dalam pemantauan permukaan air; monitoring pembacaan karakteristik laut yang ditinjau; indikator tsunami yang diakibatkan perubahan drastis pasang surut laut dan pengawasan peralatan berdasarkan permukaan gelombang air yang memiliki data yang tersedia hampir secara real time memungkinkan reaksi cepat terhadap peristiwa di lapangan, yang telah diaplikasikan dalam sebuah pengukuran yang bisa diukur secara manual maupun pengukuran yang tidak bisa dilakukan oleh manusia.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dari Dedy Hamdani^[10]. Sistem telemetri pengukuran ketinggian gelombang pasang surut air laut menggunakan Arduino yang telah dibuat terdiri dari sistem pelampungan sistem penerima di darat serta interface yang berfungsi sebagai penampil hasil pengukuran ketinggian gelombang pasang surut air laut di PC/laptop. Pada rangkaian transmitter terdiri atas Arduino Uno, potensiometer dan modul nRF24L01+.

Sedangkan berdasarkan penelitian sebelumnya dari Arta Mariana Sihite^[11]. Dengan menggunakan sensor ultrasonik dan mikrokontroler sebagai alat yang mengolah dan membaca data, serta modul wifi (ESP 8266) mengirim data ke database. Sistem monitoring dari prototype ketinggian gelombang air laut pada pelabuhan berbasis web ini dapat menyimpan data pengukuran dengan database dan diakses dengan web secara real time.

Dengan menggabungkan kedua penelitian yang sebelumnya, bisa digabungkan telemeteri dan memonitoring dengan menggunakan LoRa yang bisa menjangkau jarak jauh dan tanpa bantuan internet.

Dengan tugas akhir ini bisa membandingkan karakteristik permukaan gelombang air yang pada kondisi inisial dengan kondisi sesudah, salah satu indikator bahwa permukaan gelombang air pada tempat yang ditinjau memiliki permukaan gelombang yang tenang atau tidak. Maka, dengan adanya tugas akhir ini pembaca akan mendapatkan data yang konkrit. Hasil yang didapat bisa digunakan untuk mengetahui apakah aliran air *laminar* atau *turbulance*, yang bisa digunakan untuk alat-alat yang intorelan terhadap gelombang yang telah ditentukan, atau gelombang air cukup kuat untuk pembangkit listrik pada permukaan gelombang air yang telah ditinjau.

Perpaduan modul dan aplikasi tertentu ini dapat memudahkan kita dalam mengukur sesuatu yang tidak bisa dijangkau/sulit oleh manusia. Module Transceiver LoRa™ SX1278 ini memiliki dua fitur yaitu fitur analog dan fitur digital. Fitur digital pada module LoRa™ SX1278 ini mendukung 2-FSK atau pengiriman sinyal melalui penggeseran frekuensi. Metode ini merupakan salah satu cara untuk memonitoring gelombang air.

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka dalam penulisan tugas akhir ini akan dilakukan analisis rancang bangun permukaan gelombang air menggunakan modul transceiver LoRa™ SX1278 dengan modulasi *frequency shift keying* (FSK).

1.3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis hasil penelitian dari rancang bangun analisis gelombang air dengan mengukur ketinggian air (kenaikan permukaan air dalam kondisi awal) pada gelombang air menjadi amplitudo, perioda dan frekuensi.
2. Menampilkan grafik jarak antara sensor air, amplitudo, frekuensi dan perioda terhadap deretan datum.

3. Mengklasifikasi kategori gelombang air setiap sesi percobaan.
4. Monitoring gelombang air pada area percobaan.

1.4 Pembatasan masalah

Agar ruang lingkup permasalahan tidak terlalu meluas maka memberikan pembatasan masalah yang akan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini, antara lain:

1. Jenis aliran air yang dianalisis pada permukaan gelombang adalah *turbulent flow*.
2. Kecepatan air dalam area percobaan tidak diperhitungkan.
3. Analisis permukaan gelombang air berdasarkan teori *linear wave*

1.2 Sistematika Penulisan

Agar mempermudah isi tugas akhir ini, maka disusun suatu sistematika penulisan. Dalam tugas akhir ini, penulis mengelompokkan materi-materi yang ada menjadi beberapa BAB, antara lain:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian metode penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II SHALLOW WATER EQUATION, DISPERSI DAN KETENTUAN JENIS GELOMBANG, LINEAR WAVE THEORY, FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK) DAN ARDUINO IDE

Pada bab ini menjelaskan tentang teori dasar mengenai *Shallow Water Equation*, Dispersi dan Kentetuan Jenis Gelombang, *Linear Wave Theory*, penyedarhanaan dan turunan rumus *Linear Wave Theory*, parameter Pada Gelombang air, *Frequency shift keying (FSK)* dan Arduino IDE.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang tahapan-tahapan peneliti dalam melakukan pengambilan data dan cara analisis yang di dapatkan

**BAB IV ANALISIS PERMUKAAN GELOMBANG AIR
MENGUNAKAN MODUL TRANSCEIVER LORA™
SX1278 DENGAN MODULASI FREQUENCY SHIFT
KEYING (FSK)**

Pada bab ini membahas tentang analisis dari penelitian yang dilakukan, dimana akan menampilkan data ketinggian air, amplitude, perioda dan frekuensi; mengklasifikasi tipe gelombang air yang ditinjau peneliti; menampilkan grafik dari nilai tersebut untuk dilakukan analisis.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dan saran yang diharapkan dapat berguna bagi perbaikan dan kesempurnaan tugas akhir ini.

BAB II
***SHALLOW WATER EQUATION, DISPERSI DAN KETENTUAN JENIS
GELOMBANG, LINEAR WAVE THEORY, FREQUENCY SHIFT KEYING
(FSK) DAN ARDUINO IDE***

2.1 Tinjauan Pustaka

Laut memiliki peran penting bagi kehidupan manusia, sebagai media jalan raya, sebagai sarana perdagangan, sebagai tempat rekreasi dan sebagai alat pemisah atau mempersatu bangsa. Dengan perkembangan jaman, fungsi laut meningkat dikarenakan adanya supply dan demand. Akan tetapi kendala di dalam laut susah diprediksi karena karakteristik laut yang dinamis, abstrak dan terbatasnya referensi teknologi laut yang membahas tentang gelombang air.

Dengan adanya penelitian ini. Dalam monitoring gelombang air Dengan adanya modul LoRa (Long Range) bisa memonitoring permukaan gelombang air pada tempat yang diinginkan, berkegunaan dalam pemantauan permukaan air; monitoring pembacaan karakteristik laut yang ditinjau; indikator tsunami yang diakibatkan perubahan drastis pasang surut laut dan pengawasan peralatan berdasarkan permukaan gelombang air yang memiliki data yang tersedia hampir secara real time memungkinkan reaksi cepat terhadap peristiwa di lapangan, yang telah diaplikasikan dalam sebuah pengukuran yang bisa diukur secara manual maupun pengukuran yang tidak bisa dilakukan oleh manusia.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dari Dedy Hamdani (2018), Desy Hanisa Putri (2018) Avinda Tria Vandhita (2018), Sistem telemetri pengukuran ketinggian gelombang pasang surut air laut menggunakan Arduino yang telah dibuat terdiri dari sistem pelampungan dan sistem penerima di darat serta interface yang berfungsi sebagai penampil hasil pengukuran ketinggian gelombang pasang surut air laut di PC/laptop. Pada rangkaian transmitter terdiri atas Arduino Uno, potensiometer dan modul nRF24L01+.

Sedangkan berdasarkan penelitian sebelumnya dari Arta Mariana Sihite (2019), Marlindia Ike Sari (2019), S.T., M.T., Henry Rossi Andrian, S.T., M.T (2019), Dengan menggunakan sensor ultrasonik dan mikrokontroler sebagai alat yang mengolah dan membaca data, serta modul wifi (ESP 8266) mengirim data ke

database. Sistem monitoring dari prototype ketinggian gelombang air laut pada pelabuhan berbasis web ini dapat menyimpan data pengukuran dengan database dan diakses dengan web secara real time.

Dengan menggabungkan kedua penelitian yang sebelumnya, bisa digabungkan telemeteri dan memonitoring dengan menggunakan LoRa yang bisa menjangkau jarak jauh dan tanpa bantuan internet.

Dengan tugas akhir ini bisa membandingkan karakteristik permukaan gelombang air yang pada kondisi inisial dengan kondisi sesudah, salah satu indikator bahwa permukaan gelombang air pada tempat yang ditinjau memiliki permukaan gelombang yang tenang atau tidak. Maka, dengan adanya tugas akhir ini pembaca akan mendapatkan data yang konkrit. Hasil yang didapat bisa digunakan untuk mengetahui apakah aliran air laminar atau turbulence, yang bisa digunakan untuk alat-alat yang intorelan terhadap gelombang yang telah ditentukan, atau gelombang air cukup kuat untuk pembangkit listrik pada permukaan gelombang air yang telah ditinjau.

Perpaduan modul dan aplikasi tertentu ini dapat memudahkan kita dalam mengukur sesuatu yang tidak bisa dijangkau/sulit oleh manusia. Module Transceiver LoRa™ SX1278 ini memiliki dua fitur yaitu fitur analog dan fitur digital. Fitur digital pada module LoRa™ SX1278 ini mendukung 2-FSK atau pengiriman sinyal melalui penggeseran frekuensi. Metode ini merupakan salah satu cara untuk memonitoring gelombang air.

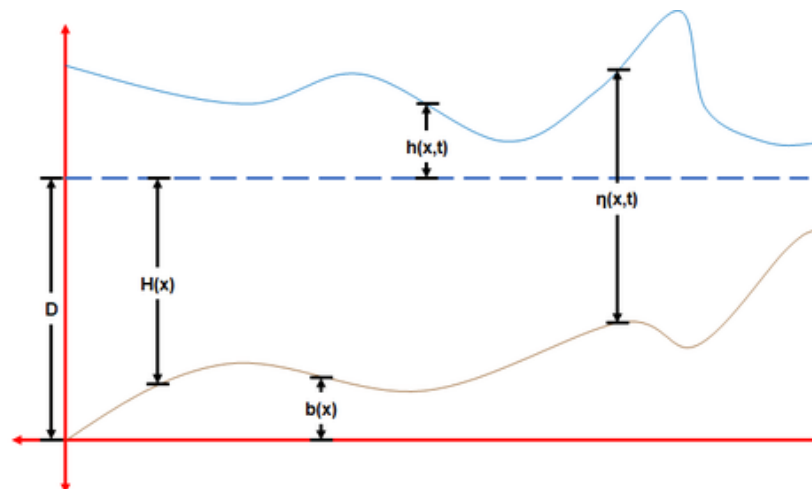
2.2 *Shallow Water Equation*

Dalam persamaan *shallow-water* adalah seperangkat persamaan diferensial parsial hiperbolik (atau parabola jika menganggap adanya *viscous shear*) yang menggambarkan aliran di bawah permukaan tekanan dalam fluida (tetapi tidak harus permukaan bebas). Persamaan *shallow-water* diturunkan dari integrasi persamaan *Navier-Stokes*, dalam kasus di mana skala panjang horizontal jauh lebih besar daripada skala panjang vertikal. Dalam kondisi ini, konservasi massa yang artinya skala kecepatan vertikal fluida lebih kecil dibandingkan dengan skala kecepatan horizontal. Dapat ditunjukkan dari persamaan momentum bahwa gradien tekanan vertikal hampir hidrostatis, dan bahwa gradien tekanan horizontal

disebabkan oleh perpindahan permukaan tekanan, yang menyiratkan bahwa medan kecepatan horizontal konstan sepanjang kedalaman fluida. Integrasi vertikal memungkinkan kecepatan vertikal dihilangkan dari persamaan. Persamaan shallow-water dengan demikian diturunkan.

2.2.1 Bentuk Konservatif *Shallow-Water Equation*

Persamaan air dangkal diturunkan dari persamaan kekekalan massa dan kekekalan momentum linier (persamaan Navier-Stokes), yang berlaku bahkan ketika asumsi air dangkal rusak, seperti melintasi loncatan hidrolik. Dalam kasus lapisan horizontal, dengan gaya Coriolis yang dapat diabaikan, gaya gesek dan gaya viskos, persamaan air dangkal adalah:



Gambar 2.1 Ilustrasi anatomi gelombang air menurut *shallow water equation*

$$\frac{\partial(\rho\eta)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\eta u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho\eta v)}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho\eta u)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\rho\eta u^2 + \frac{1}{2} \rho g \eta^2 \right) + \frac{\partial(\rho\eta uv)}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

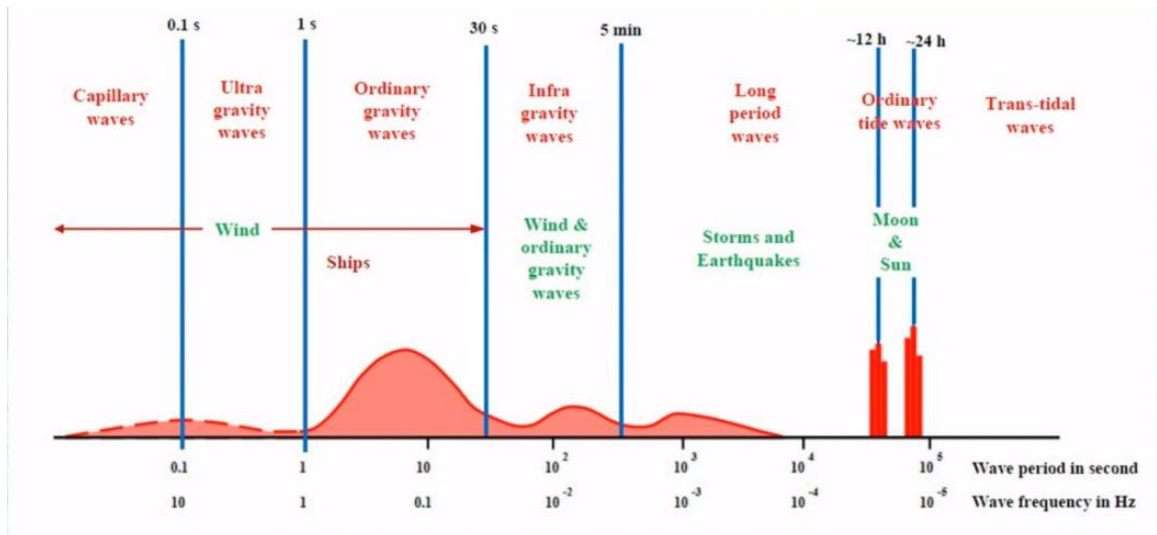
$$\frac{\partial(\rho\eta v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho\eta uv)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho\eta v^2 + \frac{1}{2} \rho g \eta^2 \right) = 0 \quad (3)$$

Di sini adalah tinggi total kolom fluida (kedalaman fluida sesaat sebagai

fungsi dari x , y dan t), dan vektor 2D (u,v) adalah kecepatan aliran horizontal fluida, yang dirata-ratakan melintasi kolom vertikal. Selanjutnya g adalah percepatan gravitasi dan ρ adalah massa jenis fluida. Persamaan pertama diturunkan dari kekekalan massa, persamaan kedua dari kekekalan momentum. Berikut adalah Diagram satu dimensi yang mewakili model perairan dangkal. Persamaan shallow-water dalam bentuk searah juga disebut persamaan Saint-Venant

2.3 *Linear Wave Theory*

Teori gelombang linear (bisa disebut teori gelombang airy) menggunakan pendekatan aliran potensial (atau potensial kecepatan) untuk menggambarkan gerakan gelombang gravitasi pada permukaan fluida. Penggunaan aliran potensial dengan asumsi air tidak kental dan tidak bisa dirotasi dalam gelombang air sangat berhasil, mengingat kegagalannya untuk menggambarkan banyak aliran fluida lain di mana seringkali penting untuk memperhitungkan viskositas, vortisitas, turbulensi, atau pemisahan aliran. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa untuk bagian osilasi dari gerakan fluida, vortisitas yang diinduksi gelombang terbatas pada beberapa lapisan batas Stokes osilasi tipis pada batas-batas domain fluida.



Gambar 2.2 Ilustrasi klasifikasi gelombang air menurut *linear wave theory*

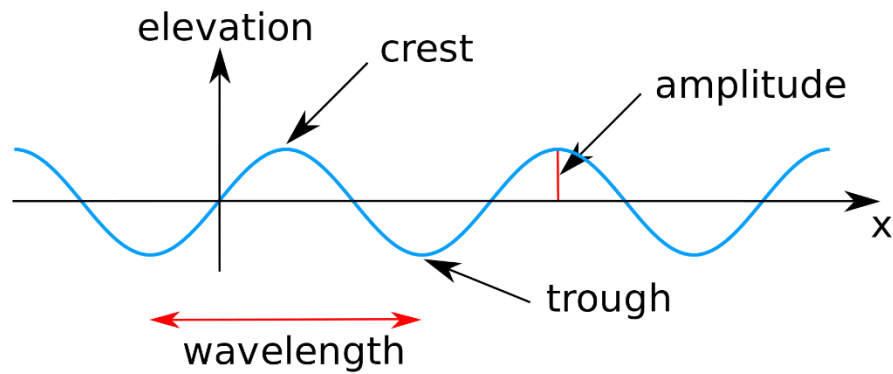
(sheng, wanan, 2019)

Bagian ini adalah tentang frekuensi pada gelombang air memiliki lapisan fluida yang terpengaruh oleh gravitasi; angin; dan beberapa faktor yang dipengaruhi oleh alam atau manusia. Penyelesaian dengan menggunakan *Linear wave theory*, merepresentasikan propagasi gelombang air dengan gelombang sinusoidal. (Krogstad & Artnsen, 2000: 1)

2.3.1 Gelombang Sinusoidal

Gelombang propagasi paling sederhana dari bentuk yang tidak berubah adalah gelombang sinus. Gelombang sinus dengan elevasi muka air $\eta(x, t)$ diberikan oleh:

$$\eta(x, t) = a \sin(\theta(x, t)), \quad (4)$$



Gambar 2.3 Ilustrasi gelombang sinusoidal air (Kreinnest, 2008)

dengan a adalah amplitudo (dalam meter) dan $\theta = \theta(x, t)$ adalah fungsi fase (dalam radian), bergantung pada posisi horizontal (x , dalam meter) dan waktu (t , dalam detik). Yang mana:

$$\theta = 2\pi \left(\frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) = kx - \omega t, \quad (5)$$

Dengan

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ dan } \omega = \frac{2\pi}{T} \quad (6)$$

dengan

- λ adalah panjang gelombang (dalam meter),
- T adalah periode (dalam detik),
- k adalah bilangan gelombang (dalam radian per meter) dan
- ω adalah frekuensi sudut (dalam radian per detik).

Fase karakteristik gelombang air adalah:

- Persimpangan nol yang naik pada $\theta = 0$,
- puncak gelombang pada $\theta = 1/2 \pi$,
- persimpangan nol ke bawah pada $\theta = \pi$
- dasar puncak gelombang pada $\theta = \frac{1}{2}\pi$.

2.4 Dispersi dan Ketentuan Jenis Gelombang

Menurut teori gelombang linier, panjang dan periode gelombang bergantung pada persamaan relasi dispersi sebagai persamaan 1, g adalah konstanta percepatan gravitasi, T adalah periode gelombang, dan h adalah kedalaman air. Fungsi hiperbolik tangen digunakan untuk mewakili rasio sinus hiperbolik dan kosinus hiperbolik. Setelah menggabungkan semua konstanta, persamaan kemudian dapat direpresentasikan sebagai

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 \tanh \frac{2\pi h}{L} \quad (7)$$

Ketika periode dan kedalaman gelombang diketahui, dapat dihitung panjang gelombang λ dan bilangan gelombang ($k = 6,28/L$). Angka-angka untuk variabel dari sini adalah hipotetis untuk memberikan contoh bagaimana hubungan dispersi dapat digunakan untuk menurunkan λ dan k . (Chantelle Lee, 2019: 3)

Persamaan Hubungan Dispersi tampaknya lebih akurat dengan perhitungan air dalam karena kedalaman air yang sangat besar yang membuat tangen hiperbolik menjadi sangat dekat dengan 1, menggunakan persamaan aproksimasi lebih menghemat waktu, aproksimasi tampaknya lebih mudah jika seseorang tidak memiliki sumber daya yang sesuai, maka rumus bisa dipersingkat dengan menjadi

$$\lambda = \frac{g}{2\pi} T^2 = 1,56 \times T^2 \quad (8)$$

menggunakan rumus (8) akan didapatkan kategori jenis gelombang air setiap sesinya, penulis memakai hasil rata-rata perioda setiap sesinya sebagai variabel perhitungan rumus (9) dengan ini kita bisa mengklasifikasikan gelombang jenis gelombang setiap sesinya, dengan ketentuan ini bisa mengklasifikasi jenis gelombang air yang termasuk golongan *deep water*, *intermediate depth*, *shallow water*. Dengan rumus dan ketentuan klasifikasi gelombang air (Dean & Dalrymple 1991: 65)

<i>Deep water</i> $(h > \frac{1}{2} \lambda) = (\frac{h}{\lambda} > 0,5)$	<i>Shallow water</i> $(h < 0,05 \lambda) = (\frac{h}{\lambda} < 0,05)$	<i>Intermediate depth</i> $(0,05 < \frac{h}{\lambda} < 0,5)$	(9)
------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	-----

Tabel 2.1 Klasifikasi Gelombang Air

2.5 Penyelesaian dan Turunan Rumus *Linear Wave Theory*

persamaan (4) pada rumus *Linear Wave Theory* adalah persamaan gelombang sinusoidal, yang menyatakan pergerakan gelombang air secara umum. Persamaan (5) properti dari persamaan gelombang air sinusoidal. Untuk menghitung elevasi gelombang air menggunakan rumus.

$$\eta_0(x, t) = A \cos(kx - \omega t) \quad (10)$$

Dengan:

A: Amplitudo gelombang

k: Nomor gelombang ($\frac{2\pi}{\lambda}$)

ω : Frekuensi sudut gelombang ($\frac{2\pi}{T} = 2\pi f$)

Mengingat identitas trigonometri euler adalah

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta \quad (11)$$

Dengan adanya manipulasi identitas trigonometri, persamaan (10) dan (11) dapat

ditulis sebagai.

$$\eta_0(x, t) = A \cos(kx - \omega t) = \operatorname{Re}(Ae^{-ikx+i\omega t}) \quad (12)$$

Dengan catatan Re adalah bagian real dari bilangan kompleks

2.6 FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)

Frequency-shift keying (FSK) adalah teknik modulasi digital di mana frekuensi sinyal pembawa bervariasi sesuai dengan perubahan sinyal digital. FSK adalah skema modulasi frekuensi. skema modulasi frekuensi di mana informasi digital ditransmisikan melalui perubahan frekuensi diskrit dari sinyal pembawa. Teknologi tersebut digunakan untuk sistem komunikasi seperti telemetri, radiosondes balon cuaca, ID pemanggil, pembuka pintu garasi, dan transmisi radio frekuensi rendah pada pita VLF dan ELF. FSK yang paling sederhana adalah FSK biner (BFSK). BFSK menggunakan sepasang frekuensi diskrit untuk mengirimkan informasi biner (0s dan 1s). Dengan skema ini, "1" disebut frekuensi mark dan "0" disebut frekuensi ruang.

Isyarat pemodulasi berupa aliran pulsa biner yang bervariasi diantara dua arus tegangan diskret. Rumus umum untuk sebuah isyarat fsk (frequency shift keying) biner adalah

$$V(t) = V_c \left[\left(\omega_c + \frac{f_m(t)\Delta\omega}{2} \right) t \right] \quad (13)$$

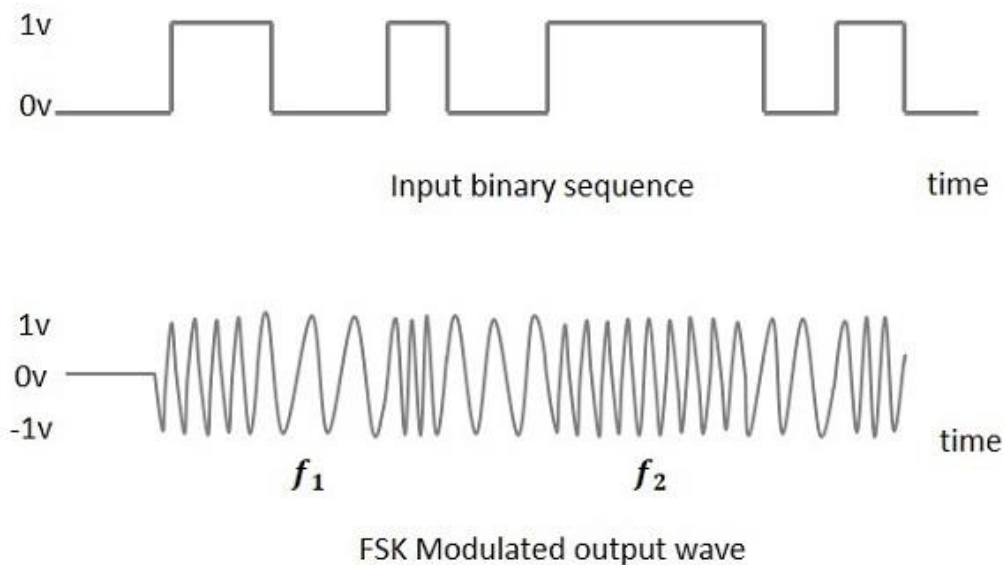
$V(t)$ = adalah bentuk gelombang *FSK* biner;

V_c = puncak amplitude *carrier* tanpa termodulasi

ω_c = carrier frekuensi (dalam radian);

$f_m(t)$ = frekuensi isyarat digital biner pemodulasi

$\Delta\omega$ = beda isyarat pemodulasi (dalam radian)



Gambar 2.4 Diagram *Input binary sequence* dan *FSK Modulated output wave*

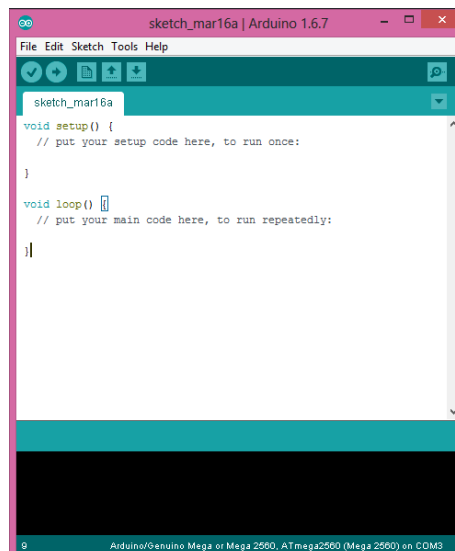
Pada Gambar 3.3 bagian *Input binary sequence* adalah representasi data, apabila nilai menunjukkan angka 1 terhadap waktu, maka pada rentang waktu itu memiliki data dan apabila nilai menunjukkan angka 0 pada rentang waktu itu maka tidak adanya data.

Pada Gambar 3.3 bagian *FSK Modulated output wave* adalah representasi carrier, yang memodulasikan sinyal antara transceiver dan receiver pada bagian rapat artinya menunjukkan nilai 1 yang memodulasi sedangkan bagian renggang menunjukkan nilai 0 yang berarti tidak memodulasi.

2.7 Arduino IDE (*integrated Development Environment*)

Arduino IDE merupakan suatu program khusus untuk komputer agar dapat membuat rancangan atau sketsa program pada papan Arduino Bahasa pemrograman yang digunakan pada Arduino ini berdasar pada bahasa C/C++. Program pada Arduino terbagi menjadi tiga bagian utama yaitu structure, Values (berisi variable dan konstanta) dan yang terakhir function

1. *Structure*, merupakan kode pada Arduino berisi fungsi `setup()` dan `loop()`, `Setup()`, akan dipanggil pertama kali ketika menjalankan *sketch* penggunaan *library* dan lainnya. Fungsi ini dijalankan sekali ketika board dinyalakan atau di *reset*. Selanjutnya fungsi `loop()`, digunakan untuk perulangan berturut-turut, memungkinkan program untuk mengubah dan menanggapi dan digunakan untuk mengontrol *board* Arduino.
2. *Values* merupakan bagian yang berisi *variable* atau konstanta sesuai dengan *type* data yang didukung oleh Arduino.
3. *Function* merupakan segmentasi kode ke fungsi memungkinkan *programmer* untuk membuat potongan-potongan *modular* kode yang telah terdefinisi dan kemudian kembali ke asal kode fungsi atau pemanggilan. Umumnya perintah ini digunakan ketika terdapat kebutuhan untuk melakukan tindakan yang sama beberapa kali dalam sebuah program



Gambar 2.5 Workspace Arduino IDE